



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

" SISTEMAS DE EMERGENCIA  
PARA APLICACIONES COMERCIALES E  
INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS. "

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO  
ÁREA : ENERGÍA ELÉCTRICA

PRESENTA:

**MARIO ALBERTO MENDOZA BÁRCENAS**

DIRECTOR:

ING. JAVIER BROSÁ CURCO.



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F.

OCTUBRE, 2004.



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.

---

**Dedicatoria y  
agradecimientos**

---

**SE** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

**Dedicatoria y agradecimientos.**

---

**En primer lugar, agradezco a *Dios*, por la vida y la salud (física y mental) que me ha dado hasta el día de hoy. Elementos sin los cuales, no hubiera podido llegar a la feliz conclusión de esta primer etapa de mi vida.**

**Agradezco a mis padres,**

***Sr. Mario Mendoza Morales y Sra. Rufina Bárcenas Villagómez,***  
**por haberme brindado todo su amor, apoyo, confianza y respaldo a lo largo de todo este trayecto, que inició hace 24 años, muchísimas gracias**  
**, por ayudarme a ver finalizada esta primer etapa de mi vida.**

**A ustedes dedico este trabajo, y muy en especial a ti...  
mamá.**

---

---

**Mi agradecimiento y reconocimiento a mi director de tesis,**

***Ing. Javier Brosa Curco.***

**Gracias por brindarme su enorme confianza y apoyo, para el desarrollo de este trabajo de tesis.**

---

---

**Agradezco a mis abuelas *Sra. Trinidad Morales Vda. de Mendoza y Sra. Concepción Mendoza* su enorme, desinteresado y valiosísimo apoyo, su comprensión y su cariño.**

**Agradezco a todos los familiares y amigos que se interesaron en mí, y que, sin nombrarlos, saben de antemano a quienes me refiero y del enorme aprecio que les tengo, así como la gratitud y el enorme cariño que les guardo.**

**Estoy en deuda con todos ustedes...**

---

---

**A mis grandes amigos,**

***Rogelio Villarruel Ramírez, Luis Octavio Ramírez Salas Linares  
y Nicolás González Olivares.***

**Gracias por sus muy valiosas aportaciones a este trabajo,  
pero sobre todo...**

**por brindarme una verdadera amistad.**

**A mi amigo y maestro, *Ing. José Luis Rodríguez Pérez.***

**Te agradezco "inge", todas las observaciones a este trabajo, tus enseñanzas,  
por honrarme contar con tu invaluable y sincera amistad,**

**y sobre todo...**

**por tus grandes lecciones de la vida.**

---

---

**A *Abril Penélope Preclado Olvera*,  
gracias por dejarme compartir contigo  
los momentos felices de este proceso.**

---

---

**Al *Ing. Juan Rosas Castillo*,  
gracias por sus invaluable consejos, sus comentarios  
su amistad, sus lecciones, a través de las cuales,  
me enseñó que mi camino era la ingeniería.**

---

---

**A los *señores sinodales*,  
muchas gracias por las debidas  
observaciones hechas a este trabajo  
mismas que sin duda, lo enriquecerán.**

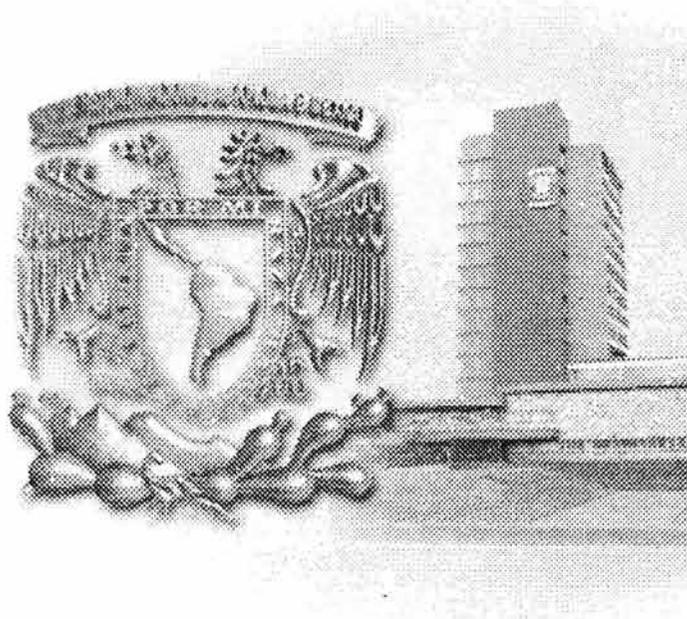
---

---

**Mi enorme agradecimiento al *Ing. Enrique Ordaz Zamora*,  
de la empresa *Ottomotores*, por las facilidades otorgadas en  
la obtención de valiosa información para este trabajo de tesis.**

---

---



---

**Pero sobre todo...**

**Gracias a ti, *U.N.A.M.* y ti, *Facultad de Ingeniería*  
por permitirme ser parte de su comunidad, y por  
brindarme los medios suficientes para  
triunfar en la vida.**

---

---

---

## Índice

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

**Índice.**

Contenido	Página
I. Índice	i
II. Prólogo	iv
III. Introducción	vi
<b>Capítulo 1. Antecedentes históricos.</b>	
Antecedentes históricos	1
<b>Capítulo 2. Tipos de sistemas.</b>	
2.1 Conceptos generales	12
2.2 Generadores impulsados por motores	12
2.3 Generadores impulsados por turbinas	15
2.4 Tipos de sistemas de emergencia	20
<b>Capítulo 3. Aclaraciones técnicas sobre generación y transferencia.</b>	
3.1 Rangos de operación del grupo motor generador	35
3.2 Consideraciones en el arranque del motor	35
3.3 Consideraciones de transitorios en la carga	36
3.4 Sistemas manuales	37
3.5 Sistemas automáticos	37
3.6 Gobernadores y regulación	37
3.7 Métodos de arranque	38
3.8 Ventajas y desventajas de los generadores impulsados por diesel	38
3.9 Dispositivos automáticos de transferencia	40
3.10 Transición de cierre del transfer	41
3.11 Separación de los servicios de la compañía suministradora	41
3.12 Esquemas simples de transferencia automática	42
3.13 Protección contra sobrecorriente	44
3.14 Rangos y accesorios de los dispositivos de transferencia	44
3.15 Transferencia de la carga comprendida por motores	49
3.16 Interruptores de desvío aislados (bypass)	52
3.17 Interruptores no automáticos de transferencia	54

I. ► Índice.

---

3.18 Arreglos de conexión a tierra para sistemas de emergencia y sistemas de energía de reserva	56
3.19 Ventajas de la utilización del esquema de transición cerrada sobre equipos de transferencia de carga	62

---

**Capítulo 4. Mantenimiento.**

4.1 Introducción	60
4.2 Motores de combustión interna	61
4.3 Programa típico de mantenimiento	63
4.4 Turbina de gas	65
4.5 Factores de operación que afectan al mantenimiento	65
4.6 Combustible	65
4.7 Frecuencia de inicio	66
4.8 Medio ambiente	66
4.9 Confiabilidad requerida	66
4.10 Programa típico de mantenimiento	66
4.11 Generadores	68
4.12 Fuentes de alimentación estáticas ininterrumpibles	70
4.13 Baterías	71
4.14 Seguridad	72
4.15 Tipos de baterías	72
4.16 Programa de mantenimiento típico	72
4.17 Interruptores automáticos de transferencia	73
4.18 Ejemplo práctico de un programa de mantenimiento a un sistema de emergencia	73

---

**Capítulo 5. Explicación de las normas aplicables.**

5.1 Artículo 700 Condiciones especiales: Sistemas de emergencia. Capítulo 7 (4.7) de la Norma Oficial Mexicana NOM 001-SEDE-1999.	75
5.2 Artículo 701: Sistemas requeridos legalmente	95
5.3 Artículo 702: Sistemas de reserva opcionales	97
5.4 Artículos relacionados: Artículo 445 Generadores	101
5.5 Artículos relacionados:	105
Artículo 517 Instalaciones en lugares de atención a la salud	

---

I. ► Índice.

---

5.5.1	Definiciones y conceptos	106
5.5.2	Análisis de la sección del artículo 517 referente a sistemas de emergencia	115

---

**Capítulo 6. Aplicaciones.**

6.1	Panorama general de los sistemas de emergencia	129
6.2	Aplicaciones específicas de los sistemas de emergencia en la industria.	134
6.3	Otras aplicaciones de los sistemas de emergencia	
6.3.1	Introducción	142
6.3.2	Plantas de emergencia y esquemas de transferencia	142
6.3.3	Otras perspectivas de los sistemas de emergencia	
6.3.3.1	Autogeneración	149
6.3.3.2	Generación en horario punta	152

---

**Capítulo 7. Propuesta electrónica de un sistema de transferencia.**

7.1	Introducción	164
7.2	Sistema de transferencia automática	165
7.3	Importancia de la naturaleza de la carga en los interruptores de transferencia	172
7.4	Velocidad de operación del sistema de transferencia	172
7.5	Propuesta electrónica de un sistema de transferencia	173

---

IV. Conclusiones

---

V. Bibliografía

---

---

## Prólogo

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Prólogo**

La industria, el comercio y la atención a la salud humana son actividades técnicamente dependientes de la electricidad, desde que ésta apareció como energía aprovechable. Dependencia debida al constante avance dada la adopción e implementación de cada vez más complejos procedimientos, que las hacen aún más eficientes y confiables. Logrando con ello el binomio perfecto de aumento de ganancias y reducción de gastos en el caso de las dos primeras, que es lo que buscan los empresarios desde la concepción de la actividad industrial como tal desde el siglo XVIII.

La energía eléctrica es un factor importante en muchos de los procesos industriales, actividades comerciales y en lo relacionado con la atención a la salud. Sin lugar a duda, la calidad del servicio de suministro eléctrico –entendiendo dentro del enorme contexto de calidad, al conjunto de cualidades ideales de la energía eléctrica suministrada- en ningún momento debe ver comprometida su integridad. Pero, el asegurar la exención de disturbios tales como: variaciones de tensión, transitorios, apagones, ruido eléctrico, distorsión de la onda senoidal, variación de frecuencia, etcétera, que afecten la calidad del mencionado servicio, muchas veces se convierte solo en un buen deseo.

No obstante, hay que tener claro que la naturaleza de estos disturbios es en ciertas ocasiones atribuible única y exclusivamente a factores sobre los cuales no se tiene un control, por ejemplo, el choque de líneas de distribución provocado por fuertes vientos causados por una tormenta, la caída de líneas de transmisión ó distribución resultado de un terremoto, etcétera. Sin embargo, podríamos citar otras causas de disturbios, como las originados por la operación de ciertos elementos de maniobra y protección, como por ejemplo los relevadores de protección, que ocasionalmente interactúan con los factores anteriormente señalados, pero también habrá que mencionar los provocados de forma intencional como los sabotajes, así como los que son resultado de incompetencias atribuibles a las propias compañías suministradoras.

En esta vertiente de la calidad en el servicio en el servicio del suministro eléctrico, habrá que mencionar que las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica no se comprometen a garantizar al cien por ciento la calidad y la continuidad de su servicio. Sin embargo, existen medios a través de los cuales los propios usuarios de este servicio obtienen esa garantía, y no es más que con la implementación de dispositivos alternos que corrigen

---

ciertos disturbios causados por varios factores que alteran el servicio o bien, mediante otro tipo de equipos que aseguran la continuidad del suministro eléctrico.

Es difícil, solo por un momento, imaginar el grado de afectación que tanto para la industria, el comercio, los hospitales e incluso para algunos transportes tendría la falta de continuidad del suministro eléctrico, con el enorme arraigo tecnológico en esta fuente de energía que hoy en día tienen estas importantes actividades que desarrolla el ser humano para su salud y bienestar.

Por lo tanto, se han venido desarrollado sistemas que garantizan la continuidad del servicio de energía eléctrica. Estos sistemas están conformados tanto por dispositivos electrónicos de control así como por máquinas eléctricas rotatorias, mismos que componen la estructura principal de un sistema de alimentación emergente o de reserva, que recibe el nombre de Sistema de emergencia.

Este trabajo recopila buena parte de la información acerca de éstos Sistemas de Emergencia, y es que no solo se presentan datos de tipo teórico y técnico, así como aplicaciones prácticas que si bien nos ayudarán a entender tanto la parte física de los dispositivos, su operación y puesta en marcha, sino que también se presenta la parte normativa de este tipo de sistemas, una parte importante dentro de toda su estructura, ya que regula tanto la instalación, mantenimiento y funcionamiento del sistema, con lo que se garantiza el buen desempeño del mismo operando bajo condiciones reales.

La claridad en la interpretación de este tipo de instrumentos legales, tal y como lo son las normas, representan una enorme responsabilidad, ya que en gran parte el éxito que tenga el proyecto desarrollado tendrá que ver con un estudio y aplicación correctos de cada uno de los artículos que la integran.

---

## **Introducción**

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Introducción.**

El presente trabajo de tesis busca servir como un vínculo entre lo conceptual, lo técnico y lo legal en relación con los sistemas de emergencia. Se busca reunir la mayor cantidad de experiencia contenida en manuales de fabricantes, normas y otras fuentes de información en un solo paquete con datos e información ordenada, que permita entender el contexto técnico de instalación, operación y mantenimiento de un sistema de emergencia.

Así mismo, se busca clarificar el contenido, a través de explicaciones y gráficas, de las normas legales aplicables al diseño, instalación y mantenimiento de un sistema de emergencia.

Un sistema de emergencia es un conjunto de equipos, electrónicos, electromecánicos y rotatorios que interactúan entre sí, cuya finalidad es garantizar el abasto de energía eléctrica a cargas críticas conectadas a él, ante la ocurrencia de una falla en el suministro eléctrico procedente de la compañía suministradora.

En algunos países se obstaculiza sistemáticamente la modernización de la industria eléctrica, como en el caso de México, donde según lo estipulado en la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica del 22 de diciembre de 1975, en sus artículos 1º, 3º y 4º del capítulo 1 de disposiciones generales y 7º del capítulo 2 del organismo encargado de la prestación del servicio público de energía eléctrica, respecto a que las atribuciones de generación, transmisión, transformación y distribución del suministro le competen única y exclusivamente a la Nación, señalando además, los términos bajo los cuales productores particulares pueden realizar labores de generación de energía eléctrica, sin resultar invasivos sobre facultades que le corresponden única y exclusivamente a la Nación a través de la Comisión Federal de Electricidad, resultando en consecuencia la degradación constante de la calidad en el servicio del suministro eléctrico.

Ante este panorama, que se avizora cada vez peor, es necesario fijar la vista en dos puntos: uno, comenzar a garantizar con la implementación de equipos alternos, la calidad del servicio, y dentro de esta calidad resaltemos el aspecto de la continuidad en el servicio, y dos, buscar fuentes alternas de generación de energía, que permitan a largo plazo depender menos de la energía de las empresas suministradoras y gozar de una energía eléctrica de mucho mejor calidad.

Con el advenimiento de esta problemática, el tema de los sistemas de emergencia comenzará a tener un mayor auge, ya que, como veremos durante el desarrollo de este

trabajo de tesis, el campo de aplicación es verdaderamente amplio. En esta tesis presentamos solo algunos de ellos. Como se hizo mención, un sistema de emergencia es un grupo de equipos, que consta de un grupo motor generador que se encarga de producir la energía eléctrica, así como de dispositivos electrónicos y mecánicos de control y transferencia que se encargan de monitorear el estado del suministro eléctrico procedente de la compañía suministradora y realizar el cambio de fuentes de energía, evitando con ello la pérdida de continuidad.

Con el contexto presentado en el párrafo anterior, entendamos a una emergencia como a una situación impredecible –relativamente–, por lo tanto el equipo del sistema de emergencia actuará solo ante la ocurrencia de situaciones impredecibles en tiempo. Es decir, estará atento a que se presente un corte de la energía procedente de la fuente de servicio público y actuar. Sin embargo, existen formas que técnicamente se antojan y son posibles para utilizar a los sistemas de emergencia en aplicaciones de ahorro económico en la facturación de energía eléctrica, con lo cual se daría un “plus” al sistema haciendo que, en pocas palabras, “se pague solo”. De esto hablaremos también durante este trabajo.

Una parte importante que no debe dejarse de lado, es la parte normativa de un sistema de emergencia. Ya que es un instrumento que regula su aplicación, instalación y operación, así como garantizar su correcto funcionamiento en las situaciones para las cuales fue concebido. En este trabajo consideramos importante el conocer este instrumento legal. Pero además de conocerlo es importante el entender su contenido y no dejar lugar a malas interpretaciones; por lo tanto recopilamos la experiencia de varios autores en el tema, que a través de acotaciones y esquemas pretenden clarificar la esencia del artículo.

El lector encontrará reunido rico material en el tema, resultado de una investigación bibliográfica así como de notas obtenidas en la asistencia a cursos sobre el tema.

La estructura que sigue este trabajo está pensada de tal forma que en los capítulos 1, 2, 3 y 4 se presenten la mayor parte de los conceptos, en algunos casos aislados, referentes a los equipos que integran a un sistema de emergencia. Con esto se prepara al lector para introducirlo en el capítulo 5 a la parte normativa de los sistemas de emergencia, en la cual constantemente se hace referencia a conceptos que fueron presentados con anticipación.

Los capítulos restantes 6 y 7, básicamente pretenden mostrar al lector, tan solo algunas de las aplicaciones de los sistemas de emergencia en la industria y el comercio; así como proponer el algoritmo básico que sigue un dispositivo de transferencia, cuya finalidad es presentar de forma sencilla su dinámica operativa.

---

---

El trabajo está organizado de la siguiente forma: en el capítulo 1, se ofrece una pequeña reseña histórica de lo que ha sido el desarrollo de equipo para la generación de energía eléctrica a lo largo del tiempo. En el capítulo 2, mencionamos algunas de los esquemas dentro de los que operan los sistemas de emergencia, ya sea como un sistema de energía de reserva o emergencia o bien, como un sistema de generación en paralelo, así como algunas otras variantes del concepto de fuente de energía de reserva. El capítulo 3 describe algunas aclaraciones técnicas respecto a los procesos de generación y transferencia de carga. El capítulo 4 trata acerca del mantenimiento preventivo al sistema de emergencia, para obtener un buen desempeño del equipo.

En el capítulo 5 se presentan los artículos correspondientes a la Norma Oficial Mexicana que se aplican a los sistemas de emergencia. Junto con el texto original, se incluyen una serie de explicaciones y esquemas que tratan del contenido de cada uno de los artículos. Los artículos bajo análisis son el 700, que se refiere a condiciones especiales, el 701 referente a sistemas de reserva legalmente requeridos, el artículo 702 que tiene que ver con sistemas de reserva opcionales. Complementando a los artículos anteriores, se analizan además el artículo 445 referente a generadores, y el artículo 517 referente a instalaciones en lugares de atención a la salud.

El capítulo 6 presenta un panorama de algunas de las aplicaciones que tienen los sistemas de emergencia dentro de actividades en la industria y el comercio, además se explora con cierta profundidad en una aplicación en específico de éste tipo de sistemas, que además de resultar en fuertes beneficios económicos sustentables, representa una buena opción de ahorro de energía, y , aunque lleva algunos años aplicándose en ciertas industrias, el número de ellas que lo utilizan es todavía muy reducido.

Finalmente el capítulo 7, muestra la propuesta electrónica de un sistema de transferencia. Hasta hace algunos años, los sistemas de transferencia de carga, en sistemas de emergencia, se conformaban de equipos y dispositivos electromecánicos. Con el avance que ha tenido la electrónica en los últimos años en el desarrollo de potentes microprocesadores, dichos equipos han sido concebidos con base en dispositivos de estado sólido que además de potencializar muchas de sus características a través de la inclusión de varias herramientas, abaten el espacio físico que ocupa el equipo dentro de la empresa o el lugar de la aplicación.

En este capítulo, se explica de forma sencilla el funcionamiento de un sistema de transferencia, así mismo, se plantea el algoritmo básico de operación de un sistema de transferencia y se muestran ejemplos de sistemas de transferencia comerciales.

---

---

  
***SE***

**SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

---

---

## **Capítulo 1**

Antecedentes  
Históricos.

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Capítulo 1** **Antecedentes históricos .**

Al describir la historia de cualquier hazaña, evento o ciencia en este caso, es interesante (siempre que sea posible), establecer una fecha de arranque, un punto de partida cronológico. En el caso de la electricidad esta fecha es muy significativa, por coincidir con el principio de un ciclo y de una época. Esta fecha es el año de 1600.

El motivo de esta elección es doble y doblemente atractivo, ambos relacionados con el médico y físico Gilbert. Él fue el primero en hacer un estudio científico y riguroso del magnetismo. Este estudio se publicó, en latín, en el año 1600, bajo el título: “ *Tractatus sive physiologia nova de magnete, magnetische corporibus et de mango magnete telluro*”, (“La piedra imán y los cuerpos magnéticos”).

Esta obra fue muy divulgada entre los eruditos europeos de la época y sobre todo estudiada por los “filósofos naturales”, nombre con el que se conocía a los incipientes investigadores sobre fenómenos naturales, con una influencia enorme. A su vez, en la obra, recuperando la tradición griega, estudia el poder que presenta el ámbar al ser frotado. Propone llamar a este poder “vis eléctrica” debido a provenir del ámbar cuyo nombre en griego era “elektrón” .

En consecuencia en el año 1600 nace la palabra que define la ciencia así como el estudio de sus efectos.



Fig. no. 1 William Gilbert.

William Gilbert (1544-1603) repitió, parece ser que sin saberlo, los experimentos que unos 300 años antes había realizado el gallo Petrus Peregrinus y que habían sido olvidados. Muchas son las aportaciones de Gilbert pero sin lugar a dudas su contribución más importante

fue la de considerar a la Tierra como un gran imán esférico, motivo por el cual una aguja imantada se orienta en la dirección definida por los polos magnéticos de la esfera terrestre al contrario de lo que hasta entonces se pensaba, que se orientaba al espacio. También, añadió que esta orientación era constante en todos los puntos del globo.

El periodo centrado en la mitad del siglo XVIII se caracterizó por el interés del gran público por la ciencia. La electricidad como espectáculo llegó al pueblo en las ferias o a la aristocracia en sus sofisticados y elegantes salones. La hilaridad se conseguía produciendo chispas en la nariz de los espectadores o haciendo saltar a una fila de soldados, tomados de la mano, electrizados por un extremo. La electricidad había salido del ostracismo. La electricidad pues, se ponía de moda.

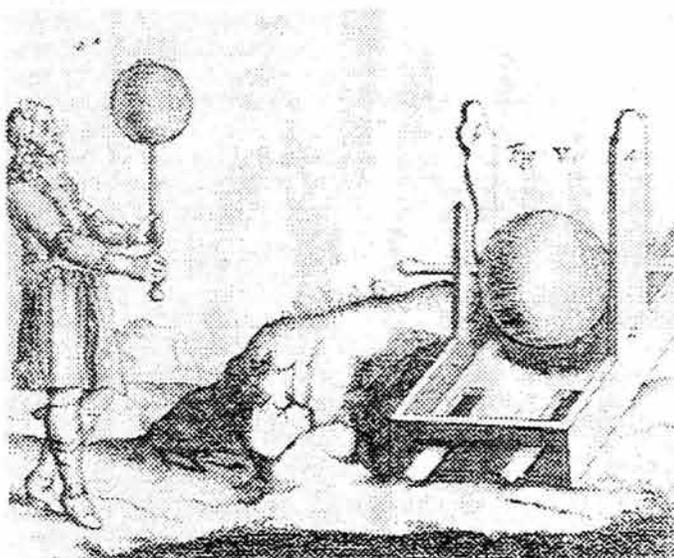


Fig. no. 2 Grabado donde se presenta a Otto von Guericke y su primera "máquina eléctrica".

El mundo científico se había abierto, los "sabios" salieron de sus cuevas y de una existencia marginal, y pasaron a ser individuos solicitados en las reuniones de la clase alta. Los científicos mantenían una fluida correspondencia, intercambiando ideas, ratificando o negando las teorías de sus colegas. Los trabajos se publicaban rápidamente y se difundían con prontitud. Las academias y sociedades científicas se multiplicaban en las grandes ciudades europeas.

Afortunadamente han quedado una gran colección de hermosos grabados, que con ingenuidad y sencillez describen perfectamente este acercamiento de la electricidad a los

profanos. Sólo con algunos de ellos se podría describir gráficamente la historia de la electricidad en el siglo XVIII.

La base de la experiencia, abundantemente representada en las ilustraciones de los libros, con todo detalle, exponía multitud de variantes. Una era la siguiente: una esfera de azufre o de vidrio, del tamaño de un balón de fútbol, es puesta en rápida rotación con ayuda de una gran polea y una manivela, movida por un asistente, la cual era frotada por las palmas de la mano. La carga eléctrica depositada sobre la superficie de la esfera era recogida por una cadena de hierro, suspendida por hilos de seda. A partir de aquí, los experimentos podían variar hasta el infinito, como por ejemplo un hombre conectado a la cadena, con los pies apoyados sobre un aislante que podía ser un taburete de madera o un cojín sacando chispas al contacto con una masa metálica.

Los doscientos años transcurridos entre 1600, cuando W. Gilbert publicó su *De Magnete*, y 1800 en que se descubre un método para producir electricidad en forma continua (pila de Volta), son el imperio y el dominio exclusivo de la electrostática. A partir del año 1800 se impone la electrodinámica. Las máquinas electrostáticas empiezan a perder importancia y a arrinconarse al igual que las botellas y las baterías de Leyde. Para obtener electricidad ya no es imprescindible el frotar discos de vidrio y cargar botellas, basta con cerrar un interruptor y un flujo constante de electricidad sale de las pilas, el cual se puede llevar a cualquier lugar si más que ofrecerle un camino conductor.

Todavía aparecerá algún tipo de máquina basada en la fricción. Su importancia fue pequeña y el nombre de su constructor poco conocido en nuestros días, pues las máquinas a las que tenía que sustituir ya estaban obsoletas y, en consecuencia, ella misma desde el momento de su descubrimiento y construcción. Este es el caso de la conocida como máquina "hidroeléctrica" de Armstrong, ingenioso dispositivo que hacía frotar las partículas de agua en suspensión del vapor contra las paredes de tubos metálicos finos que a su vez se cargaban electrostáticamente debido al rozamiento.

Con el siglo XIX llegan una serie de descubrimientos tanto teóricos como experimentales que en mayor o menor grado contribuyen al empuje de la electricidad y en consecuencia, indirectamente al avance de las máquinas eléctricas. Estos descubrimientos llegan de la mano con científicos como: Cavendish, Coulomb, Seebeck o D'Arsonval.

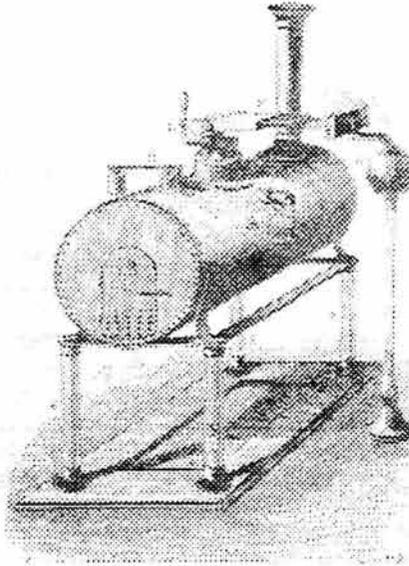


Fig. no. 3 La máquina eléctrica de Armstrong  
ó máquina "hidro eléctrica".

Al mismo tiempo se confirma definitivamente la relación entre magnetismo y electricidad o entre electricidad y magnetismo. Oersted, Lenz, Henry, Sturgeon y otros comprueban esta relación y la utilizan moviendo una aguja imantada por el campo creado por el paso de una corriente o imantando un trozo de hierro por la acción de la corriente que circula por un conductor arrollado sobre él.

En fin, la primera mitad del siglo XIX sienta las bases del desarrollo de esas máquinas eléctricas que alcanzaron la mayoría de edad en la segunda mitad y su madurez en los primeros años del siglo XX.

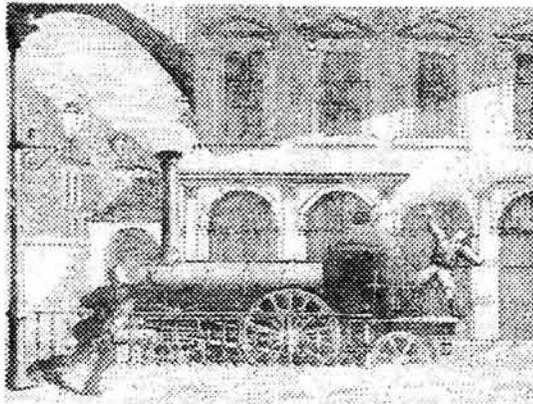


Fig. no. 4 Descubrimiento fortuito de la  
Presencia de electricidad en el vapor de agua.

El funcionamiento de los convertidores electromecánicos (máquinas que transforman energía mecánica en eléctrica y viceversa) se sustentan en tres principios fundamentales, como son:

- a) que la corriente eléctrica, al circular por un conductor, puede hacer que el hierro o el acero se comporten como un imán.
- b) Que las corrientes eléctricas son capaces de ejercer fuerzas, a distancia unas sobre otras.
- c) Que al moverse un conductor en el seno de un campo magnético se producen (inducen) sobre él corrientes eléctricas.

Estas observaciones tan importantes en la génesis de los generadores y motores eléctricos en particular, y para la física en todo su conjunto, son debidas al trabajo y al talento de tres grandes hombres de ciencia: Arago, Ampere y Faraday. Los tres nacieron en el siglo XVIII conocido como el siglo de la razón, pero llegaron a su plenitud intelectual hasta el siglo XIX, el llamado siglo de la ciencia.

Los dos primeros principios enunciados por los franceses Dominique François Jean Arago y André Marie Ampere, respectivamente, eran conocidos en el primer cuarto del siglo XIX. Pero, sin duda el principio definitivo fue el tercero, descubierto por el inglés Michael Faraday, que marcó el punto de partida para la construcción de máquinas capaces de generar electricidad, que hasta entonces solo era posible obtener a partir de procesos químicos en la conocida pila de Volta.

Aceptando que el descubrimiento de la ley de la inducción puede considerarse como el punto de partida para la creación del generador eléctrico, la fecha en que fue dada a conocer, 1831, se aceptará como el inicio del desarrollo de la máquina eléctrica tal y como hoy la conocemos.

Las investigaciones sobre electricidad realizadas por Michael Faraday entre 1831 y 1838, y publicadas en la revista *Philosophical Transactions*, fueron recopiladas por el mismo científico en un volumen de alrededor de 600 páginas y editado bajo el título *Experimental Recherches in Electricity* en el año de 1839.

La obra, dividida en varias partes o series, describe un gran número de experiencias. La primera serie leída el 24 de noviembre de 1831, se ocupa de los fenómenos de inducción electromagnética. En estos fenómenos se basa el principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas.

---

Lo que Faraday había descubierto era algo tan sencillo como importante, a saber: la corriente eléctrica al circular por un conductor crea en sus proximidades un campo magnético. Al variar esta corriente (conectando o desconectando la batería), también varía el campo magnético creado. Esta variación de campo induce sobre un conductor sumergido en él, una corriente eléctrica.

El principio de los generadores, motores y transformadores estaba servido. La ingeniería eléctrica era ahora posible.

El desarrollo matemático de los trabajos experimentales de Faraday dio lugar a la teoría de Maxwell, sintetizada en cuatro fórmulas clásicas. James Clerk Maxwell (1831-1879) en el prólogo de su *Treatise on Electricity and Magnetism* puntualiza el origen de sus teorías y remarca con toda rotundidad la importancia de las investigaciones de Faraday.

La primera memoria de Maxwell, basada en los trabajos de Faraday, fue publicada en el volumen 10 de *Cambridge Transactions* en el año de 1856 todavía en vida de Michael Faraday.

Maxwell señaló que la oscilación de una carga eléctrica era capaz de generar un campo electromagnético que se radiaba hacia el exterior a una velocidad constante; era posible calcular la velocidad de propagación mediante la relación de ciertas unidades que expresaban fenómenos eléctricos con otras que definían fenómenos magnéticos.

El resultado obtenido fue que esa velocidad, constante, era de 186,300 millas por segundo ( $\approx 300,000$  km/s) que corresponde con mucha aproximación a la velocidad de propagación de la luz. Esto le pareció demasiada coincidencia y propuso que la luz venía, o tenía su origen, en las cargas eléctricas al oscilar y en consecuencia que era una radiación electromagnética. En aquella época nos se conocía ninguna carga oscilante que pudiese producir luz. Por otra parte, como las cargas podían oscilar a cualquier velocidad, Maxwell intuyó que tenía que haber una familia completa de radiaciones electromagnéticas de las cuales la luz visible representaba tan solo una pequeña parte.

Faraday repitió los experimentos del físico danés Hans Christian Oersted proponiéndose demostrar que con ellos a partir del magnetismo era factible producir electricidad. En el año de 1831 conseguía lo que buscaba con la ayuda del sistema conocido como disco de Faraday.

El disco de Faraday puede considerarse como el primer generador de energía eléctrica, electromecánico, del que se tiene noticia.

Debido a la simplicidad de la figura, en la obra de Faraday, se va a explicar el fenómeno generador en un montaje más complejo, representado en la siguiente figura:

El generador de Faraday está constituido por un disco de cobre que gira entre los polos de un imán permanente. En versiones mejoradas el imán fue sustituido por un electroimán. El disco D gira solidario con un eje E, que a su vez es arrastrado por la manivela M. Sobre el eje se coloca una conexión con frotamiento (X) al igual que la periferia del disco (Y).

Al accionar la manivela (y girar el disco) se inducía una tensión, perpendicular al eje de giro (y en consecuencia a la dirección del flujo de excitación). Por lo tanto entre X e Y se establece una diferencia de potencial que hace circular por los conductores una corriente eléctrica.

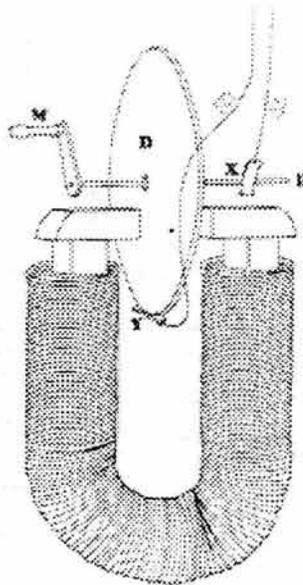


Fig. no.4 Disco de Faraday, generador eléctrico homopolar. Basado en el fenómeno de la inducción electromagnética.

Este tipo de aparatos, aunque eran ya verdaderos generadores eléctricos, no pasaban de ser meros instrumentos de demostración.

En el año de 1832, tan solo un año después de haberse descubierto la ley de Inducción. André Marie Ampère encargó al constructor parisino de instrumentos Hippolyte Pixii (1808-1835), que trabajaba para él, la construcción de un generador eléctrico. Este fue el primer generador de corriente continua, presentado por Ampère ese mismo año en la Academia de Ciencias de París. El principio de funcionamiento era muy simple (conocida como Ley de Inducción). Al variar un campo magnético se induce una fuerza electromotriz y una corriente en un conductor "sumergido" en ese campo. De la misma forma si movemos un imán en las proximidades de un conductor su campo variará y en consecuencia se generará la citada fuerza electromotriz y se inducirá una corriente. Lo mismo ocurrirá si el imán estuviese fijo y lo que movemos fuera el conductor ya que el efecto sería el mismo, variación de campo magnético sobre un conductor.

Esta máquina esquematizada en la siguiente figura, estaba constituida por un par de bobinas (B) conectadas en serie. En ellas se inducía una corriente cuando el imán, en forma de herradura I, giraba mediante el sistema de ruedas dentadas (R), accionadas por la manivela M. Las corrientes en las bobinas cambiaban constantemente de sentido, ya que los polos del imán afectaban alternativamente a una y otra bobina. Esta corriente (conocida hoy como corriente alterna AC) no se considera aceptable, sobre todo teniendo en cuenta que la corriente conocida y utilizada en la época era producida por pilas electroquímicas (corriente constante o continua). Para evitar este problema se añadió un elemento (C) llamado conmutador, que evitaba en parte el citado inconveniente.

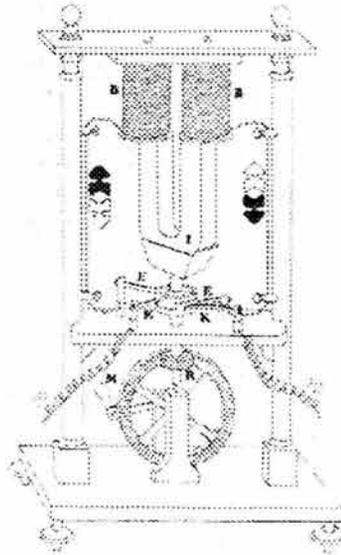


Fig. no. 5 Esquema del primer generador eléctrico construido por H. Pixii en 1832.

Constituye el punto de partida de la máquina eléctrica actual.

El conmutador consistía en un anillo deslizante dividido en dos partes, iguales y aisladas entre sí. Las bobinas se conectaban, con cada uno de sus extremos libres, al conmutador mediante escobillas de frotamiento E, obteniéndose de la corriente en los cables de salida a través de otro par de escobillas K, también de frotamiento. Al girar el imán, y en consecuencia, el conmutador, el diseño de éste hacía que la K de la izquierda conectase con la parte superior de C en media revolución mientras la otra K conectaba con la parte inferior de C. Durante la otra media revolución se volvían las tomas, la K de la izquierda contactaba con la parte inferior de C y la K de la derecha con la superior. Y así sucesivamente. Dado que la corriente en las dos bobinas se va alternando, el generador produce una corriente, si no constante, por lo menos no alterna, pudiendo por lo tanto considerarse el generador de corriente continua.

La máquina presentada en la Academia de Ciencias tenía unas bobinas de 4000 vueltas y un imán permanente con una fuerza de atracción de aproximadamente 1000 N.

Prácticamente al mismo tiempo el americano Joseph Saxton (1799-1873) construía una máquina semejante con la diferencia, frente a la de Pixxi, de que lo que giraba era el inducido o sea las bobinas montadas sobre un núcleo metálico, frente a un imán fijo, sistema que se impuso rápidamente.

Pues bien, todas estas máquinas no pasaban de ser meros instrumentos demostrativos en los cursos de física, sin embargo, producían unas corrientes eléctricas donde los efectos, tanto físicos como químicos, eran absolutamente los mismos que los producidos por las corrientes de las pilas voltaicas. Así, la electricidad proveniente del movimiento de un hilo conductor alrededor de un imán era, absolutamente la misma, que la originada en una reacción química.

Las bases para crear una futura máquina industrial, capaz de construir una fuente de abundante energía eléctrica, estaban sentadas. Tan solo se necesitaba colocar un suficiente número de bobinas delante de un potente imán o varios imanes acoplados y disponer de un suficiente par mecánico que proporcione el movimiento al sistema.

En general, y resumiendo, la forma de producir electricidad a partir del movimiento, consiste en desplazar, a gran velocidad, un cuerpo conductor, como puede ser un hilo de cobre, delante de un cuerpo imantado. Estas máquinas se clasificarían con el tiempo en dos grandes grupos:

- 1) si el desplazamiento se produce frente a un imán permanente se conocen como máquinas magneto- eléctricas.

- 2) Cuando el campo inductor es creado por un imán artificial (electroimán) se les denominó máquinas dinamo- eléctricas.

Según esta clasificación, las máquinas de Pixxi, Saxton y Clarke pertenecen a la primera clasificación (magneto- eléctricas).

Se había descubierto la transformación de energía mecánica en eléctrica. Por otra parte, el conmutador constituyó un elemento básico y fundamental en la tecnología eléctrica, ya que fue el primer aparato capaz de invertir el sentido de una corriente eléctrica. Si a todo esto sumamos la importante relación encontrada por el alemán Georg Simon Ohm (1787-1854), que establecía que: *"la corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial establecida entre sus extremos"*, las bases de una importante ciencia, técnica e industria estaban al alcance del hombre. El proceso no se ha detenido aún.

Tal vez lo que más ayudó al desarrollo de los generadores eléctricos fue encontrar aplicaciones a la energía que estos producían. Hasta el año de 1840, poco más o menos, no se había encontrado ninguna aplicación útil a estas máquinas.

Una vez que se ha conseguido transformar el movimiento (energía mecánica) en electricidad (energía eléctrica) a través del fenómeno de la inducción electromagnética, por medio de los convertidores de energía construidos por Pixxi, Saxton, Clarke y otros, empieza a plantearse la cuestión de si estos mecanismos ingeniosos, para experiencias y demostraciones en gabinetes de física, que no dejan de ser otra cosa que modelos de laboratorio, no podrán emplearse como máquinas generadoras de electricidad.

El principio de la conversión de la energía está ahí. Esta se puede transformar. Hay energía mecánica en cantidades ilimitadas (hidráulica, vapor), sólo hay que buscar la máquina que la transforme en corriente eléctrica.

El reto está planteado, sólo es cuestión de aceptarlo. Se construyen grandes armatostes para alimentar tan sólo una lámpara de arco. El sistema no es práctico ni rentable. El gas es todavía superior.

Un gran problema es que el campo magnético hay que crearlo con imanes naturales o piezas metálicas imantadas artificialmente y éstas dan poca potencia, a la vez que se desimantan con el uso y hay que volver a excitarlas.

La cuestión se solucionó colocando imanes artificiales, electroimanes. Estos dan mucho más campo magnético pero necesitan ser alimentados por una corriente eléctrica proveniente de otra máquina que a su vez ha de ser de imanes naturales. Se ha dado un paso más pero no es suficiente.

Se descubre la autoexcitación: emplear parte de la energía para imantar los electroimanes. Esto es un paso gigantesco pero, ¿de dónde se obtiene la primera corriente para excitar el campo y que éste cree una corriente inducida que pueda a su vez seguir excitando los imanes de la máquina?

Ratificando el dicho de que la necesidad hace el órgano, varios investigadores llegan al mismo tiempo a la solución: los materiales magnéticos almacenan una cantidad residual de magnetismo, suficiente para generar la corriente necesaria para producir el inicio del proceso. Este efecto, con algunas modificaciones constructivas, abre las puertas a una nueva era industrial, la de la producción abundante de electricidad, que en un principio iba destinada casi en su totalidad al alumbrado, primero las lámparas de arco y después de incandescencia. Esta parte abarca, aproximadamente, desde 1849 a 1870.

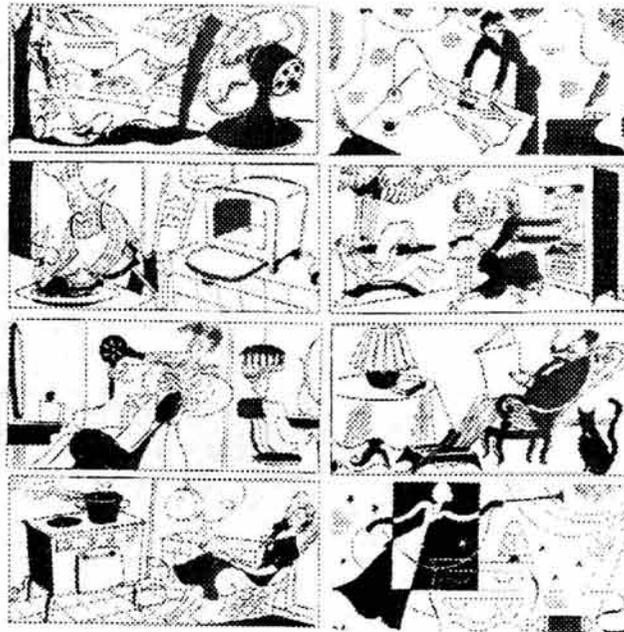


Fig. no. 6 La popularización de la energía eléctrica como medio para mejorar el nivel de vida se refleja en la prensa, como en el caso de esta publicación francesa.

---

## Capítulo 2

Tipos de  
sistemas.

---

**SE** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Capítulo 2.** **Tipos de Sistemas.**

### **2.1 Conceptos generales.**

Los Sistemas de suministro de energía de emergencia se pueden presentar en dos tipos, estos son:

- a) Una fuente de energía eléctrica separada de la fuente primaria , operando en paralelo, esto mantiene la energía hacia las cargas críticas previniendo fallas de la fuente principal.
- b) Una fuente confiable de energía disponible a la cual las cargas críticas son transferidas automáticamente cuando la fuente primaria de energía falla.

Los sistemas de energía emergente están integrados por los siguientes componentes principales:

- 1) Una fuente alterna confiable de energía eléctrica separada de la fuente principal.
- 2) Controles de encendido y regulación, si la generación de respaldo local es seleccionada como fuente de suministro general.
- 3) Controles que transfieren las cargas de la fuente de energía principal o de emergencia hacia la fuente de respaldo.

### **2.2 Generadores impulsados por motores.**

Los generadores impulsados por motor, son las unidades de trabajo que satisfacen las necesidades de energía de emergencia y energía de respaldo. Estos equipos están disponibles desde pequeñas unidades de 1 kVA hasta algunas de varios miles de kVA. Además de proveer energía de emergencia, los generadores impulsados por motor, son usados para manejar picos de carga y algunas veces preferidas como fuentes de energía principales.

Estos equipos satisfacen la necesidad de energía de respaldo para Sistemas ininterrumpibles de energía. Donde los sistemas con buena regulación, libres de disturbios de voltaje, frecuencia o armónicas son requeridos, tal como para operaciones con computadoras, un buffer puede ser necesitado entre la carga crítica y el generador.

### **Generadores con motor Diesel.**

Un típico generador impulsado por motor Diesel, de 500 kW, se muestra en la figura no. 1. Los niveles típicos de energía suministrada por un generador con motor se encuentran expresados en la tabla no. 1.

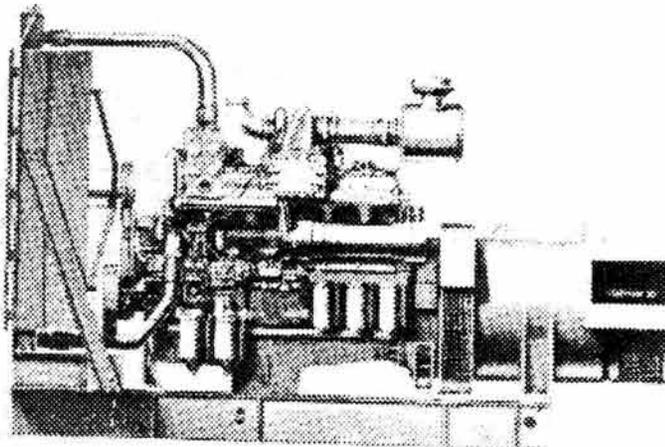


Figura no. 1  
Típico generador impulsado por motor Diesel.

<b>Niveles típicos del generador impulsado por motor. (Según el tipo de combustible)</b>							
Rango nominal (kW)	Nivel principal de energía (kW)	Nivel de respaldo (kW)	Factor de potencia	Tipo de combustible			Velocidad (r.p.m.)
				Gasolina	Diesel	Gas natural/ Gas LP	
5	5	5	1.0	X		X	3600
10	10	10	1.0	X		X	1800
25	25	30	0.8		X	X	1800
100	90	100	0.8		X	X	1800
250	225	250	0.8		X		1800
750	665	750	0.8		X		1800
1000	875	1000	0.8		X		1800

Tabla no.1.

Los modelos individuales para varias compañías pueden ser diferentes. Unidades de baja velocidad son más pesadas y costosas, pero son más adecuadas para un ciclo de trabajo continuo.

Los motores diesel son algo más costosos y pesados en tamaños pequeños, pero son potentes y confiables. Los riesgos de explosión y fuego son considerablemente más bajos que en los motores de gasolina. Las capacidades varían desde los 2.5 kW hasta varios MW.

### **Generadores con motores a gasolina.**

Los motores a gasolina pueden ser provistos para instalaciones con salidas mayores a los 100 kW. Arrancan rápidamente y son más bajos sus costos iniciales, comparados con los motores Diesel. Las desventajas de este tipo de motor, incluyen: un alto costo de operación, un enorme riesgo debido al almacenamiento y manejo de gasolina, corta vida de almacenamiento del combustible y generalmente un constante periodo de revisión.

La corta vida de almacenamiento del combustible, restringe al motor de gasolina a ser usado en sistemas de energía de emergencia.

### **Generadores con motor a gas.**

Los motores de gas natural y petróleo líquido (LP) están al nivel de los motores de gasolina en cuanto a costo y están disponibles en potencias de 600 kW y mayores. Estos proveen un arranque rápido después de largos periodos de inactividad, debido a las condiciones de temperatura que guarda el combustible de alimentación.

La vida del motor es larga con mantenimiento reducido debido a la limpia combustión del gas natural. Ahora bien, se debe tomar en consideración la posibilidad de que ambas, por una parte, el suministro público de gas y por otra, la alimentación de gas natural simultáneamente no estén disponibles. A menos que la razón de compresión del motor sea incrementada, las pérdidas del motor de aproximadamente el 15% en potencia cuando es operada con gas natural, comparada con la gasolina.

Las consideraciones en la selección de motores a gas natural o gas LP son básicamente la disposición y la dependencia del combustible de alimentación, especialmente en una situación de emergencia. La referencia debe hacerse a la norma ANSI/ NFPA 70-1987 artículos 700-12 a 701-10, para determinar si una fuente de combustible local es requerida.

### **2.3 Generadores impulsados por turbinas.**

En general dos tipos de primo- impulsores de turbina para generadores están disponibles, de vapor y de gas/ petróleo.

#### **Generadores de turbina de vapor.**

El vapor usualmente no es disponible si toda la energía eléctrica tuviera pérdidas, aunque estos son sistemas de alimentación de vapor independientes y pueden tener sistemas eléctricos ininterrumpibles. En este caso, se deben tener ciertas consideraciones con el uso del vapor. Las turbinas de vapor compactas pueden suministrar energía sobre la línea en aproximadamente 5 minutos.

Las turbinas de vapor son utilizadas para impulsar grandes generadores más que aquellos que pueden ser impulsados por motores diesel. Sin embargo, las turbinas de vapor son diseñadas para operaciones continuas y requieren una caldera con alimentación de combustible y una fuente de agua. Por consiguiente, son muy caras para uso como una fuente de energía de emergencia o de reserva y pueden generar problemas ambientales que envuelve el uso del combustible de alimentación, ruido, salidas de productos resultado de la combustión y calentamiento de el agua condensada.

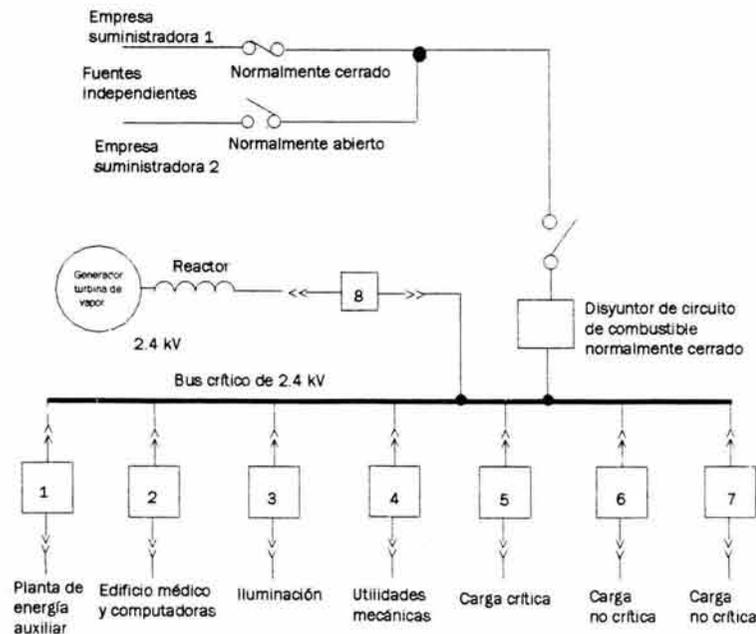


Figura no. 2 Sistema de energía de emergencia y de reserva utilizando turbina de vapor y doble alimentación.

La figura anterior muestra un generador con turbina de vapor en línea (on-line) alimentando a un bus crítico en paralelo con una fuente de energía proveniente de la empresa suministradora. Una fuente de alimentación alterna puede ser conmutada manualmente en un minuto o podría ser una falla de la fuente de alimentación en línea.

El sistema de alimentación normal (empresa suministradora) debería ser lo bastante grande para alimentar enteramente al bus crítico si la turbina está apagada. La relevación de cada uno de los sistemas debería ser calculada con la empresa suministradora. Un contrato es requerido con la compañía suministradora para establecer el derecho para la conexión en paralelo y la disposición de energía, a propósito o inadvertidamente enviada hacia la fuente de alimentación. El sistema debería funcionar para interrumpir a la entrada del generador fallas provenientes de la compañía suministradora, evitar salidas de sincronismo, y detectar zonas del generador con una porción de la carga de la empresa suministradora.

### **Generadores de gas y petróleo.**

El generador eléctrico impulsado por turbina mas común empleado actualmente para energía de emergencia y reserva usa gas o petróleo por combustible. Varias clases de petróleo y ambos, gas natural y propano pueden ser utilizados. Otras fuentes de combustible menos comunes son el keroseno y la gasolina. El servicio puede ser restaurado desde cerca de unos 10 segundos mínimo hasta varios minutos, dependiendo de la turbina utilizada.

Las turbinas utilizadas en aviación impulsoras de generadores son comúnmente utilizadas donde la energía eléctrica pueda ser necesitada por pocas horas del día. Pequeñas unidades industriales están siendo desarrolladas. Un pequeño dispositivo de almacenamiento de combustible por seguridad puede ser adecuado, proveyendo planes que pueden ser realizados para que cada combustible adicional pueda ser entregado cuando se necesite. Se deben tomar previsiones para asegurar un abasto adecuado de gas, ya que si se dispone de una fuente ininterrumpible de energía de una compañía suministradora, podría resultar muy caro o no estar disponible.

Un suministro ininterrumpible puede no estar disponible cuando se necesite durante un clima frío. Terremotos podrían destruir extensos sistemas de distribución subterráneos, pero el almacenamiento local podría estar intacto. Consideraciones ambientales pueden requerir el uso de petróleo bajo en azufre, el cual puede ser difícil de obtener.

Son posibles ahorros por la instalación de una turbina para energía de emergencia y reserva cuando es utilizada como unidad de recorte de picos para reducir la carga demandada. Esto tiene la ventaja operativa de que se revisa la unidad con bastante frecuencia bajo carga además de que el personal operativo se familiariza con el equipo y la unidad es conocida para estar lista para una emergencia.

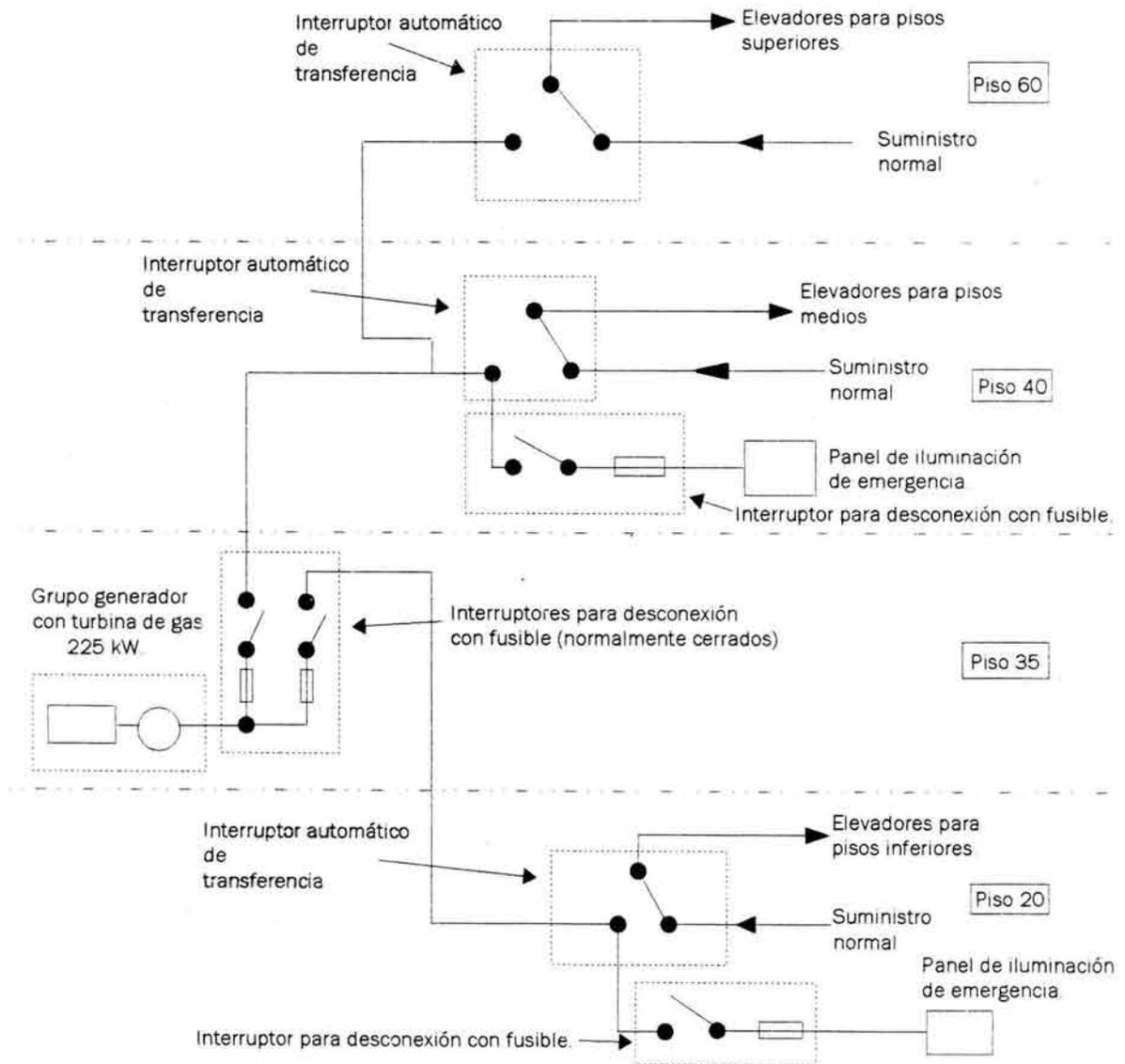


Figura no.3  
Típico generador a turbina de gas y diagrama  
del Sistema de energía auxiliar.

El diseño de turbinas se encuentra entre dos categorías extremas. Máquinas de utilización en aviación que implican técnicas altamente sofisticadas para un peso muy ligero en relación a los caballos de fuerza (0.25- 0.50 lb/ hp). Esto acorta su vida útil.

La figura no.3 muestra un generador típico de este tipo con un diagrama incrementado de cargas típicas atendidas. La figura 4 muestra un conjunto modular de turbina de gas.

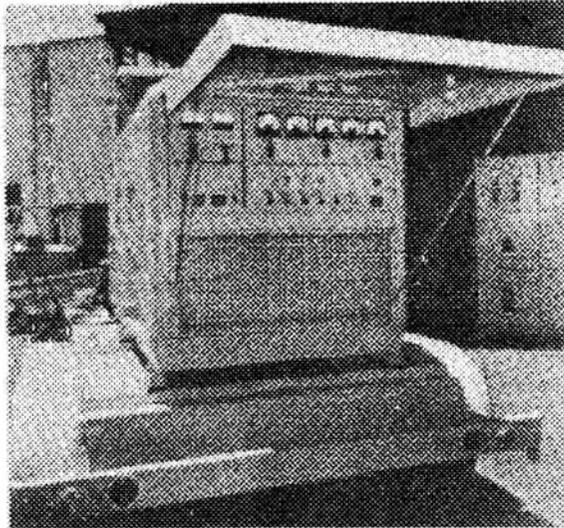


Figura no.4

Grupo generador con turbina de gas montada sobre un trailer.

La filosofía opuesta emplea lo masivo, técnicas de diseño voluminoso de turbinas de vapor en un esfuerzo por asegurar una larga vida, pero con 10 lb/ hp. Ambos tienen su lugar dependiendo de la justificación del costo y las horas de uso por año. Confiables unidades industriales están disponibles dentro de estos rangos.

Equipamiento accesorio para una turbina de gas, como filtros, aparatos silenciadores y marcos de vibración, pueden ser requeridos cuando las condiciones ambientales indiquen aire contaminado cargado de polvo o áreas donde los niveles de atenuación de ruido y vibración son requeridos. Bandas de atenuación desde 75 a 9600 Hz son comunes y atenuación desde 5 hasta 60 dB o más pueden ser necesarios en varias bandas.

Una unidad generadora completa de turbina de gas de 750 kW pesa aproximadamente 13000 lb. y ocupa menos de 80 ft<sup>2</sup> de área de piso. Este factor de tamaño compacto y peso ligero pueden considerablemente reducir los costos de construcción y permiten una utilización económica más eficiente del espacio construido. Las instalaciones de azotea son ambas, factibles y prácticas.

El arranque y carga de las turbinas de combustión se logra, cualquiera de ellos, de forma manual o de forma automática. El calentamiento no es necesario.

Estos son cuatro sistemas de arranque básicos disponibles para turbinas:

- 1) Motor eléctrico alimentado por baterías.
- 2) Una pequeña turbina de vapor.
- 3) Una compresora de aire o sistema de gas.
- 4) Un pequeño motor diesel.

Los controles para instalaciones de unidades múltiples generalmente involucran algunas consideraciones en cuanto a interconexiones en un panel maestro de control o panel de sincronización. Las turbinas pueden ser programadas para operación automática o manual, secuencia de arranque, y sincronización, si se desea.

La figura siguiente muestra la reducción en la capacidad de salida como turbina de gas o turbina de combustión de petróleo, instaladas en elevadas altitudes. Temperaturas con altas entradas de aire asociada con la baja densidad del aire y la baja presión barométrica también reducen la confiabilidad en la salida. Estas limitaciones deben ser tomadas en cuenta o la fiabilidad y la capacidad puede no ser obtenida.

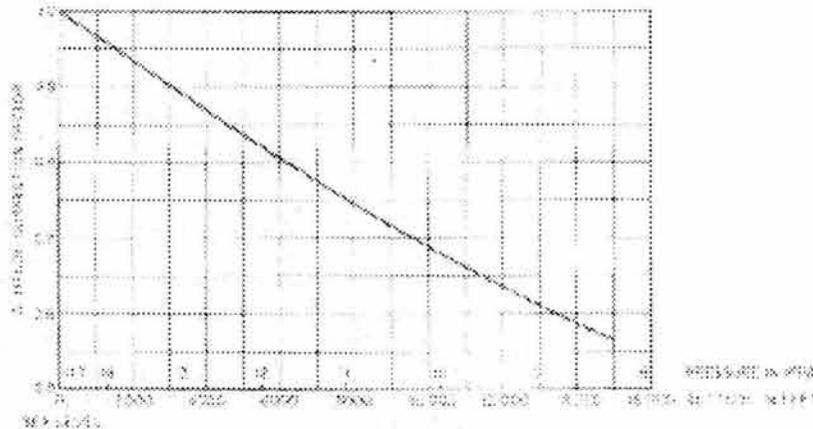


Figura no.5

Factor de corrección típico para distintas altitudes.

El consumo de combustible a nivel del mar puede ser de aproximadamente 10 000 a 17 000 Btu/ Kwh. de salida, dependiendo en tamaño y factores variables. La eficiencia térmica puede ser incrementada considerablemente si se desperdicia calor o son utilizados procesos de recuperación.

---

## **2.4 Tipos de Sistemas de emergencia.**

Hasta ahora hemos revisado tanto conceptos generales así como parte de los dispositivos que integran a un Sistema de Emergencia, además de los tipos de motores que impulsan al generador, sus características y algunas descripciones en cuanto a su operación dentro del esquema de soporte de energía.

Sin embargo, podemos decir, respecto a los tipos de sistemas de emergencia, que por su naturaleza operativa los podemos distinguir en dos grupos que son:

### **a) Sistemas manuales.**

El servicio de respaldo manualmente controlado es el arreglo más sencillo y barato y puede ser satisfactorio donde se tiene un encargado de tiempo completo y donde el arranque automático y la transferencia de la carga no es un requerimiento crítico.

### **b) Sistemas automáticos.**

A fin de que los generadores impulsados por motor provean energía automática de emergencia, el sistema deberá también incluir controles de arranque automático, cargador automático de baterías y dispositivos automáticos de transferencia. En muchas aplicaciones, la fuente de servicio es la fuente normal y el conjunto motor generador provee energía de emergencia cuando la energía eléctrica comercial es interrumpida o sus características son insatisfactorias. La fuente de energía comercial es monitoreada y el arranque de los motores es automáticamente inicializado una vez presentada una falla, un voltaje severo o bien, la reducción de frecuencia en la fuente normal (energía comercial).

La carga es automáticamente transferida tan pronto como el generador de respaldo estabiliza y regula voltaje y velocidad. En el proceso de restauración de la energía comercial, el dispositivo de transferencia automáticamente retransfiere la carga e inicia el apagado del motor.

A continuación, se presentan de forma más detallada varios tipos de Sistemas de emergencia, en los que se tienen implícitos algunos de los conceptos que hasta este momento se han revisado.

### 1. Sistema del conjunto motor-generador múltiple.

El arranque automático de múltiples unidades automáticas sincronizando los controles es posible y práctico para cuando se presenta la instalación de varias unidades. Las ventajas que presenta la instalación de varias unidades pequeñas sobre la de una unidad grande, se considera de tal forma que la energía de emergencia y respaldo pueda ser utilizada mientras una de estas unidades es sometida a mantenimiento ó reparación.

El arranque es usualmente confiable; especialmente si las unidades son mantenidas a una temperatura estable y con una regular revisión técnica, por lo tanto, la probabilidad de que todas las unidades no arranquen es extremadamente baja en comparación a que si se tuviera una sola unidad.

Las unidades pequeñas también permiten el concepto de construcción por bloques. A medida que se hace disponible y aumenta la necesidad de incrementar la capacidad, unidades adicionales de idéntico tamaño y tipo pueden ser añadidas, esto, para simplificación de partes, mantenimiento y problemas del personal para entender el sistema sin ser capacitados. La forma adecuada de grandes fuentes de energía eléctrica de emergencia también justifica el uso de un conjunto múltiple de unidades para proveer de energía adicional. Las figuras 6, 7 y 8 ilustran sistemas de conjuntos múltiples.

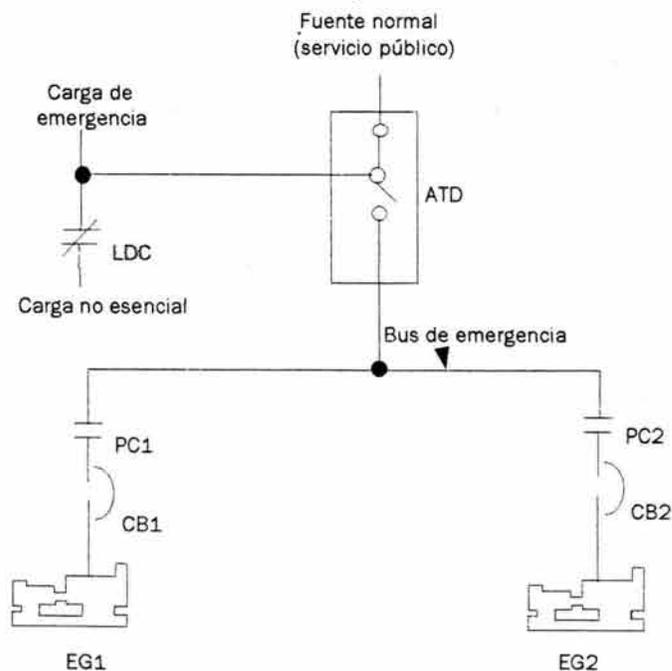


Figura no. 6. Conjunto de dos motores-generadores operando en paralelo.

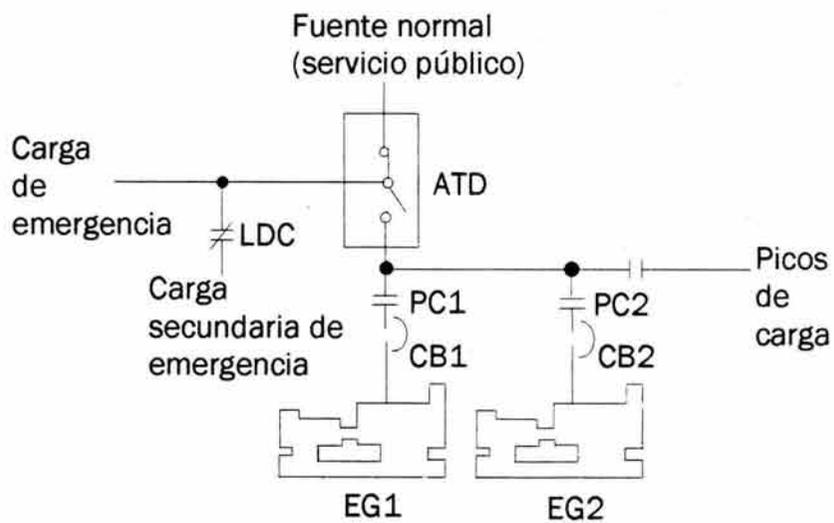


Figura 7. Sistema de control de energía para picos de carga.

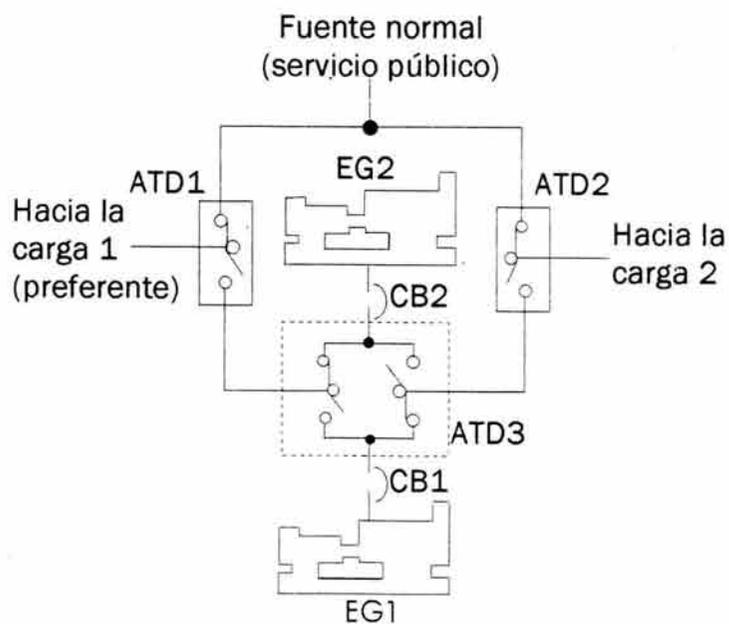


Figura 8. Sistema de tres fuentes con selector de carga prioritaria.

Para los esquemas anteriormente mostrados, se presentan las abreviaturas utilizadas:

- ATD = Dispositivo de transferencia automática ( Interruptor automático de transferencia o disyuntor de circuito operado eléctricamente).
- CB = Disyuntor de circuito (breaker)
- EG = Conjunto de generador impulsado por motor
- LDC = Contactor de transferencia de carga, eléctricamente operado, mecánicamente mantenido.
- PC = Contactor paralelo.

Una consideración muy importante en la selección de unidades pequeñas ante unidades grandes es el servicio al cual tienen que ser sujetas. Las unidades pequeñas son casi todas muy rápidas ( 1800 R.P.M.) para conjuntos impulsados por motor, y si estas unidades prestan servicio por largos periodos de tiempo, el motor debe ser evaluado muy detenidamente. Obsérvese el contenido de la tabla no. 1 para observar la comparación entre la potencia primaria y los rangos de soporte en varios tipos de máquinas.

Las unidades pueden ser operadas para los rangos de energía de emergencia para el intervalo de tiempo que dure fuera de servicio la línea comercial, pero no puede ser usada para rangos de operación continuos. Los generadores de respaldo son usados frecuentemente operando a niveles altos de salida y a elevadas temperaturas más que para uso continuo.

## **2. Sistemas típicos motor generador.**

En los diagramas que se mencionan a continuación se muestran circuitos de interrupción para cada conjunto de generadores. En el artículo 445 de la NEC, se permite un número de formas de protección para generadores incluyendo la protección inherente. Ahora bien, un circuito disyuntor (breaker) u otra forma de protección contra sobrecorrientes puede o no ser utilizada.

La figura no. 6 presenta el primer tipo de Sistema de emergencia constituido por un conjunto de 2 motores-generadores, que como es posible observar, la generación de energía eléctrica de emergencia la llevan a cabo dos generadores impulsados por motor, que se encuentran operando en paralelo. El sistema cuenta con un dispositivo de transferencia automática, que es el encargado de hacer la conmutación entre la fuente de alimentación principal y la fuente de alimentación de emergencia, con objeto de asegurar la continuidad del servicio ante condiciones de falla en el suministro de energía de la fuente primaria.

El primer generador llega a operar a un voltaje y frecuencia haciendo actuar al circuito de abatimiento de carga y causar que el remanente de carga sea transferido hacia este generador. Cuando el segundo generador está en sincronía, puede ser puesto en paralelo con el primero. Después de que los dos generadores son puestos en paralelo, todas o parte de las cargas abatidas son reconectadas si la capacidad de respaldo es la adecuada.

Si un generador falla, es recomendable desconectarlo de inmediato. Una parte proporcional de la carga es abatida para reducir la carga hacia donde el generador remanente pueda manejarlo. Cuando el generador falla es desconectado, y la carga abatida es reconectada. Cuando la fuente normal es restaurada, la carga es retransferida y los generadores son automáticamente desconectados y apagados.

Con el sistema mostrado en la figura 7, el conjunto de generadores de respaldo que no está siendo utilizado, puede llevar a cabo una segunda función, ayudando a suministrar energía para picos de carga. Dependiendo de los requerimientos de carga, este sistema arranca una unidad o más para los picos de carga mientras la energía comercial (proveniente de la compañía suministradora) abastece a los circuitos de emergencia. Cuando el segundo generador está en sincronía, este puede ser puesto en paralelo automáticamente con el primero. Si la energía comercial falla, los picos de carga son automáticamente desconectados y la energía de los generadores trasladada hacia las cargas de emergencia a través del interruptor de transferencia.

El uso de generadores de respaldo para satisfacer picos de carga pueden incrementar su uso y consecuentemente acortar el tiempo total entre revisiones para mantenimiento. Con un programa de mantenimiento adecuado, la confiabilidad del sistema no se merma.

La figura no. 8 muestra un Sistema de energía de emergencia (Standby) donde hay una carga de emergencia distribuida con una carga siendo más crítica que la otra.

Cuando la fuente primaria (es decir, la proveniente de la compañía suministradora) falla, ambos generadores arrancan. Si la carga 1 es la carga preferente, el generador alcanza su velocidad de operación y es puesto sobre la línea por el dispositivo automático de transferencia 3 para alimentar a la carga 1 a través del transfer 1. Cuando el otro generador alcanza su velocidad de operación, éste entonces alimenta a la carga 2. Si el generador que está alimentando a la carga 1 falla en cualquier momento, el otro generador puede ser transferido de la carga 2 y absorber la carga 1. Cuando la energía comercial es restaurada, ambas cargas son retransferidas hacia dicha fuente y los generadores son apagados.

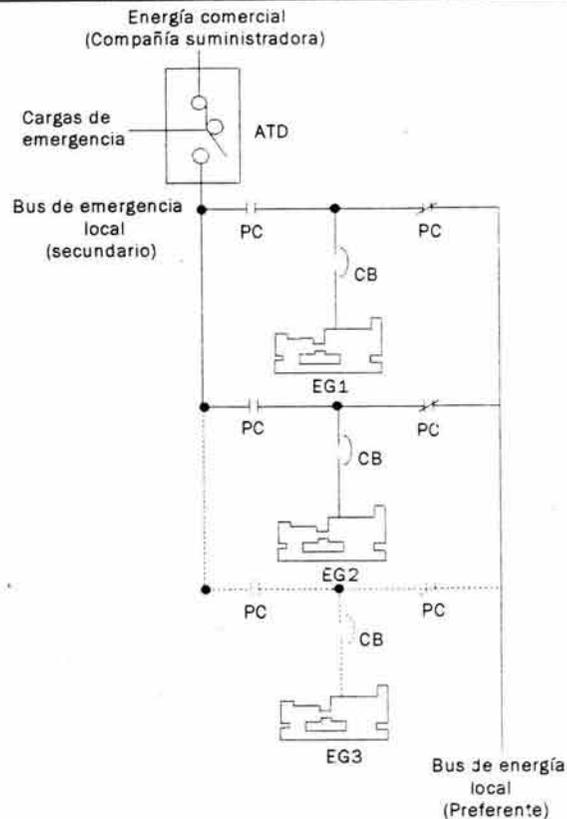


Figura no. 9.

Combinación de energía local y Sistema de transferencia de emergencia.

El sistema mostrado en la figura 9 provee una conmutación y control de la energía proveniente del servicio público y la energía local. Dos buses se encuentran con la finalidad de que:

- 1) Un bus de energía local (preferente) alimente de forma continua a computadoras u otras cargas esenciales.
- 2) Un bus de emergencia (secundario) alimentado por un generador local de energía abastezca a las cargas de emergencia a través de un dispositivo automático de transferencia si el suministro de energía pública falla.

En operación normal, uno de los generadores es seleccionado para alimentar de forma continua energía hacia el bus preferente (en la figura 9, es el EG1). La sincronización semiautomática simplificada y los controles de conexión en paralelo permiten a cualquiera de los generadores que no están operando ser arrancados y conectados en paralelo con el generador que está en operación para cambiar los generadores sin interrupción en la carga.

Circuitos de anticipación de fallas por baja presión de combustible y altas temperaturas permiten transferir cargas hacia un nuevo generador sin interrupción en la carga. Sin embargo,

si el generador entra en un modo de falla crítica, la transferencia hacia un nuevo generador es realizada automáticamente con interrupción en la carga.

Muchas cargas, tales como iluminación, alarmas para incendio, calentadores y sistemas de aire acondicionado son alimentadas por el servicio de suministro público a través del dispositivo de transferencia. Si el suministro público falla, los motores que no están operando son automáticamente arrancados y abastecen estas cargas a través del dispositivo automático de transferencia.

La figura siguiente es similar a la figura 7, en donde el conjunto de los generadores de respaldo que no están operando pueden llevar a cabo una segunda función ayudando a suministrar energía para los picos de carga. Dependiendo de los requerimientos de la carga, este sistema arranca uno o ambos generadores para alimentar a los picos de carga por conmutación del elemento ATD2, mientras el servicio de suministro eléctrico público continua alimentando las cargas principales y de emergencia. El segundo generador es conectado automáticamente en paralelo con el primero.

Si el servicio de suministro público de energía eléctrica falla, las cargas importantes y de emergencia son automáticamente transferidas hacia los generadores de emergencia. Dependiendo de la capacidad del generador, el pico de carga puede ser transferido al generador de la izquierda, o bien, CB5 puede ser abierto en la operación de emergencia.

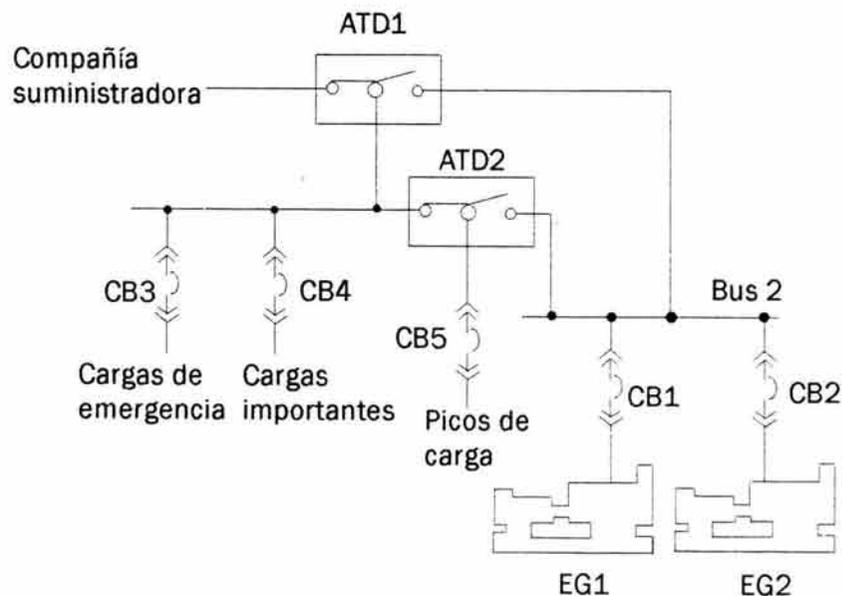


Figura no.10 Sistema de reserva de doble motor generador.

### 3. Sistemas batería / inversor.

La energía en corriente continua y libre de disturbios está siendo requerida para un creciente número de aplicaciones en cargas críticas. El primer ejemplo de esta necesidad es equipo electrónico altamente sensible utilizado para procesamiento de datos, equipo médico, comunicación y funciones de control.

Combinando la capacidad de almacenamiento de energía con la tecnología de los inversores de estado sólido se provee de un sistema de energía de AC confiable y de alta calidad. Debido a la capacidad para operar continuamente "en línea", se puede permitir el no interrumpir la energía cuando la fuente primaria de energía falla, estos sistemas tienen que ser diseñados como fuentes de energía ininterrumpibles (UPS).

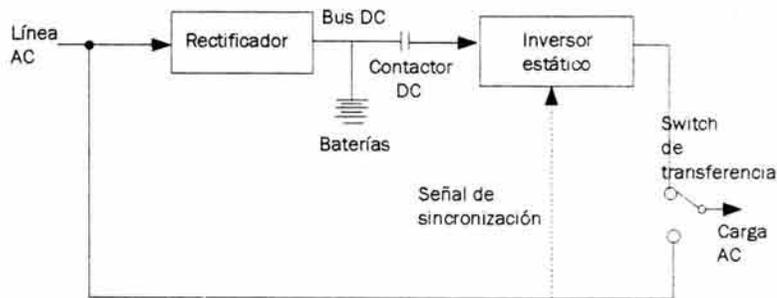


Fig. no. 11 Sistema de respaldo de corte – interrupción.

La figura no.11 muestra una sistema relevador de transferencia para alimentar de una fuente de energía de emergencia hacia una carga ante la pérdida de la fuente principal. La energía hacia la carga puede ser interrumpida dependiendo del tipo y dimensiones del contactor y del interruptor de transferencia.

En la figura no.11, la pérdida de voltaje sobre la línea de AC causará el cierre del contactor DC suministrando energía de la batería hacia el inversor. Al mismo tiempo, el interruptor de transferencia opera al transferir la carga hacia el inversor. Este sistema es adecuado para iluminación, circuitos de señal, sistemas de radio y otras cargas que soportan una breve interrupción del suministro eléctrico.

---

#### **4. Sistemas motor –generador y U.P.S. rotatorios.**

Los motores- generadores son sistemas de energía que utilizan generadores rotatorios de AC para producir una energía de salida útil. Si se añaden baterías para permitir que el sistema continúe bajo operación sin la presencia de energía eléctrica comercial, entonces el sistema se convierte en una fuente ininterrumpible de energía (UPS).

Los motores generadores utilizan motores de AC o DC para impulsar a los generadores de AC. Estos utilizan su inercia rotativa para generar voltajes de entrada, abatimientos, o actuar ante pérdidas totales por periodos arriba de las 500 milésimas de segundo (500 ms). Cuando un rodado libre es añadido, el tiempo de generación por el rodaje de la masa inercial del generador puede ser de varios segundos.

Para protección contra pérdidas de energía de gran duración de más de 0.5 segundos, baterías u otros dispositivos de almacenamiento de energía deben ser agregados. La conversión de la energía de una batería a energía rotativa es conseguida por una de dos maneras:

- 1) por el uso de un motor de DC
- 2) por el uso de un inversor DC-AC de estado sólido alimentado por un motor de AC.

Con objeto de eliminar las baterías, un sistema utiliza un generador diesel y un motor generador de rodamiento libre.

El generador AC es un elemento versátil, con una variedad de modos para ser impulsado, esto sin interrupción. Los generadores AC tienen bajo contenido de armónicas y distorsión. Son capaces de operar de forma confiable a altas temperaturas y bajo severas condiciones de sobrecarga. Éstos tienen una historia comprobada de alta confiabilidad y fallas predecibles. Los cojinetes pueden ser probados a intervalos periódicos para detectar deterioro y permitir su reemplazo.

Tres tipos de motores pueden ser usados para impulsar al generador de AC. Éstos son AC de inducción (asíncrono), AC síncrono y motores DC.

Los motores de inducción ofrecen los más bajos costos por caballo de fuerza. Los motores de inducción trifásicos son los más comunes. La salida en revoluciones por minuto es menor que para un motor AC síncrono debido al deslizamiento. El torque se incrementa conforme se incrementa el deslizamiento hasta el momento de paro del rotor. Un bajo deslizamiento del orden de 0.4 a 0.7% en motores es recomendado y disponible en tamaños hasta los 100 hp. Estos motores tienen que ser diseñados para optimizar el deslizamiento,

factor de potencia, eficiencia y corriente de arranque (inrush). Un deslizamiento típico de entre 0.4 a 0.7% resulta en una salida de 1790 revoluciones por minuto bajo plena carga para un motor que puede alcanzar una velocidad de 1800 revoluciones por minuto. Los motores de bajo deslizamiento son algunas veces contruidos usando motores sobredimensionados. Estos motores pueden tener una eficiencia reducida.

Los motores síncronos mantienen una velocidad constante en el eje del rotor independiente de la carga y del voltaje de entrada. Éstos mantienen bloqueada la frecuencia de entrada hasta eliminar el torque. Sus eficiencias son típicamente mayores en varios porcentajes alta que con el motor de inducción.

Los motores síncronos tienen limitado el torque a velocidades que son substancialmente menores que las revoluciones por minuto síncronas. Por esta razón, estos motores son usualmente arrancados bajo condiciones sin carga y son operados para velocidades cuando la carga es aplicada. Los motores síncronos ofrecen corrección del factor de potencia como una ventaja en algunas aplicaciones.

Los motores de DC ofrecen la capacidad para regular de forma precisa la frecuencia de salida. La velocidad de un motor de DC puede ser variada por el cambio del campo de excitación. Para aplicaciones con computadoras con una tolerancia estrecha en la frecuencia, un regulador de frecuencia es utilizado para ajustar el campo de excitación como voltaje de entrada y variar la carga. Los motores de DC tienen escobillas que por el uso se tiene la necesidad de reemplazar. Si las escobillas son regularmente mantenidas, los sistemas DC tienen la misma esperanza de vida que un motor síncrono o de inducción.

## **5. Sistema inversor/ motor generador fuera de línea (off-line)**

Este tipo de sistemas de alimentación ininterrumpida U.P.S. mostrado en la figura no 12, substituyen al inversor de AC de estado sólido para un motor en DC. El conjunto motor-generador de AC mantiene un estado de continuidad en la línea de alimentación de energía condicionada, aunque los circuitos de DC e inversores fallen. Normalmente el inversor está apagado. Para aprovechar las pérdidas de energía, el inversor es habilitado y convierte la energía almacenada en la batería en AC para impulsar al conjunto motor- generador.

Las ventajas de este tipo de sistema incluyen:

- 1) El condicionamiento de la línea de energía de alimentación y el aislamiento son mantenidos a pesar de fallas en los circuitos de DC.

- 2) La eficiencia es alta, debido a que el inversor está normalmente apagado.

Las desventajas incluyen:

- 1) Un inversor puede no ser tan confiable como un motor de DC.
- 2) Un inversor requiere personal calificado y capacitado para su mantenimiento y reparación.
- 3) La falla en un inversor puede no ser detectada hasta que se le utilice.

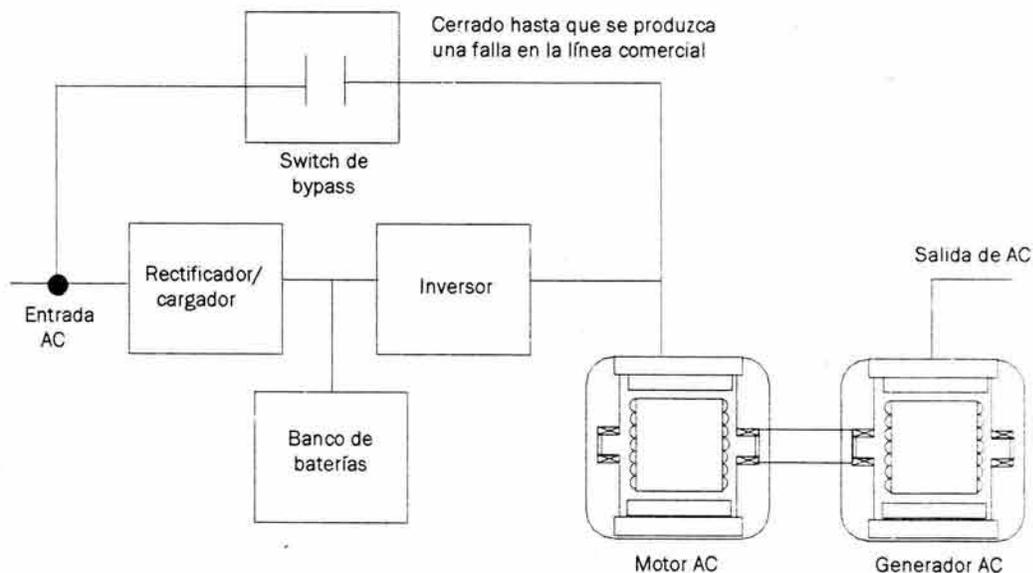


Fig. no. 12 Sistema inversor/ motor- generador con línea suspendida (off-line)

## 6. Sistema inversor/ motor- generador en línea (on- line)

Este tipo de U.P.S., llamado U.P.S. híbrido, mostrado en la figura no.13, difiere del sistema fuera de línea (off- line) en que el rectificador y el inversor están operando siempre. El inversor es eléctricamente desviado en caso de falla.

De entre las ventajas de este tipo de sistema se incluyen:

- a) Una falla en el inversor o en el rectificador no afecta la condición de la energía.

La desventaja es:

- 1) Un inversor no es tan confiable como un motor de DC.

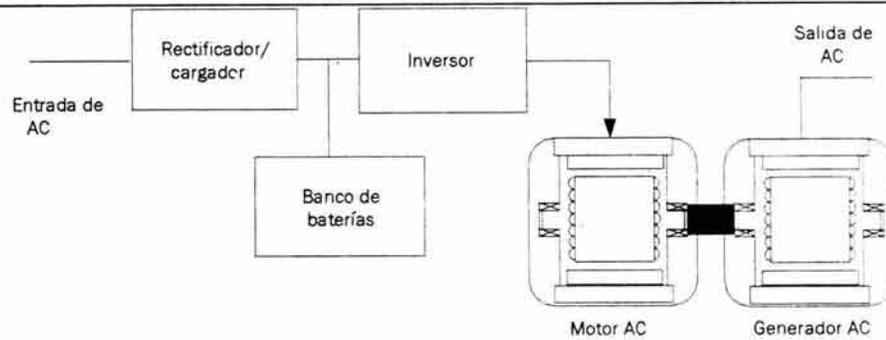


Fig. no. 13 Sistema inversor/ motor-generador en línea (on-line).

## 7. Sistema máquina/ motor-generador

Este sistema, mostrado en la figura no.14, consiste de una máquina de combustión interna, un embrague mecánico o magnético, una masa inercial libre horizontal, un generador AC y un motor AC ( con equipo de control y transferencia agregado). En operación normal la entrada de línea comercial hacia el motor de AC impulsa a la masa inercial libre (flywheel) y al generador AC., los cuales en su momento suministran energía hacia la carga. La masa inercial libre almacena energía cinética.

Cuando ocurre una interrupción en la línea comercial, la masa inercial libre impulsa al generador AC y arranca a la máquina a través del embrague. La máquina entonces impulsa al generador AC, el cual continúa suministrando energía hacia la carga sin interrupción. Con una apropiada selección de los componentes para minimizar los tiempos de sobre arranque y sobre carrera de la máquina diesel, la variación de frecuencia debe ser mantenida para un rango aproximadamente de entre 1.5 a 2 Hz. sin pagar las consecuencias. Ahora bien, con una frecuencia en estado estable de 60.00 Hz., el transitorio de frecuencia puede ser de entre 58 a 58.5 Hz. El tiempo para que el diesel alimente al motor, se alcance la velocidad nominal y tome la carga es normalmente menor a 2 ó 3 segundos.

Dentro de las ventajas se incluyen:

- 1) El tiempo de operación después de la pérdida de energía comercial está limitado solo por el abasto de combustible.
- 2) Ofrece excelente capacidad de sobrecarga y cortó circuito.
- 3) El mantenimiento y la reparación no requiere personal especialmente calificado.
- 4) El sistema tiene modos de falla predecibles
- 5) No existe banco de baterías que mantener

Las desventajas que presenta este sistema son:

- 1) El embrague mecánico sufre uso y desgaste durante cada arranque y requiere un costoso y frecuente mantenimiento.
- 2) El cigüeñal de la máquina experimenta altas cargas axiales que requieren de un diseño especial; mantenimiento y reemplazo de partes costosas.
- 3) Una máquina- generador adicional puede ser necesitada para alimentar el aire acondicionado, iluminación y otras cargas similares si se desea una operación de largo plazo.

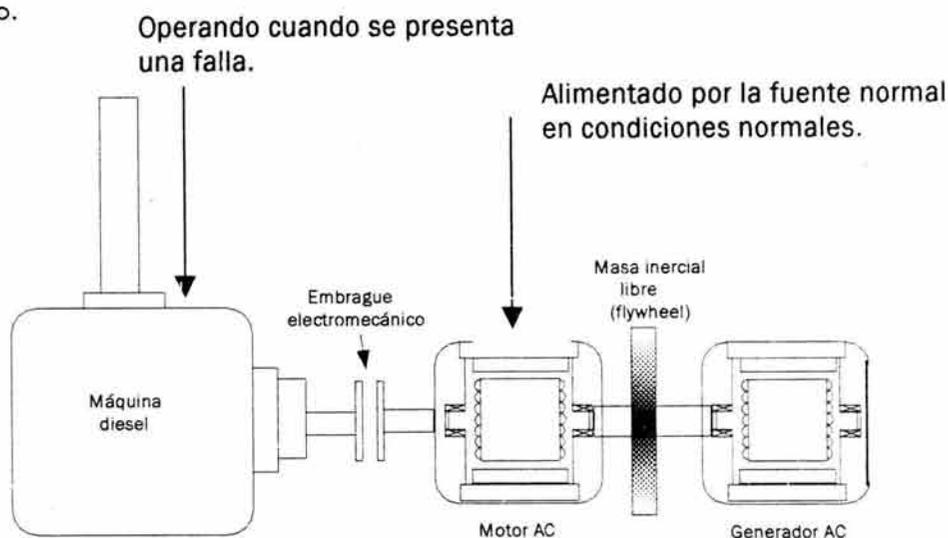


Fig. no. 14. Sistema máquina/ motor- generador.

## **8. Sistema máquina-generador/ motor-generador.**

Este sistema consiste de un conjunto motor- generador con una masa inercial libre y un conjunto máquina- generador, como se muestra en la figura 15. En operación normal la entrada de energía comercial es por el grupo motor- generador, el cual en su momento alimenta a la carga. La masa inercial libre almacena energía cinética.

Cuando ocurre una interrupción en el suministro de energía, la energía de la masa inercial libre mantiene la velocidad del grupo motor- generador. Un interruptor de transferencia desconecta la línea de energía comercial del motor- generador y conecta la salida de la máquina- generador hacia el motor- generador. Simultáneamente, la máquina es accionada. Como esta velocidad incrementa, la salida de voltaje aumenta, excitando del motor- generador

al motor para actuar momentáneamente como un generador, auxiliando a la máquina a alcanzar completamente su velocidad nominal en revoluciones/ minuto.

Los grupos máquina- generador en rangos debajo de los 100 kW deben tener la característica de poder acelerar a máxima velocidad en 2 segundos. El generador de respaldo tendrá suficiente energía extra para alimentar a cargas tales como lámparas y aire acondicionado.

Dentro de las ventajas de este tipo de sistema, se incluyen:

- 1) El costo es hasta cierto punto menor que para ambos, la batería de respaldo U.P.S. y las máquinas- generadores.
- 2) El tiempo de operación durante una interrupción del suministro eléctrico es limitado solamente por el suministro de combustible.
- 3) Ofrecen una excelente capacidad de sobre carga y corto circuito.
- 4) La transferencia de la energía para impulsar el arranque de la máquina de combustión interna es efectuada tranquilamente con la acción electromagnética, evitando el embrague y las fuerzas destructivas en el cigüeñal de la máquina.
- 5) La instalación, servicio, reparación y mantenimiento no requiere personal especialmente calificado.

La desventaja que presenta este tipo de sistema es:

- 1) La frecuencia es siempre debajo de los 60 Hz. a partir de que un motor de inducción es utilizado.

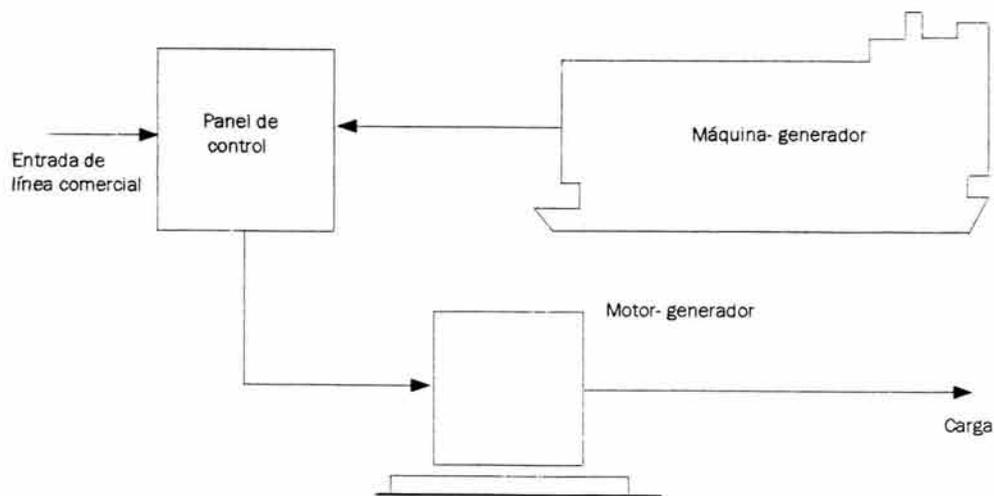


Fig. no. 15 Sistema máquina- generador/ motor- generador

### **9. Sistemas en paralelo.**

Muchos de los sistemas descritos anteriormente pueden ser conectados en paralelo para una adicional salida de energía. En muchos casos, son añadidos algunos circuitos que son necesarios para monitorear y ajustar el ángulo de fase de cada voltaje de salida de los generadores AC, para asegurar que estarán sincronizados en el momento de la transferencia. Una excepción es el caso de los motores síncronos de AC y los generadores operando sobre la línea comercial. Estos grupos de motores- generadores son siempre mantenidos en sincronía. Sin embargo, si dos grupos motor- generador síncronos son respaldados por baterías de corriente directa y motor, los circuitos de control se necesitan mantener en sincronía durante la operación en DC. Una vez conectados ambos, los generadores AC síncronos podrían permanecer en sincronía.

### **10. Sistemas redundantes.**

Muchos de los sistemas descritos en este capítulo pueden ser conectados para crear salidas redundantes. Esto puede ser logrado por la operación en paralelo a menos de la mitad de la energía por sistema, o por conexión a través de un circuito de monitoreo e interrupción.

Los grupos motor de inducción- generador son más difíciles de implementar en paralelo que los grupos síncronos debido al constante deslizamiento del motor de inducción. Con una unidad cargada, la otra unidad que es puesta en línea debe ser cargada con un banco externo de carga hasta que la salida de los dos generadores estén en fase. Solo entonces pueden ser las salidas conectadas hacia cada una de las otras para alimentar a la carga en paralelo.

---

## **Capítulo 3**

Aclaraciones técnicas  
sobre generación y  
transferencia.

---

**SE** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

### **Capítulo 3.** **Aclaraciones técnicas sobre generación y transferencia.**

#### **3.1 Rangos de operación del grupo motor- generador.**

En algunos edificios la máxima carga continua de un generador debe ser la carga total cuando todos los equipos en el inmueble están operando. Para otros, esto puede ser más práctico y económico al seleccionar un circuito o varios circuitos de emergencia al que se les abastezca solo ciertas cargas esenciales tales como iluminación y algunos equipos, y quizá solamente un elevador pueda ser operado cuando la carga esté en el generador de respaldo.

#### **3.2 Consideraciones en el arranque del motor.**

Si la caída de voltaje máxima momentánea que es aceptable en el circuito es conocida, es posible seleccionar el tamaño de la máquina impulsora del generador que debe ser capaz de arrancar dado el tamaño del motor no excediendo en la caída de voltaje. Si es posible que dos motores puedan arrancar juntos, la suma de sus rangos en caballos de fuerza debería ser usada como una base para estimar los requerimientos de arranque del motor o proveer los controles para el arranque por separado.

Las máquinas impulsoras de generadores deben ser dimensionadas para manejar la carga continua en kilowatts a ser suministrada hacia la carga además de los requisitos de arranque del motor y las pérdidas del generador para el número de kilowatts seleccionado.

En dimensiones, la máquina- generador para el arranque del motor, los rangos a rotor bloqueado o el nivel de inrush en kilovolt- ampere de los motores deberán ser considerados. Los datos del fabricante pueden usualmente ser obtenidos, teniendo el rango máximo en kilovolts- amperes de la máquina generador, así como sus rangos continuos. El nivel máximo puede ser el máximo número de kilovolts- ampere de corta duración disponibles para el ciclo de arranque de un motor sin exceder una caída de voltaje especificada. La carga en el arranque de un motor tiene muy bajo factor de potencia, éste deberá ser considerado en el cálculo de las caídas de voltaje. Otra consideración importante es el efecto de la caída de voltaje del generador sobre el torque de arranque del motor. El torque de arranque es proporcional a la entrada hacia el motor en kilovolts- ampere, pero a partir de una caída de

voltaje del 70% del nivel, resulta una reducción de potencia de aproximadamente 50% del número de kilovolts- ampere dentro la caída de la velocidad del rotor, más allá de la velocidad mínima, y por consiguiente, un 50% de reducción del torque del arranque del motor, los problemas pueden resultar en el arranque de motores bajo carga, a menos que este factor sea tomado en consideración.

Los fabricantes del grupo generador están dispuestos a proveer una guía para el cálculo de los efectos de arranque del motor. La regla general de 0.5 hp/ kW es frecuentemente usada; sin embargo, la decisión final debe estar basada sobre los datos del propio fabricante. Cuando los kilovolts- ampere o kilowatts del proceso de arranque del motor exceden el rango de valores del grupo generador, los efectos del voltaje resultante y las desviaciones de frecuencia sobre otros equipos más que el motor en arranque deben ser evaluados (esto es, arrancadores de motor, relevadores, computadoras, equipo de comunicaciones, etcétera).

Los generadores son usualmente dimensionados para una demanda continua en kilovolt- ampere. Deberán ser inusualmente sujetos a altas cargas de inercia para inicializar sin los beneficios de arranque a voltaje reducido, o si la regulación del voltaje y la frecuencia son otros, tales que las especificadas no pueden ser toleradas durante el periodo de arranque, entonces una mayor capacidad del generador pudiera ser requerida.

### **3.3 Consideraciones de transitorios en la carga.**

Un regulador de voltaje con suficiente respuesta es requerido para minimizar variaciones de voltaje o picos después de los transitorios de la carga. El grupo motor generador debe tener la suficiente capacidad y un diseño capaz de minimizar los efectos de los transitorios de la carga. Muchas aplicaciones industriales pueden tolerar grandes variaciones de voltaje, dichas variaciones se encuentran por debajo del orden del 80% inclusive, en algunos casos especiales se acepta hasta un 65%, dichas variaciones pueden ser lo suficientemente amplias y no deberán afectar la operación de los contactores del motor, así como a los interruptores automáticos del sistema. Sin embargo, sistemas de cómputo y controles de estado sólido pudieran verse afectados.

### **3.4 Sistemas manuales.**

El servicio de reserva controlado de forma manual es el arreglo más sencillo y barato en costo y puede ser apropiado donde se cuenta con personal encargado en todo momento y donde el arranque automático y la transferencia de la carga no es un requerimiento crítico.

### **3.5 Sistemas automáticos.**

A fin de que los generadores impulsados por máquinas provean energía automática de emergencia, el sistema deberá además incluir controles de arranque automático de motores, cargador automático de baterías, y un dispositivo automático de transferencia.

En algunas aplicaciones, la fuente de suministro comercial es la fuente normal y el grupo motor- generador provee energía de emergencia cuando la energía de la compañía suministradora es interrumpido o sus características son insatisfactorias.

La energía proveniente de la compañía suministradora es monitoreada y el arranque de la máquina es automáticamente ordenado una vez presentada una falla o una severa reducción de voltaje o frecuencia en la fuente normal (compañía suministradora). La carga es automáticamente transferida tan pronto como el generador de respaldo se estabiliza para un rango de voltaje y velocidad. Una vez restaurada la alimentación normal, el dispositivo de transferencia automáticamente retransfiere la carga e inicia el apagado del motor.

### **3.6 Gobernadores y regulación.**

Los gobernadores son de dos tipos, de caída (droop) e isócrono. Con un gobernador del tipo caída, la velocidad del motor es ligeramente más alta para cargas ligeras que para cargas pesadas, mientras que en el caso de un gobernador isócrono, éste mantiene la misma velocidad estable para cualquier carga hasta carga plena. Se define el concepto:

$$\text{Regulación de velocidad} = \frac{\text{Velocidad sin carga (R.P.M)} - \text{Velocidad a carga plena (R.P.M)}}{\text{Velocidad a carga plena (R.P.M)}}$$

Una regulación de velocidad típica para generadores del tipo caída (droop) es del 3%. De esta manera si la velocidad y la frecuencia para carga plena son 1800 R.P.M. y 60 Hz, para

el caso en el cual no hay carga se tendrá 1854 R.P.M. y 61.8 Hz. Un gobernador del tipo caída usualmente es establecido para que se mantenga a una velocidad nominal deseada para carga plena.

Bajo carga estable, la frecuencia tiende a variar ligeramente hacia arriba y hacia abajo de la frecuencia normal asignada al gobernador. La extensión de esta variación es una medida de la estabilidad del gobernador. Un gobernador isócrono puede mantener la regulación de frecuencia dentro de  $\pm 1/4\%$ .

Cuando carga es adicionada o removida, la velocidad y la frecuencia desciende o asciende momentáneamente, usualmente 1 a 3 segundos, antes de que el gobernador provoque que el motor se ajuste a una velocidad estable para la nueva carga. Para generadores operando en paralelo con una fuente primaria de energía, el gobernador puede ser posicionado al interruptor automáticamente desde el modo caída hasta el isócrono en pérdidas de la fuente primaria.

### **3.7 Métodos de arranque.**

Varios grupos motor- generador utilizan un motor eléctrico accionado por baterías para arrancar a la máquina. Un sistema neumático o hidráulico normalmente es utilizado sobre grandes unidades donde el arranque con baterías es impráctico.

### **3.8 Ventajas y desventajas de los generadores impulsados por diesel.**

En la evaluación de los méritos de un motor diesel contra las turbinas de gas, las siguientes ventajas y desventajas deberán ser consideradas:

- 1) Alimentación de combustible. Las turbinas de gas y los motores diesel pueden generalmente quemar el mismo combustible (keroseno por medio de diesel #2).
- 2) Arranque. Donde la aplicación requiera la admisión del 100% de la carga en 10 segundos, los grupos de generadores diesel deben ser de tal forma que se puedan conocer estos requerimientos. Varios grupos de generadores de turbina de gas requieren mas de 30 segundos.
- 3) Ruido. La turbina de gas opera en silencio y tiene menor vibración que el motor diesel.

- 4) Rangos. La turbina de gas no está disponible en capacidades menores a 500 kW, mientras que las unidades con motor diesel se encuentran desde los 15 kW o menores.
- 5) Refrigeración. Los motores diesel en grandes dimensiones normalmente necesitan agua para enfriamiento, mientras que las turbinas de gas son normalmente enfriadas por aire.
- 6) Instalación. Las turbinas de gas son considerablemente más ligeras y pequeñas en dimensiones. Las turbinas además requieren una menor cantidad de aire de enfriamiento y combustión, produciendo el mínimo de vibraciones. Los costos de instalación son normalmente menores y en varias aplicaciones es más viable.
- 7) Costos. Primero, el costo por diesel es menor que en las turbinas de gas, pero sobre todo el costo de todo lo instalado algunas veces llega a ser comparable debido a los bajos costos de instalación de las turbinas de gas.
- 8) Operación. Los requerimientos cíclicos de operación bajo carga son más rígidos para las unidades diesel que para las turbinas de gas.
- 9) Mantenimiento. La turbina de gas es una máquina más simple que un motor diesel. Sin embargo, el servicio de reparación de un motor diesel es mayormente posible que para una turbina de gas.
- 10) Eficiencia. El motor diesel opera de una forma más eficiente que una turbina de gas bajo plena carga. Sin embargo, los requerimientos de operación reducida para la turbina de gas normalmente hace a la turbina un consumidor bajo de combustible en aplicaciones de reserva.
- 11) Respuesta en frecuencia. El generador de turbina de gas es superior en transitorios de respuesta en frecuencia a plena carga.

Para información adicional sobre especificaciones de motores generadores refiérase a EGSA 101P-1985.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> EGSA 101P-1985, Engine Driven Generator Set Performance Standard.

## **Dispositivos automáticos de transferencia (TRANSFER)**

### **3.9. Introducción.**

El equipo de transferencia para uso con conjuntos máquina- generador es similar al utilizado con sistemas de servicios múltiples, excepto por la adición de contactos auxiliares que se cierran cuando la fuente normal es interrumpida.

Estos contactos auxiliares inician el arranque y el paro de las máquinas impulsoras del generador. El dispositivo automático de transferencia puede también incluir accesorios para maniobras automáticas del grupo máquina- generador y un tiempo de funcionamiento de 5 minutos sin carga antes de apagarse.

En la figura 1 se muestra un interruptor de transferencia automática entre dos fuentes alimentación de bajo voltaje. La fuente número 1 es la línea normal de energía y la fuente 2 es una fuente de alimentación separada proveyendo energía de emergencia. Ambos disyuntores de los circuitos están normalmente cerrados. La carga debe ser capaz de tolerar unos pocos ciclos de interrupción mientras opera el dispositivo automático de transferencia.

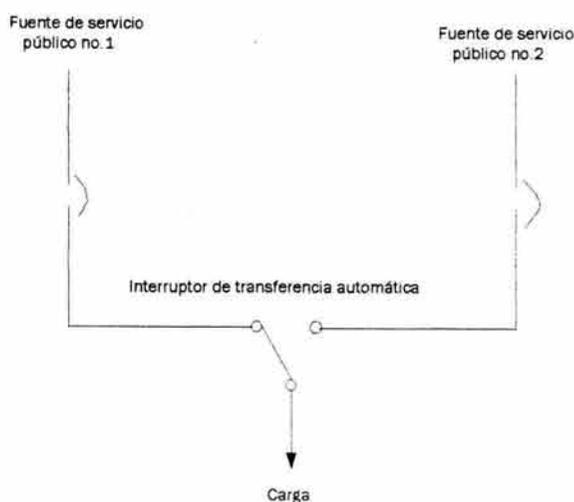


Figura no. 1. Sistema de dos fuentes de suministro utilizando un switch de transferencia automática.

### **3.10. Transición de cierre del transfer.**

Si la compañía suministradora permite que dos fuentes de alimentación sean conectadas momentáneamente juntas, el dispositivo de transferencia puede ser provisto con controles para abrir ambas fuentes (la fuente normal abierta antes de que la alimentación de emergencia sea cerrada) y hacer la transición cerrada (la alimentación de emergencia cerrada antes de que la alimentación normal sea abierta).

Con la transición cerrada, la compañía suministradora puede notificar al cliente la transferencia hacia la fuente de emergencia, para tomar la alimentación normal como fuera de servicio por mantenimiento y reparación sin la interrupción momentánea, esto ocurre con la transición de apertura. La transición cerrada requiere que las fuentes sean sincronizadas con su propio ángulo y secuencia de fase.

### **3.11. Separación de los servicios de la compañía suministradora.**

El uso de múltiples servicios de utilidad pública es económicamente viable cuando los servicios de utilidad pública locales tienen la capacidad de proveer dos o más conexiones de servicio sobre líneas separadas y desde puntos de alimentación separados, además, estos deberán de ser capaces de no ser afectados por disturbios en el sistema, tormentas u otros conflictos. Esto tiene la ventaja de una relativa transferencia rápida de no más de 5 a 15 segundos de retardo como en el caso del arranque de un grupo máquina- generador de respaldo. Una alimentación de servicio público separada para una emergencia puede no ser confiable a menos que las pérdidas totales de energía puedan ser toleradas en raras ocasiones. Por lo demás, el uso de grupos máquina- generador es recomendado. También, en algunas instalaciones como hospitales, las normas requieren generadores en el lugar (on site).

Una alarma de no potencial puede ser instalada en la alimentación de emergencia para que la compañía suministradora pueda ser notificada y tome las debidas precauciones si la alimentación de emergencia se pierde.

---

### **3.12. Esquemas simples de transferencia automática.**

Los equipos de conmutación automática pueden consistir de tres circuitos disyuntores con un control adecuado e interlocks, como se muestra en la figura 2.

Los disyuntores de circuito son generalmente usados para una conmutación primaria donde los voltajes exceden los 600 V. Estos son más caros pero protegen al operar, y el uso de fusibles para protección por sobre corriente es evitado.

La relevación es provista para transferir la carga automáticamente hacia cada fuente si una de las otras fuentes falla, de tal forma que el circuito es energizado. La empresa suministradora de servicio público puede normalmente designar cual fuente es para uso normal y cual fuente es para uso de emergencia. Si cada alimentación no es capaz de llevar la carga entera, se deben tomar ciertas previsiones para reducir cargas no críticas antes de que el transfer ocupe su lugar. Si la carga puede ser tomada desde ambos servicios, los dos circuitos disyuntores R son cerrados y la unión del circuito interruptor es abierto. Los tres circuitos de interrupción son interconectados para permitir que cualquiera de los dos sean cerrados, pero previniendo que los tres sean cerrados simultáneamente. La ventaja de este arreglo es que la salida momentánea por la transferencia, puede ocurrir solo en la carga alimentada desde el circuito que se pierde.

Sin embargo, la empresa suministradora de servicio público puede no permitir que la carga sea tomada por ambas fuentes, especialmente desde que una medición más costosa pueda ser requerida. La anulación manual del sistema de interbloqueo puede ser proporcionada con el cierre de un transfer de transición que se puede hacer si la alimentación de servicio público tiene la necesidad de tomar cada una de las líneas fuera de servicio para mantenimiento o reparación y una conexión momentánea es permitida.

Si la alimentación de servicio público no permite que la energía sea tomada de ambas fuentes, el sistema de control debe colocar al circuito disyuntor sobre la fuente normal para anularla, la conexión del circuito disyuntor es cerrada, y el circuito disyuntor de la fuente de emergencia es abierto. Si el servicio público no permite la medición dual o totalizada, las dos fuentes deberán ser conectadas juntas para proporcionar un punto común de medición y entonces conectadas hacia el centro de carga. En este caso la unión del circuito disyuntor puede ser eliminada y los dos circuitos disyuntores actuarán como un dispositivo de transferencia. Bajo estas condiciones el costo de un circuito disyuntor extra puede raramente ser justificado.

El arreglo mostrado en la figura 2 solo proporciona protección contra fallas del suministro normal de servicio público.

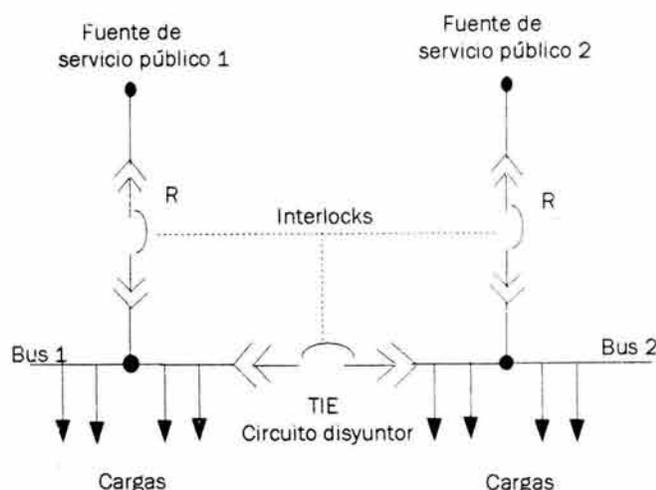


Figura no. 2. Sistema de dos fuentes donde cualquiera de los dos disyuntores de circuito puede ser cerrado.

La continuidad de la energía hacia cargas críticas también puede ser interrumpida por alguna de las siguientes condiciones:

- 1) Un circuito abierto dentro del edificio o construcción ( lado de la carga de ingreso de servicio).
- 2) Una sobrecarga o fallas por errores en un circuito
- 3) Fallas mecánicas o eléctricas del sistema de distribución de energía dentro del inmueble.

Esto puede ser deseable para ubicar el cierre de dispositivos de transferencia hacia la carga y la operación de los dispositivos de transferencia independientes de la protección de sobrecargas. Múltiples dispositivos de transferencia de bajo nivel de corriente, cada uno alimentando una parte de la carga, pueden ser usados antes que un solo dispositivo de transferencia para la carga entera.

La confiabilidad de un sistema de servicio público múltiple puede ser mejorado por la adición de un conjunto máquina-generador de respaldo capaz de alimentar las cargas más críticas. Un arreglo utilizando múltiples interruptores automáticos de transferencia es mostrado en la figura 3.

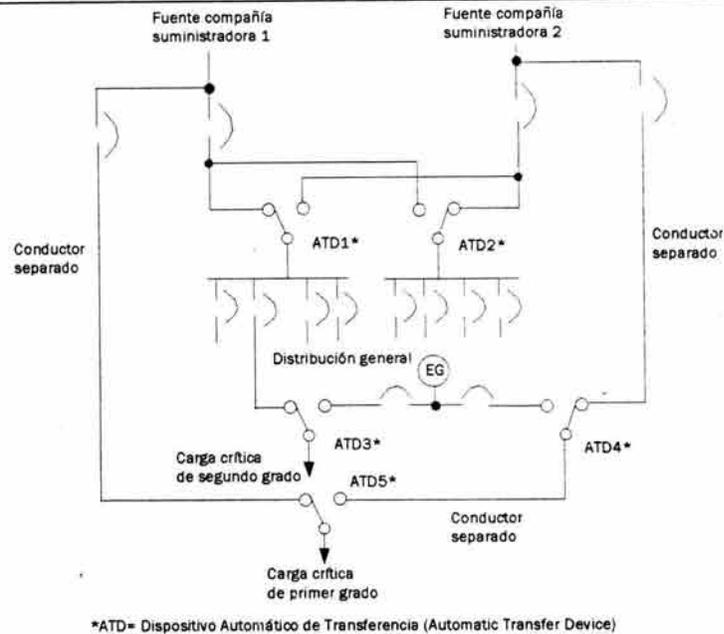


Figura no. 3

Dos fuentes provenientes de la compañía suministradora combinadas con un grupo motor generador para alimentar varios grados de energía de emergencia.

### **3.13. Protección contra sobre corriente.**

Se debe tener precaución para asegurar que el control y operación del transfer no será de ninguna manera afectado por la protección de sobre corriente y viceversa. Es más, los dispositivos de transferencia y sobre corriente deberán ser arreglados de tal forma que tengan los medios para la desconexión del servicio de entrada convencional y sean accesibles.

### **3.14. Rangos y accesorios de los dispositivos de transferencia.**

Las características requeridas de los dispositivos de transferencia incluirán las capacidades de:

- 1) Cierre contra corrientes de inrush sin contactos soldados.
- 2) Nivel de conducción plena de forma continua sin sobrecalentamiento.
- 3) Resistencia confiable para corrientes de corto circuito sin separación de contactos.
- 4) Correcta interrupción de las cargas para evitar la formación de arcos eléctricos entre las dos fuentes de suministro.

En suma, para considerar cada uno de los puntos antes presentados, es también necesario considerar el efecto que tiene cada uno de ellos sobre el otro. Una consideración particular

deberá ser tomada para realizar la coordinación entre los interruptores automáticos de transferencia y las protecciones por sobrecorriente.

Grandes corrientes de falla crean fuerzas electromagnéticas dentro de la estructura de los contactos de los disyuntores de circuito, las cuales ayudan a proporcionar una apertura rápida y por lo tanto mínimo tiempo de restablecimiento; sin embargo, los interruptores automáticos de transferencia diseñados para soportar grandes corrientes de falla utilizan estas fuerzas electromagnéticas en una manera inversa para asegurar que los contactos del interruptor automático de transferencia permanezcan cerrados hasta que la falla haya sido librada. La separación de los contactos, mientras se incrementa el nivel de la corriente de falla, resulta en la formación de un arco eléctrico, derretimiento de las superficies de contacto y posible fusión de los contactos de recierre y enfriamiento de metal fundido.

La norma ANSI /UL 1008-1983<sup>2</sup> no permite la unión de los contactos después de que el interruptor de transferencia ha sido sujeto a pruebas de resistencia de corriente, lo cual es el medio recomendado para verificar esta capacidad. Por esta razón, los dispositivos de interrupción de transferencia deben ser seleccionados para estos diseños y aprobados para el propósito.

Muchos interruptores de transferencia son capaces de conducir el 100% del nivel de corriente para una temperatura ambiente de 40°C. Sin embargo, los interruptores de transferencia incorporan dispositivos de protección por sobrecorriente que pueden ser limitados para una corriente de carga continua que no exceda el 80% del nivel de operación del interruptor. Las hojas de especificaciones del fabricante indican si el dispositivo es para el 80 o el 100% del nivel de corriente.

Los interruptores de transferencia difieren de otras formas de equipo de emergencia en que están continuamente monitoreando la fuente de la compañía suministradora y continuamente conducen corriente hacia las cargas críticas. Corrientes de falla, conmutación repetitiva de todos los tipos de carga, y condiciones adversas del medio ambiente podrían causar un aumento de temperatura o afectar la confiabilidad de la operación.

Los interruptores de transferencia más comunes son considerados para sistemas totales de transferencia y por tanto son adecuados para ciclos de operación continuos de motores, lámparas de descarga eléctrica, lámparas de filamento de tungsteno y equipo eléctrico de calefacción, con tal de que la carga de lámparas de tungsteno no exceda el 30% de la

---

<sup>2</sup> ANSI/UL 1008-1983, Safety Standard for Automatic Transfer Switches.

capacidad del interruptor. Algunos fabricantes también proporcionan interruptores de transferencia para 100% de la carga de lámparas de tungsteno. Hay casos en los cuales los interruptores son limitados para cargas específicas, tal como cargas puramente resistivas. Por esta razón, la clasificación de la carga debe ser determinada cuando se seleccionan interruptores de transferencia.

La carga de los dispositivos de transferencia se presenta en las siguientes formas:

- 1) Interruptores automáticos de transferencia disponibles en rangos de 30 a 4000 A para 600 V. Como se presenta en la figura no.4.
- 2) Disyuntores automáticos de energía, consistentes de dos o más corta circuitos de energía; estos son mecánica o eléctricamente interconectados, o ambos, situados en niveles de corriente de 600- 3000 A para 15 kV.
- 3) Interruptores manuales de transferencia (en 600V) disponibles en rangos de corriente de 30 a 200 A.
- 4) Interruptores de transferencia no automáticos disponibles en rangos de 30 a 4000 A para 600 V, manualmente controlados y eléctricamente operados.
- 5) Interruptores cerrados a presión operados manual o eléctricamente en 600 V con fusible o sin fusible de 800 a 6000 A.

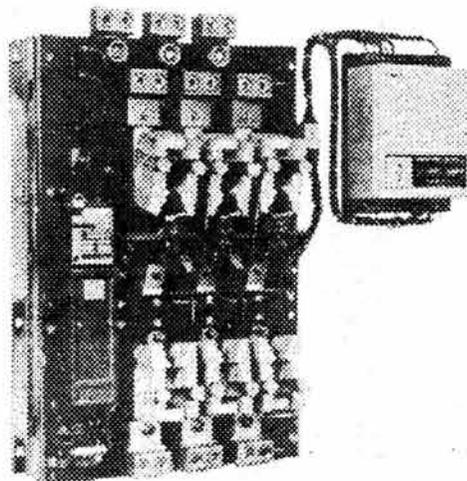


Figura no.4 Interruptor automático de transferencia tipo modular adecuado para toda clase de cargas.

Las características y accesorios dependen de la forma del dispositivo de transferencia y puede incluir lo siguiente:

- a) Monitores de voltaje que tienen selectores ajustables para separación (voltajes inaceptables) y restablecimiento (voltajes aceptables). La separación inicia la transferencia de la carga hacia la fuente alterna; el restablecimiento retransfiere la carga anterior hacia la fuente normal. El rango de separación es típicamente de entre 75 a 95% del ajuste seleccionado para el restablecimiento. El rango de ajuste de restablecimiento típico es de entre el 85 al 98% del voltaje nominal. La selección usual de muchos tipos de carga son del 85% del voltaje nominal para separación y 90% para restablecimiento. (La separación es usualmente aproximada al 95% del restablecimiento). Una baja separación (dropout) o retardo de tiempo adicional puede ser necesario si la caída de voltaje es producida por el arranque de grandes motores.
- b) Interruptor de prueba para simular una falla de energía para proporcionar una prueba periódica de la fuente de emergencia y de la operación de transferencia.
- c) Controles para la transición de cierre, si la utilización permite que las dos fuentes fueran momentáneamente enlazadas juntas y si el diseño del interruptor lo permite. Esto puede permitir la transferencia manual del alimentador normal al de emergencia, lo anterior sin la interrupción momentánea de transferencia.
- d) Provisiones para la conmutación del conductor neutro y por lo tanto, minimizar las corrientes de tierra y simplificando la sensación de falla a tierra.
- e) Controles para la transferencia de carga de motores, esto para prevenir la presencia de corrientes anormales causadas por el voltaje residual del motor que comienza fuera de fase con el voltaje de la fuente, por lo cual el motor es nuevamente transferido.
- f) Cauceería para iniciar el arranque y paro del grupo motor generador dependiendo de la disposición de la fuente normal de energía.
- g) Retardos de tiempo en el interruptor de transferencia para permitir propiamente la programación de la operación del interruptor de transferencia. Un relevador con retardo en tiempo, usualmente ajustable de 0 a 6 segundos, es utilizado para proporcionar una predisposición de interrupciones momentáneas y para iniciar el arranque del motor y la transferencia de energía si la salida o reducción de voltaje es sostenida. Esta característica es necesaria para minimizar el uso de motores de arranque para máquinas, anillos de engranaje y

otros equipos, así como prevenir el drenaje innecesario sobre la batería del motor.

Este retardo de tiempo es usualmente seleccionado para cerca de 1 segundo, pero puede ser puesto para más de este tiempo si las circunstancias lo requieren. Si la selección de retardo de tiempo es largo, se deben tomar precauciones para asegurar que el tiempo es lo suficiente para continuar teniendo la fuente de energía alterna en línea dentro del tiempo preescrito por los códigos aplicables si el sistema se trata de un sistema legalmente requerido.

Después de que el motor ha arrancado y la salida del generador está proporcionando voltaje y frecuencia, otro relevador con retardo de tiempo es activado para permitir que la salida de voltaje del generador se estabilice bajo condiciones sin carga; este retardo de tiempo es típicamente seleccionado para menos de 1 minuto. En un tiempo de salida (time-out), la carga es transferida hacia la fuente de reserva.

La activación de cualquier otro temporizador coincide con el restablecimiento de la fuente normal; este temporizador es típicamente ajustado de 0 a 30 minutos. La función de este relevador con retardo de tiempo es para proporcionar un tiempo mínimo establecido de operación del grupo motor generador para cualquier tiempo en que la unidad esté activada y para mantener al interruptor de transferencia en modo de espera (Standby), aunque la fuente normal haya sido restaurada.

El propósito de este retardo de tiempo es doble. No son poco comunes prolongados cortes de energía que son precedidos por una serie de breves cortes separados uno de otro por cuestión de varios segundos o unos pocos minutos; el retardo de tiempo previene ciclos innecesarios durante cada periodo. Esto también asegura que el grupo motor generador tendrá un buen desempeño bajo carga, preservando esto en buenas condiciones de operación.

El interruptor de transferencia deberá ser diseñado para que esta característica sea automáticamente nulificada si el grupo motor generador falla y la energía disponible procede de la fuente normal (compañía suministradora).

Una cuarta función de la temporización se recomienda para permitir que el grupo motor generador opere sin carga mientras se transfiere hacia la fuente normal; un intervalo de 5 minutos o menos es usualmente aplicado. Esta función permite que la unidad se enfríe correctamente y permite además, una acción de ventilación para prevenir un excesivo calentamiento de la estructura de generador. Esta característica es especialmente recomendada para unidades impulsadas por diesel.

Si el sistema de reserva comprende más de un interruptor automático de transferencia, es recomendable el secuenciar la transferencia de cargas de la fuente normal a la fuente de reserva. Esta función, también es realizada por temporizadores, que pueden reducir los requerimientos de arranque en KVA del grupo motor generador; es necesario observar ciertas observaciones cuando la carga es predominantemente de motores.

### **3.15 Transferencia de carga comprendida por motores.**

La transferencia de carga de motores entre dos fuentes requiere una especial atención. Aunque las dos fuentes pueden ser sincronizadas, el motor puede tender a retardar pérdidas de potencia durante la transferencia, por lo tanto, causa que el voltaje residual de el motor esté fuera de fase con la fuente próxima. La velocidad de transferencia, la inercia total y las características del motor y del sistema están implicadas.

Sobre la transferencia, el vector diferencia y una alta corriente de inrush anormal pueden causar serios daños al motor, además, la excesiva corriente inducida por el motor pueden disparar el dispositivo de protección por sobre corriente. Ambas cargas de motores con una relativa baja carga de inercia en relación con los requerimientos de torque, tal como bombas y compresoras, así como cargas de gran inercia tal como ventiladores de corriente de aire, etcétera, los mantiene girando próximos a la velocidad síncrona por un largo tiempo después de la pérdida de energía, estando sujetos a riesgos de conmutación fuera de fase. Los interruptores automáticos de transferencia pueden ser provistos con varios accesorios de control para superar este problema, incluyendo los siguientes:

- 1) Transferencia en fase
- 2) Circuito de control que desconecta motores de carga.
- 3) Interruptor de transferencia con un centro de tiempo en posición apagado.
- 4) Sobreposición de transferencia para colocar momentáneamente en paralelo a las fuentes de energía.

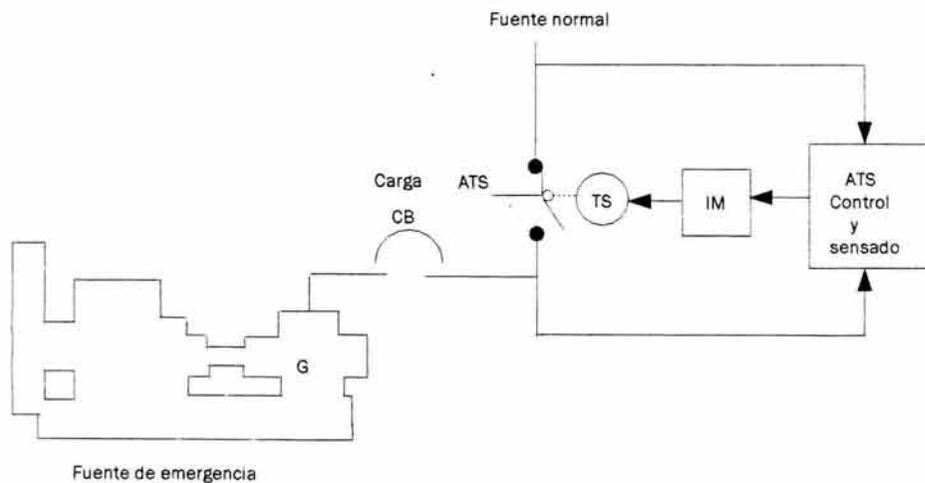
La transferencia en fase como se muestra en la figura no. 5 es comúnmente utilizada para la transferencia de motores de bajo deslizamiento impulsando cargas de alta inercia, propiciando que el interruptor de transferencia tenga un rápido tiempo de operación. Una primera ventaja de la transferencia en fase es que permite que el motor continúe operando con pequeños disturbios para el sistema eléctrico y el proceso que está comenzando a controlarse por el

motor. Otra ventaja es que un interruptor de transferencia estándar de doble tiro puede ser usado con la simple adición de un monitor de fase.

El monitor muestrea el ángulo de fase relativo que existe entre las dos fuentes entre las cuales el motor es transferido. Cuando los dos voltajes están dentro de un ángulo de fase deseado y aproximándose al ángulo de fase cero, el monitor de fase señala al interruptor de transferencia la operación y reconexión tomando su lugar dentro de límites aceptables.

El circuito de control de desconexión de motores de carga, el cual se muestra en la figura no. 6, y un esquema similar de relevadores, son también un medio común de transferir motores de carga.

Como se indica en la figura no. 6, el circuito de control que desconecta el motor de carga es un contacto piloto en el interruptor de transferencia que abre para desenergizar la bobina del contacto perteneciente al circuito que controla al motor. Después de la transferencia, el interruptor de transferencia piloto cierra sus contactos para permitir el recierre del controlador del motor. Para estas aplicaciones, el controlador debe reiniciarse automáticamente.



- Notación:
- ATS= Interruptor automático de transferencia
  - CB = Disyuntor del circuito
  - TS = Bobina de operación del interruptor de transferencia
  - IM = Monitor en fase
  - G = Generador

Figura no. 5. Transferencia de motor de carga en fase.

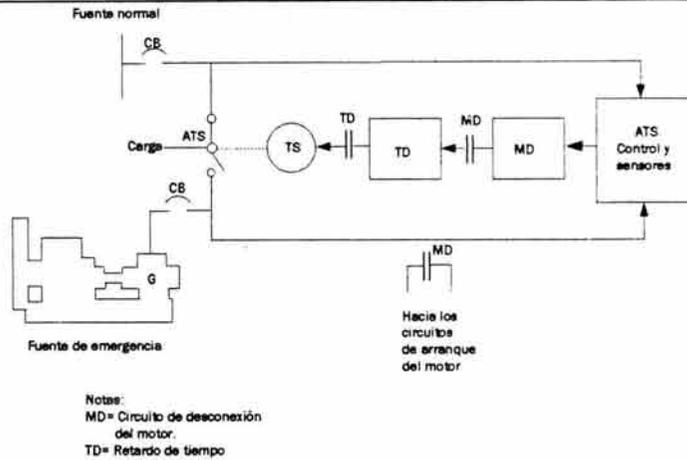


Figura no. 6 Circuito de desconexión de motor de carga.

El circuito de desconexión deberá ser configurado para abrir el contacto piloto por aproximadamente 0.5 a 3 segundos antes de transferir hacia la fuente de energía alterna, que está iniciando su ciclo de operación.

Los interruptores de transferencia con posición temporal fuera del centro (neutro) son también usados para la conmutación de motores de carga; la figura no. 7 muestra un arreglo típico. Las interconexiones entre el interruptor de transferencia y el controlador del motor no son requeridas. Ya que no hay control directo del controlador del motor, el controlador del motor puede no separarse si este observa el voltaje residual resultante de la rotación del motor. El tiempo fuera (time off) debe ser bastante largo para permitir que el voltaje residual reduzca a un valor (típicamente 25% del rango de voltaje del motor) para el cual la reconexión pueda no dañar al motor, a la carga impulsada o disparar el disyuntor (breaker).

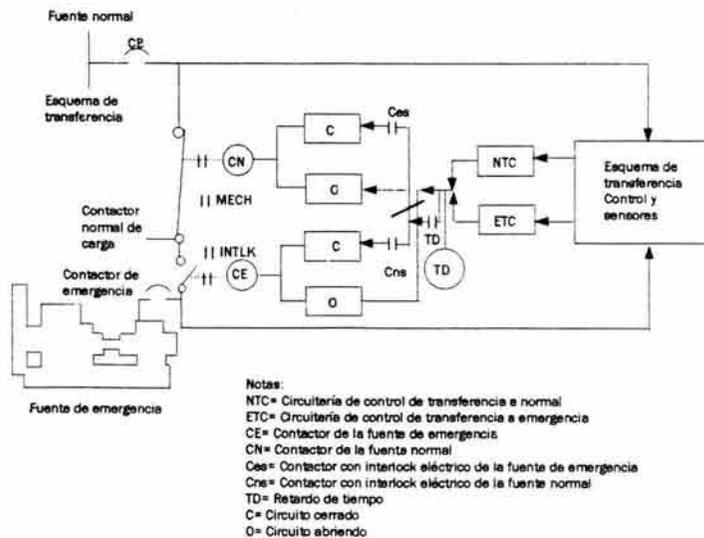


Fig. no. 7 Posición fuera de neutro.

La norma ANSI/ NEMA MG1-1978<sup>3</sup> señala un método para calcular valores seguros. El tiempo de caída de voltaje a circuito abierto para una serie de motores es mostrada en la figura no.8. El tiempo de retención de centro (center hold time) podría no ser adicionado para el tiempo de arranque del motor, y la salida de energía no necesariamente ser prolongada por el tiempo de retención central del interruptor de transferencia. Solo cuando la conmutación se lleve a cabo entre dos fuentes de energía en operación se podrá dar la operación de retención central.

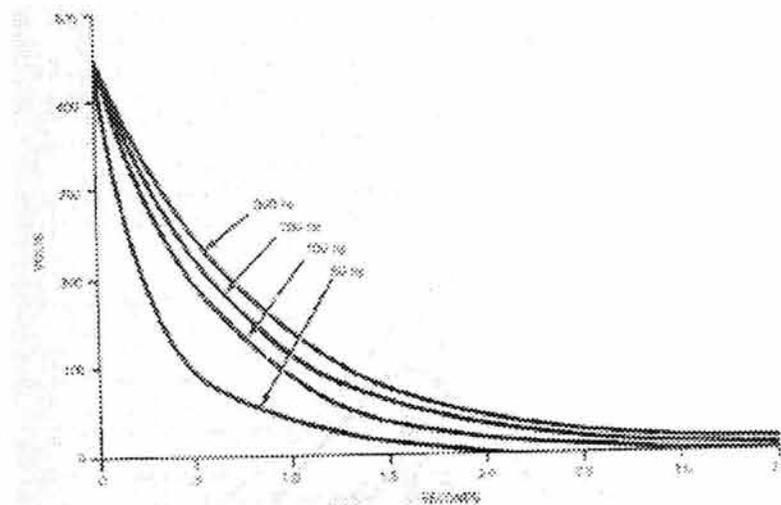


Figura no. 8. Caída de voltaje a circuito abierto de un motor de inducción (basado en la constante de velocidad).

### **3.16 Interruptores de desvío aislados (bypass).**

En muchas instalaciones, es difícil realizar regularmente pruebas o inspecciones detalladas sobre el sistema de emergencia debido a que algunas o todas las cargas conectadas al sistema son vitales para la vida humana o son críticas en la operación de procesos continuos. La desenergización de estas cargas por cualquier lapso de tiempo es difícil. Esto muchas veces lleva a una falta de mantenimiento. Para cada una de las instalaciones, se puede proveer de un medio para desviar las cargas críticas directamente hacia una fuente de energía disponible sin la pérdida de las mismas. El interruptor de transferencia puede entonces ser aislado para inspecciones seguras y mantenimiento.

Dos formas de interruptores de desvío aislados están disponibles conocidas las necesidades. Estos interruptores realizan tres funciones:

<sup>3</sup> ANSI/ NEMA MG1-1978, Motors and generators.

- 1) Desviar el servicio alrededor del interruptor de transferencia sin interrumpir la energía hacia la carga. Cuando la palanca de desvío es movida de la posición de desvío a la posición normal (BP-NORM) como se muestra en la figura 9, el interruptor de transferencia cierra sus contactos que están desviados por los contactos a la derecha de los contactos de desvío (BP). El flujo de corriente entonces se divide entre los contactos de desvío y los contactos de transferencia. Esto asegura el que no se den constantes interrupciones momentáneas de energía hacia la carga, la que podría hacer fluir una corriente pequeña a través del interruptor de transferencia, en cuyo caso la corriente total es inmediatamente conducida por los contactos de desvío.
- 2) Permitir que el interruptor de transferencia sea eléctricamente probado y operado sin interrumpir la energía hacia la carga. Esto puede ser hecho como se muestra en la figura 10. Con la palanca de aislamiento movida hacia la posición de prueba, las terminales de la carga del interruptor de transferencia son desconectadas de la fuente de energía. El interruptor de transferencia es aún energizado de la fuente normal y de la fuente de emergencia y puede ser probado sin interrumpir la carga. El cierre de los contactos a la derecha del BP conduce la carga completa.
- 3) Aislar eléctricamente al interruptor de transferencia de ambas fuentes de energía y de los conductores de la carga para permitir inspecciones y mantenimiento del interruptor de transferencia (ver la figura 11). Con la palanca de aislamiento en la posición abierta, el interruptor automático de transferencia (ATS) es completamente aislado. La carga continua es alimentada a través del contacto de desvío (BP). Con prolongada capacidad, el interruptor de transferencia puede ahora ser completamente removido sin interrumpir a la carga. De este modo, el interruptor de desvío (bypass switch) tiene una doble función. Adicionalmente al desvío, también opera como un interruptor de transferencia de reserva.

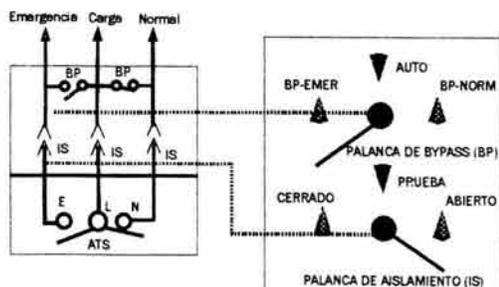


Fig. no. 9 Desvío (bypass) a normal

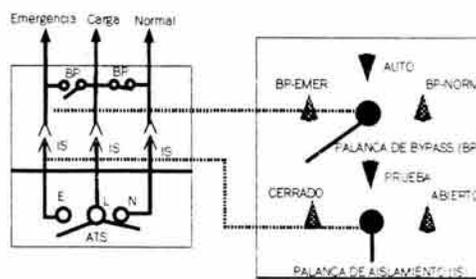


Fig. no. 10 Posición de prueba.

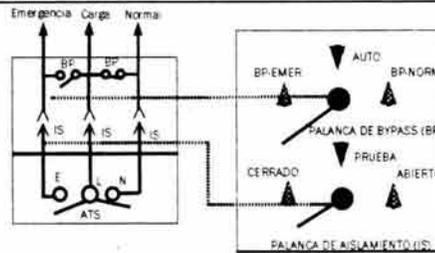


Fig. no. 11 Aislamiento completo

Aunque las ilustraciones anteriores muestran el desvío hacia la fuente normal, el interruptor de transferencia puede también ser desviado hacia la fuente de emergencia sin interrumpir la energía hacia la carga, de tal forma que el desvío es realizado hacia la fuente alimentando a la carga crítica. Cuando se desvía hacia la fuente de emergencia, las mismas tres funciones pueden ser realizadas después de que el interruptor de transferencia ha sido transferido para emergencia. Mientras que dos formas de arreglos de interruptores de desvío aislado han estado disponibles por muchos años, solo recientemente ha sido posible el llegar a combinar las dos formas, la función de desvío sin interrupción con la función de transferencia automática todos en un solo ensamble interconectado.

Las porciones de desvío y aislamiento del interruptor ensamblado podrían incorporar el diseño de mantenimiento cero. Este concepto de diseño evita la salida del sistema durante el mantenimiento o reparación. Para lograr el diseño de mantenimiento cero, los contactos de desvío deberán estar en el circuito de energía solo durante el periodo actual de desvío. El inconveniente para retener los contactos de desvío en el circuito para cualquier momento es que éstos, junto con las barras de buses, están también sujetos a daños por corrientes de falla. Mientras el interruptor de transferencia es sujeto a reparaciones sin interrupción del servicio no se realiza el desvío.

Una combinación de interruptor automático de transferencia e interruptor aislado de desvío en lugar de un solo interruptor automático de transferencia eleva el costo a más del doble.

### **3.17 Interruptores no automáticos de transferencia**

Los interruptores no automáticos de transferencia son utilizados en aplicaciones donde hay personal operativo disponible y la carga es tal, que la inmediata restauración automática de la energía no es imprescindible.

Algunas aplicaciones se encuentran en sistemas y equipos para el cuidado de la salud, plantas industriales, plantas de tratamiento de aguas residuales, centros de control de defensa

civil, granjas, residencias, instalaciones de comunicación y otras donde las normas exigen dispositivos aprobados.

Los interruptores con cuchillas de doble tiro e interruptores de seguridad son cada vez menos utilizados en éstas aplicaciones. Muchos de estos dispositivos tienen capacidad limitada cuando realizan la conmutación entre dos fuentes de energía no sincronizadas. Los interruptores no automáticos de transferencia generalmente tienen el mismo tipo de contactos y medios de extinción de arco como los interruptores automáticos de transferencia y los conocidos en la norma ANSI/ UL 1008-1983<sup>4</sup>.

Ambos interruptores, operados eléctrica y no eléctricamente están disponibles. Las unidades operadas eléctricamente son configuradas para una operación de control remota o local de estación. La accesibilidad hacia el interruptor de transferencia no es necesaria cuando es controlada por estaciones de control remotas. Esto puede ser una ventaja, porque con una enorme facilidad los dispositivos pueden ser controlados desde el cuarto de operaciones de ingenieros en una planta.

Dos controles para relevadores interconectados son muchas veces incluidos con el interruptor eléctricamente operado, para permitir:

- 1) Que la línea corra sobre cable de calibre pequeño
- 2) Baja corriente de operación a través del interruptor de control de la estación.
- 3) Revisión parcial de voltaje antes de la operación.

Las unidades operadas no eléctricamente son similares a las de tipo operadas eléctricamente excepto por la omisión de la operación eléctrica y la inclusión de un operador acción rápida/ rompimiento rápido (quick-make/ quick-break) que puede ser manualmente operado desde fuera del recinto. La velocidad de operación es similar para la configuración operada eléctricamente debido a la precarga de interrupciones de la operación principal, de ese modo se proporciona la apropiada acción de corriente, ruptura y facilidades de conducción.

---

<sup>4</sup> ANSI/UL 1008-1983, Safety Standard for Automatic Transfer Switches.

### **3.18 Arreglos de conexión a tierra para Sistemas de emergencia y Sistemas de energía de reserva.**

Una primera consideración en el diseño de Sistemas de emergencia y Sistemas de energía de reserva es satisfacer las necesidades del usuario para la continuidad del servicio de energía eléctrica. El tipo de sistema de tierra que es empleado, el arreglo del sistema y el equipamiento de los conductores de tierra, pueden afectar la continuidad del servicio. Los conductores del sistema de tierra y las conexiones deben ser dispuestos para que no existan fugas de corrientes de neutro y corrientes de falla a tierra puedan fluir en baja impedancia, rutas previsibles que pudieran proteger al personal de descargas eléctricas y asegurar la correcta operación del equipo de protección del circuito.

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobrecorrientes en cualquier instalación eléctrica es el de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de combustible y todas aquellas partes que deben estar a potencial de tierra, logrando con ello que las diferencias de potencial entre las partes del sistema indicado, se puedan mantener a un mínimo logrando con ello que estas partes metálicas estén al mismo potencial.

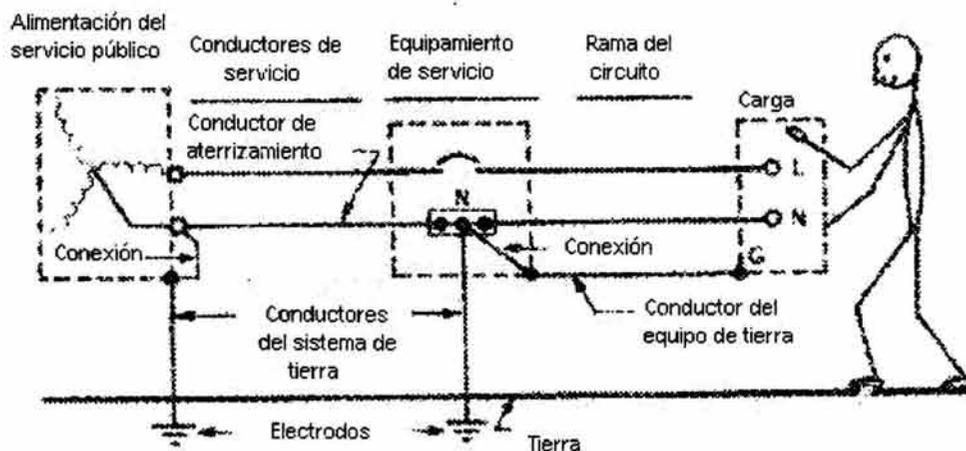


Fig. 12. Esquema de un sistema de tierra dentro de un sistema de energía de reserva.

La función del sistema equipotencial de tierra es la de evitar que al tener un contacto accidental entre dos de las partes metálicas de este sistema por medio de un puente que puede ser el propio cuerpo humano, un conductor metálico, algún mueble metálico, etcétera, se produzca una circulación de corriente en este puente por mínima que sea y por lo tanto evitar la chispa inicial que podría resultar al tener contacto de las partes mencionadas con el sistema de tierra equipotencial.

Dentro de las aplicaciones en hospitales, al interconectar todas las superficies de metal dentro del área del paciente, las diferencias de potencial entre la superficie metálica se pueden mantener en un mínimo ya que se requiere una diferencia de potencial para producir un flujo de corriente, todo el plano de tierra se puede elevar arriba del potencia cero de tierra, siempre y cuando todas las partes metálicas estén al mismo potencial. Aún si una persona toca dos piezas de metal, ambas a –por ejemplo- 10 Volts, no se podrá desarrollar una trayectoria de corriente. Este plano de tierra se establece usando un sistema de tierra adecuado.

Todos los aparatos médicos de diagnóstico, terapéutica, etcétera., que tengan que ponerse en contacto con el cuerpo humano o muy próximos a este, y que estén alimentados eléctricamente por una fuente de corriente directa o alterna de 60 Hz., deben estar contruidos de manera que proporcionen la máxima salvaguarda contra choques eléctricos, quemaduras o por daños mecánicos o químicos a los pacientes, al personal que los atiende o a las áreas inmediatas.

Podemos hablar de varios tipos de sistemas, entre los que encontramos:

- a) **Sólidamente aterrizados.** En los cuales un conductor conecta una terminal del sistema hacia el electrodo de aterrizamiento, y un elemento de muy baja impedancia es intencionalmente insertado dentro de la conexión.
- b) **Resistencia aterrizada.** Un resistor de aterrizamiento es insertado dentro de la conexión entre una terminal del sistema y el electrodo de aterrizamiento.
- c) **No aterrizado.** En los cuales ningún conductor de circuito del sistema está aterrizado.

Los sistemas y los conductores del circuito están aterrizados para limitar voltajes debido a descargas atmosféricas, disturbios en la línea o contactos accidentales con líneas de alto voltaje, así como para estabilizar la magnitud del voltaje a tierra durante la operación normal del sistema. Los sistemas y conductores de circuito están sólidamente aterrizados para facilitar la operación del dispositivo de sobrecorriente en caso de falla a tierra.

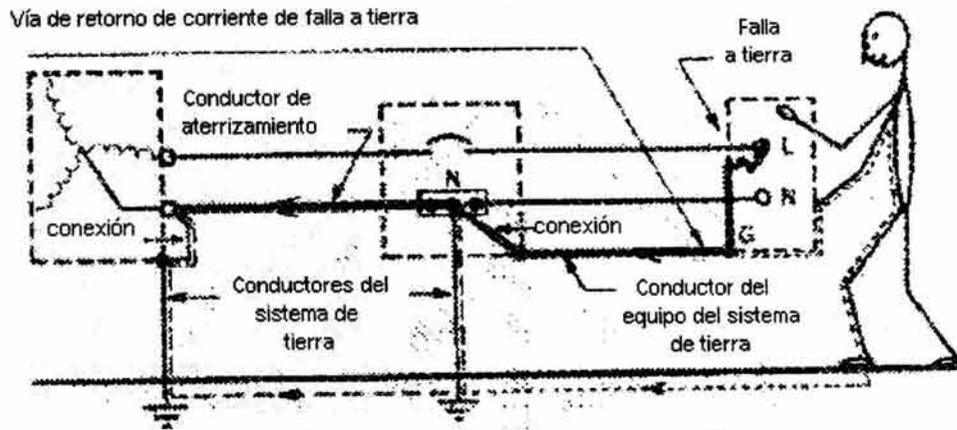


Fig. 13. Protección del sistema de tierra contra corrientes de falla.

Ahora bien, dentro de los sistemas de tierra utilizados dentro de los sistemas de energía de reserva, podemos encontrar a los siguientes:

### **Neutro múltiple aterrizado sólidamente interconectado.**

Se permite conectar sólidamente en el equipo de transferencia un conductor del circuito de tierra (neutro). Por tanto, se permite conectar sólidamente un conductor neutro, sin ser conmutado, entre una fuente de alimentación normal de servicio y un generador "on site" que sirva como una fuente de energía de reserva o emergencia, como se muestra en la siguiente figura, sin embargo esto no es siempre una práctica recomendada.

Las conexiones hacia el conductor de tierra (neutro) en el lado de la carga de los medios de desconexión de servicio no son recomendadas, y la conexión de aterrizamiento hacia el generador, como se muestra en la figura, no deben ser hechas. Cada aterrizamiento múltiple del conductor neutro del circuito puede causar corrientes de fuga que probablemente resulten poco convenientes y pueden causar el flujo de corrientes de falla a tierra en trayectorias que pueden afectar de forma adversa la operación del equipo de protección de falla a tierra.

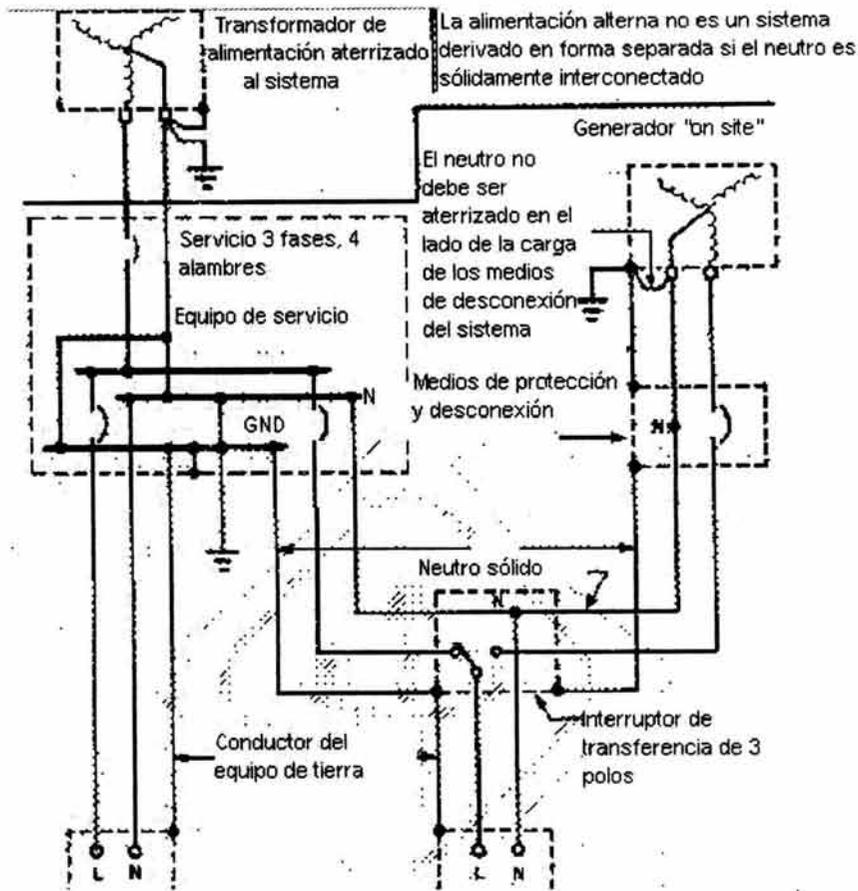


Fig. 14. Sistema de tierra con neutro múltiple aterrizado sólidamente interconectado

### Conductor de neutro transferido por medios de transferencia.

El interruptor de transferencia puede tener un polo adicional para conmutar al conductor neutro, o el neutro puede ser transferido por el traslape (make-before-break) de los contactos del neutro en el interruptor de transferencia. Donde el conductor de neutro del circuito es transferido por el equipo de transferencia, un sistema de emergencia o reserva alimentado por un generador "on site" está en un sistema separadamente derivado. Un sistema separadamente derivado con el conductor de neutro del circuito debe ser solidamente aterrizado hacia o al frente de los medios de desconexión del sistema.

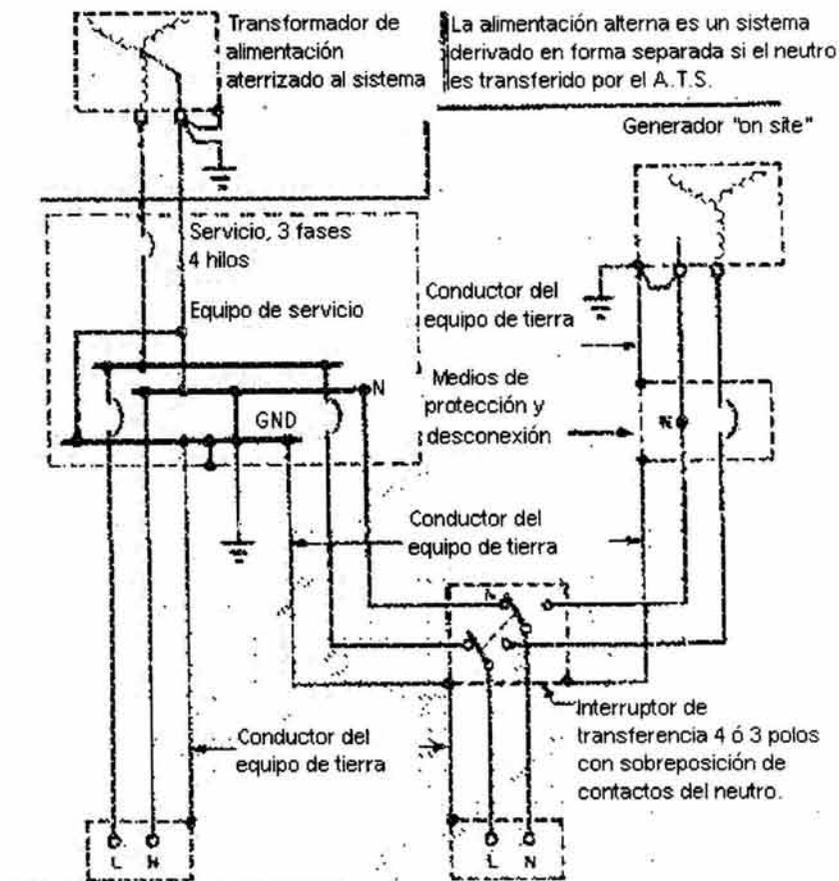


Fig. 15. Sistema de tierra con A.T.S.

### Conductor neutro aislado por un transformador.

Donde una carga transferible es alimentada por un sistema que es derivado de un transformador aislado "on site" y el equipo de transferencia está delante —eléctricamente— del transformador, como es ilustrado en la siguiente figura.

No se requiere un conductor de circuito aterrizado (neutro) para cada una de las fuentes normales o alternas hacia el transformador primario. El transformador de aislamiento permite que las cargas transferibles de fase a neutro, sean alimentadas sin un conductor de circuito aterrizado (neutro) de los alimentadores hacia el interruptor de transferencia.

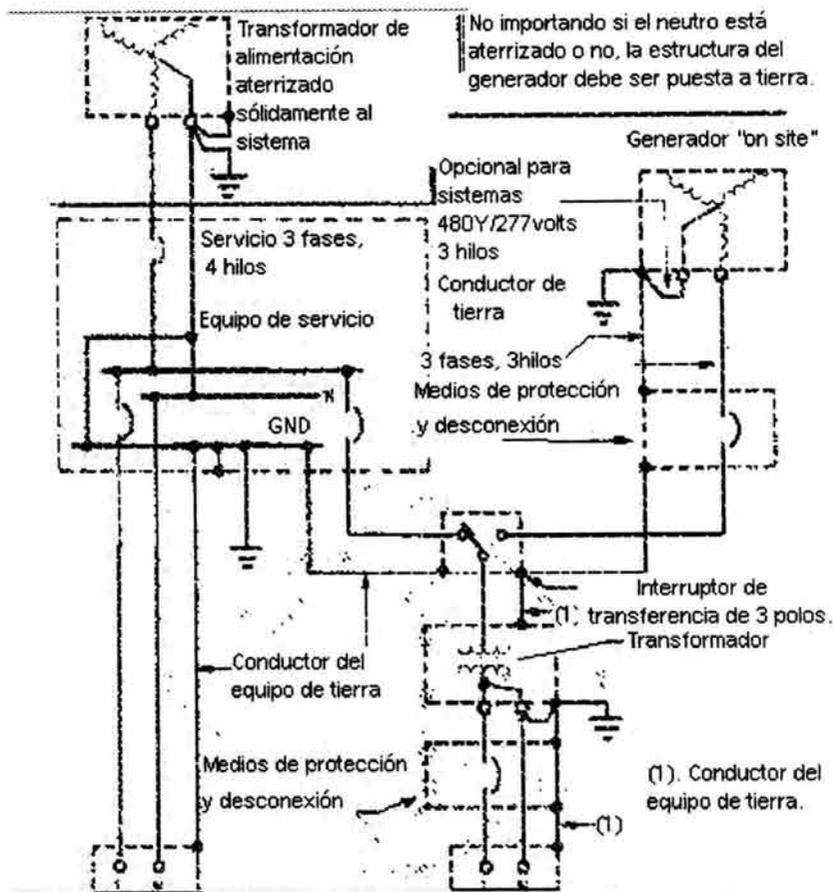


Fig. 16. Sistema de tierra con transformador aislado.

### Múltiples interruptores de transferencia

Para incrementar la confiabilidad, múltiples interruptores de transferencia que se ubican cerrados hacia las cargas, son usualmente utilizados antes que un solo interruptor de transferencia para la carga total. En cuyos casos, se deberá tomar en consideración la posibilidad de fallas en el cable o en el equipo, entre el equipo de servicio y los interruptores de transferencia, esto posiblemente cause que el sistema de emergencia o el sistema de reserva llegue a no ser aterrizado. Esto es particularmente importante si un conductor neutro sólidamente conectado es aterrizado para un solo equipo en servicio.

Cuando múltiples interruptores de transferencia son usados con la detección de fallas a tierra sobre el nivel del circuito de distribución, hay una posibilidad de error con los circuitos de fallas a tierra aún cuando no existan fallas a tierra.

### **Múltiples grupos motor generador.**

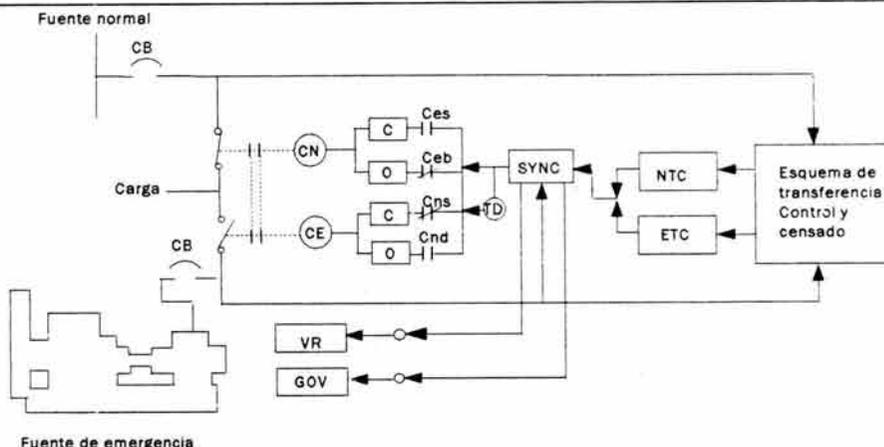
Cuando varios grupos motor generador son conectados en paralelo y sirven como fuente común de energía, cada neutro del generador es usualmente conectado hacia un bus común de neutro dentro del mecanismo de transferencia en paralelo el cual, en cambio es aterrizado. El mecanismo de transferencia asociado que contiene al bus neutro deberá ser ubicado cercano al grupo generador. Un sistema de conductor único aterrizado entre el bus neutro y el bus de tierra, simplifica la adición de equipo sensor de fallas a tierra. Esto también permite el uso de una sola resistencia de aterrizamiento para múltiples grupos motor generador.

Esto puede ser argumentado cuando son utilizadas resistencias individuales de aterrizamiento, la circulación de corrientes armónicas entre los generadores en paralelo no es un problema hasta los límites de resistencia en que la corriente circula con valores pequeños. Sin embargo, si las terceras armónicas son suprimidas en los grupos motor generador, la circulación de corrientes, por lo general no es un problema.

Los grupos múltiples motor generador que son físicamente separados y utilizados por cargas aisladas podrían necesitar conexiones adicionales de neutro a tierra. Sin embargo, por la utilización de interruptores de transferencia de 4 polos o interruptores de 3 polos con sobreposición de los contactos del neutro, el correcto aislamiento y el censado de fallas a tierra pueden ser alcanzados.

### **3.19 Ventajas de la utilización del esquema de transición cerrada sobre equipos de transferencia de carga.**

La superposición de transferencia (transición cerrada) con paralelaje momentáneo de dos fuentes de energía es mostrada en la figura no.13. Una transferencia ininterrumpida de la carga proporciona la menor cantidad de disturbios al sistema y a los procesos. Sin embargo, el esquema de transición cerrada puede únicamente ser realizado cuando ambas fuentes de energía estén presentes y correctamente sincronizadas por voltaje, frecuencia y ángulo de fase.



Notas:  
 Ces= Contactor con interlock eléctrico de la fuente de emergencia  
 Cnb= Contactor con interlock eléctrico de la fuente normal  
 TD= Tiempo de retardo para abrir el contactor alterno si el contactor no opera correctamente en operación en paralelo.  
 SYNC= Sincronizador automático para sincronizar la fuente de emergencia en voltaje, frecuencia y ángulo de fase con la fuente normal.

Fig. no. 17 Transferencia en transición cerrada.

Mientras que el arreglo de transición cerrada es técnicamente factible, esto no siempre es práctico debido a la complejidad del sistema y del costo de los relevadores requeridos.

Sin embargo, una de las ventajas más importantes que presenta la utilización del esquema de transición cerrada se encuentra en lo referente al abatimiento de costos de consumo de energía eléctrica durante las horas pico, horas en las cuales la energía eléctrica es mas cara, a comparación de otras horas del día, esto de acuerdo con las tarifas aplicables por la compañía suministradora.

Este factor económico es un punto que debe impulsar fuertemente el empleo de este tipo de configuraciones, ya que para el caso de pequeñas y medianas industrias el poder contar con elementos que permitan el ahorro de recursos, siempre será un aliciente que lleve a los empresarios a invertir en el empleo y desarrollo de nuevas tecnologías como ésta, ya que los beneficios que se obtienen a mediano y largo plazo amortizarán los gastos que temporalmente se hagan en este rubro.

Como se ha expuesto hasta este momento, un Sistema de emergencia es un conjunto de elementos que garantiza el continuo abasto de energía eléctrica hacia las cargas a las cuales sirve. De igual manera se han expuesto de forma detallada todos y cada uno de los elementos que componen a un Sistema de emergencia, se han descrito los diversos esquemas bajo los cuales se puede presentar un Sistema de emergencia. No obstante todo lo anterior, es posible explorar otra aplicación de los Sistemas de emergencia, que si bien no debe

considerarse como uno de los objetivos fundamentales de un Sistema de emergencia propiamente dicho, es una aplicación muy poco empleada que presenta grandes retribuciones.

Planteamos que este sistema pase de ser un agente puramente auxiliar a ser un agente dinámico, dinámico en el sentido de que pueda tener una doble aplicación, además de ser respaldo del suministro eléctrico de la empresa, sirva como un Sistema de autogeneración de energía eléctrica en horas punta, para el autoconsumo de la empresa, lo que si se proyecta a largo plazo, redundará en ahorros fuertes a la empresa principalmente en conceptos como facturación por consumo eléctrico, amortizando en varias veces la inversión realizada en el Sistema de emergencia.

Dentro de los gastos de inversión que se tiene en cualquier empresa, el que corresponde al sistema de emergencia tiene una parte asignada, incluidos dentro de este rubro: planta generadora, interruptores, sistemas de control, instalaciones, mantenimiento y combustibles.

La operación del Sistema de emergencia bajo el esquema convencional se tendrá sólo en el caso de ocurrencia de imprevistos en la alimentación provenientes de la compañía suministradora, es decir, estamos hablando de un equipo que estará atento de que, en cuanto se presente una interrupción en el suministro eléctrico, las cargas no queden desabastecidas.

La operación que presentará el esquema de transición cerrada bajo el concepto de cogeneración está enfocado en tener en espera (standby) a la fuente de emergencia, conectada en paralelo sobre la línea de abastecimiento con la fuente normal, con lo que se garantiza la ausencia de parpadeos por transferencia de carga. En cuanto se llegue al horario punta que maneja la compañía suministradora, se realiza la conmutación entre la fuente normal (compañía suministradora) y la fuente de emergencia quedando totalmente abastecidos por la planta de emergencia hasta la conclusión del horario punta, momento en el cual se realiza la retransferencia hacia la fuente normal; todo lo anterior contando por supuesto, con la función original de fuente de reserva en caso de fallas de la compañía de suministro eléctrico.

Se presenta esta aplicación de los Sistemas de emergencia como una alternativa, que como se ha expuesto anteriormente, presenta grandes beneficios pero que muy pocas compañías utilizan, sin embargo a través de esta aplicación, además se ha querido mostrar que un Sistema de emergencia puede tener un campo de acción aún más amplio que para aquél que fue diseñado. Se hablará con mayor profundidad en el capítulo 6.

---

## **Capítulo 4**

Mantenimiento.

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Capítulo 4.** **Mantenimiento**

### **4.1 Introducción.**

Una vez que ha sido determinado a través de un análisis confiable que un Sistema de emergencia o un Sistema de energía de reserva es requerido, varios sistemas disponibles en el mercado deben ser evaluados para seleccionar uno que pueda económicamente satisfacer los requerimientos de aplicación. La selección del sistema correcto requiere que a las prácticas de instalación y los procedimientos de mantenimiento se les otorgue suficiente énfasis. Después de que el sistema ha sido seleccionado y adecuadamente verificado, los planes para mantenimiento preventivo deben ser completados. El mantenimiento preventivo para equipo eléctrico consiste de un sistema de inspecciones planeadas, pruebas, limpieza, acondicionamiento, monitoreo, ajustes, modificaciones correctivas y reparaciones menores para mantener al equipo en óptimas condiciones de operación y con la máxima confiabilidad. Sin un correcto énfasis sobre el mantenimiento desde la etapa de diseño hasta la operación, el sistema puede rápidamente llegar a ser no confiable y no cumplir con los objetivos de diseño.



Fig. no. 1 Acciones de mantenimiento preventivo

El objetivo de los planes de mantenimiento preventivo es asegurar la operación del equipo en óptimas condiciones. Debido a que el equipo es parte de un sistema de emergencia y reserva, esto llega a ser más importante y un gran desafío. El mantenimiento preventivo ahora llega a ser una ciencia de anticipación y predicción de fallas. En este caso, se deben tomar las siguientes precauciones vitales:

- 1) Asegurar que la instalación no esté sujeta a problemas de ventilación, u obstruida por basura o material almacenado.
- 2) Pruebas regulares en el sitio de responsabilidad al personal calificado y pruebas programadas frecuentemente para asegurar la operación cuando sea requerida.
- 3) La gasolina y, en menor grado, los combustibles diesel se deterioran cuando son almacenados por largos periodos de tiempo. Pueden ser utilizados inhibidores para reducir la velocidad de la deterioro, pero suena práctico el operar un sistema utilizando estos combustibles cuyo tiempo total de operación en cada uno de los casos, puede resultar en ciclos frecuentes de cambios de combustible.

Aunque existe una gran variedad de Sistemas de emergencia y reserva en el mercado actualmente, las recomendaciones de mantenimiento general presentadas pueden proporcionar una indicación de las necesidades de mantenimiento preventivo para varios sistemas. Las recomendaciones son omitidas dentro de los componentes del sistema. Los componentes pueden ser reconstruidos para formar sistemas particulares.

Más recientemente, varias normas hacen énfasis en la necesidad de rutinas de mantenimiento y pruebas operacionales de los Sistemas de emergencia y de reserva. Se necesita anotar un registro de las inspecciones y reparaciones son sujetas en las premisas. Para mayor información refiérase a las normas ANSI/ NFPA 99-1984<sup>1</sup> y ANSI/ NFPA 110-1985.<sup>2</sup>

## **4.2 Motores de combustión interna**

Los tipos de motores de combustión interna comúnmente disponibles incluyen a los de gas natural y envasado, gasolina y diesel. Puesto que son más similares que diferentes en cuanto a sus requerimientos de mantenimiento, las máquinas tienen que ser tratadas como un grupo.

Vida prolongada y alta confiabilidad son características que tienen y que son esperadas de ese tipo de primo motores, pero sólo si son sujetos a mantenimiento correctamente. Los programas de mantenimiento preventivo pueden grandemente contribuir a preservar la integridad del servicio y su confiabilidad.

En el establecimiento de un programa de mantenimiento preventivo para este tipo de máquinas, el mejor punto de partida es el propio manual de servicio del fabricante. Este proporciona una guía para puntos específicos a ser revisados e indican la frecuencia de la

---

<sup>1</sup> ANSI/NFPA 99-1984, Health Care Facilities Code.

<sup>2</sup> ANSI/NFPA 110-1985, Emergency and Standby Power Systems.

inspección. Estos puntos de referencia puede ser modificados para ser aplicados en instalaciones particulares y condiciones de operación.

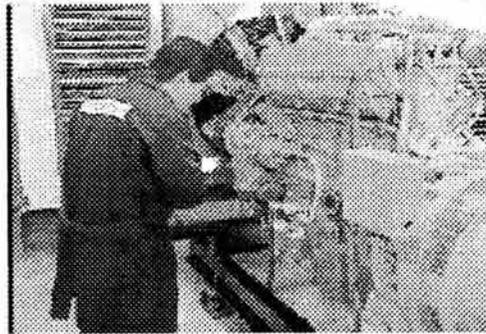


Fig. no. 2 Importancia del mantenimiento preventivo en motores de combustión interna.

Más que otros muchos factores, la lubricación determina la vida útil del motor. Varias partes de la máquina pueden requerir diferentes grados de lubricación y diferente frecuencia de aplicación de lubricante. Es importante el seguir las recomendaciones del fabricante así como el tipo de lubricante y la frecuencia de lubricación.



Fig. no. 3 La lubricación determina la vida útil del motor de combustión.

La limpieza debe ser la base de un programa de mantenimiento preventivo. A pesar de minimizarlas, siempre hay una posibilidades de contaminación por sustancias corrosivas y acumulación de polvo. Las sustancias corrosivas representan la mayor causa de fallas en los equipos. Después de realizar cualquier inspección o servicio, limpiar detalladamente todos los accesorios, tapas, varillas y otros medidores de nivel así como sus superficies adyacentes para prevenir la contaminación de lubricantes y refrigerantes.

Inspecciones programadas de áreas que pueden incluir el nivel del refrigerante del radiador, anticongelante si es utilizado, nivel de aceite del cárter del cigüeñal, suministro de

combustible y depurador de aire. Se puede llevar a cabo un drenado con objeto de eliminar el agua condensada del tanque de combustible y de los filtros. El motor debe ser visualmente inspeccionado para detectar tuercas sueltas, pernos y otros conjuntos de accesorios mecánicos, obturación de fugas, uniones y otras conexiones de combustible, refrigerante, lubricación y deterioro de piezas.

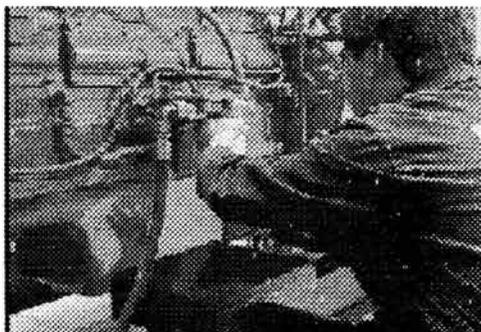


Fig. no. 4 Cambio de filtros de aceite.



Fig. no. 5 Cambio de filtro de aire.

### **4.3 Programa típico de mantenimiento.**

El siguiente programa de mantenimiento no debe ser entendido como una recomendación, sino como una típica guía de servicio para unidades de 1800 rpm.

Cada 25 horas de operación (o 4 meses):

- 1) Ajuste del ventilador y la banda del alternador.
- 2) Añadir aceite en la caja del distribuidor.
- 3) Cambio de aceite en los filtros de aire de tipo aceite.

Cada 50 horas de operación (o 6 meses):

- 1) Drenado y relleno del cigüeñal.
- 2) Limpieza del depurador de aire de ventilación del cárter del cigüeñal.

- 3) Limpieza de los depuradores de aire tipo seco.
- 4) Revisar el aceite de la transmisión.
- 5) Revisión de la batería
- 6) Limpieza de la superficie externa del motor
- 7) Realizar el servicio correspondiente a las 25 horas de operación (antes mencionado)

Cada 100 horas de operación (u 8 meses):

- 1) Reemplazo de los elementos de filtros de aceite.
- 2) Revisar válvulas del ventilador del cárter del cigüeñal.
- 3) Limpieza de la entrada del depurador de aire del cárter del cigüeñal.
- 4) Limpieza del filtro de combustible
- 5) Reemplazo del depurador de aire tipo seco
- 6) Realizar el servicio correspondientes a las 25 y 50 horas de operación (anteriormente mencionados).

Cada 200 horas de operación (o 12 meses)

- 1) ajuste de los puntos de contacto del distribuidor.
- 2) Limpieza de la suciedad acumulada en las aberturas de la bujía de encendido.
- 3) Revisión del registrador de tiempo.
- 4) Revisión de ajustes al carburador.
- 5) Realizar el servicio correspondiente a las 25, 50 y 100 horas (antes mencionados).

Cada 500 horas de operación (o 24 meses)

- 1) Drenar y rellenar la transmisión.
- 2) Reemplazar la válvula del ventilador del cárter del cigüeñal.
- 3) Reemplazo del filtro de combustible tipo una pieza
- 4) Revisar el juego de la válvula leva.
- 5) Revisar el vacío del cárter del cigüeñal
- 6) Revisar la compresión
- 7) Realizar el servicio correspondiente a las 25, 50, 100 y 200 horas de servicio (antes mencionadas).

#### **4.4 Turbina de gas.**

La turbina de combustión de gas, como sucede con cualquier equipo rotatorio de energía, requiere un programa de inspecciones programadas y mantenimiento para conseguir un óptimo desempeño y confiabilidad. La turbina de combustión de gas es completa, en ella está contenida el primo impulsor. Su proceso de combustión requiere la operación a altas temperaturas.

Cuando es necesario realizar la inspección sobre partes de acero inoxidable, una pluma de engrasado debe ser utilizada. Partículas de grafito de plumas de plomo podrían carbonizar al acero inoxidable a las altas temperaturas de operación de la turbina de gas.

La confiabilidad en el inicio es de las primeras preocupaciones, hasta un retardo en el inicio usualmente presenta la necesidad de que la unidad tenga la aprobación para su uso.

#### **4.5 Factores de operación que afectan al mantenimiento.**

Los factores que tienen mayor influencia sobre la programación de mantenimiento de tipo preventivo son: el tipo de combustible, la frecuencia de inicio, el medio ambiente y la confiabilidad requerida.

#### **4.6 Combustible.**

El efecto del tipo de combustible sobre las partes está asociado con la energía radiante en los procesos de combustión y en la capacidad para atomizar al propio combustible. El gas natural, el cual no requiere atomización, tiene el más bajo nivel de energía radiante y puede producir el alargamiento de la vida de las partes. Los combustibles diesel pueden proporcionar el alargamiento de vida, la atomización, puede proporcionar la reducción de la vida de las partes.

Los contaminantes en el combustible pueden afectar también el intervalo de mantenimiento. En combustibles líquidos, suciedad resultante del acelerado uso de bombas, elementos de medición y las boquillas de combustible.

La contaminación en Sistemas en el que el combustible es gas puede erosionar y causar corrosión en las válvulas de control y boquillas de combustible. Los filtros deben ser inspeccionados y reemplazados para prevenir el acarreo de contaminantes a través del sistema

de combustible. La limpieza en el combustible resultará en un mantenimiento reducido y en la extensión de la vida de las partes.

#### **4.7 Frecuencia de inicio para la turbina de gas.**

Cada paro y arranque mantiene sujeta a la turbina de gas a un ciclo térmico. Éste ciclo térmico podría causar la disminución de la vida de las partes. Las aplicaciones que requieren continuos arranques y paros determinan un intervalo muy corto de mantenimiento.

#### **4.8 Medio ambiente para turbina de gas.**

La condición de la entrada de aire para una turbina de combustión de gas puede tener un efecto significativo sobre el mantenimiento. Abrasivos en la entrada de aire, los cuales como partículas de polvo requieren que una cuidadosa atención sea puesta en el filtro de admisión para minimizar el efecto de los abrasivos. En el caso de atmósferas corrosivas, una atención cuidadosa debe ser puesta en los arreglos de admisión de aire y en la aplicación de los materiales correctos y en las capas protectoras.

#### **4.9 Confiabilidad requerida.**

El grado de confiabilidad requerida puede afectar el programa de mantenimiento. La mayor confiabilidad deseada requiere un mantenimiento más frecuente.

#### **4.10 Programa típico de mantenimiento**

El siguiente programa de mantenimiento es incluido para mostrar los requerimientos típicos para una turbina de combustión de gas en una aplicación de energía de emergencia o de reserva.

- Semanalmente:
  - 1) Revisar el nivel de aceite
  - 2) Revisar la adecuada presión del combustible
  - 3) Inspección visual de todas las tuercas y otros dispositivos de sujeción.
  - 4) Revisar fugas de aceite o combustible.

- 5) Revisar las conexiones eléctricas por tensión y corrosión.
  - 6) Revisar todas las líneas y tubos para uso externo.
  - 7) Revisar las entradas de aire para detectar obstrucciones
  - 8) Revisión de los tubos de escape por obstrucciones
  - 9) Vaciar todos los drenajes y colectores para detectar obstrucciones.
- Cada 250 horas de operación.
    - 1) Reemplazar los elementos del filtro de aceite
    - 2) Reemplazar los filtros de combustible como necesario.
    - 3) Revisar las baterías
    - 4) Sopletear las líneas de aire y filtros con aire seco a baja presión.
    - 5) Lubricar motores auxiliares.
  - Cada 1000 horas de operación.
    - 1) Inspeccionar chispazos en las clavijas.
    - 2) Inspeccionar los inyectores de combustible y las partes de combustión.
    - 3) Sopletear con aire seco a baja presión de un lado a otro tubos de escape y líneas de drenaje de combustión.
    - 4) Inspeccionar el motor entero por decoloración inusual, grietas, desgaste o rozamientos de mangueras, líneas y cables además de otras condiciones inusuales de operación.
    - 5) Revisar la condición de los filtros de entrada de aire.
    - 6) Revisar la condición del motor y los acopladores térmicos del tubo de escape.
    - 7) Revisar las unidades de control de temperatura y velocidad.

El manual de servicio del fabricante debe ser utilizado como punto de inicio para establecer un programa de mantenimiento preventivo para turbinas de combustión de gas. Ajustes en el intervalo de mantenimiento pueden ser hechos tomando como base experiencias en registros u operación.

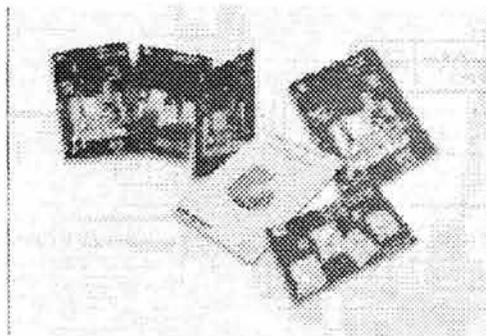


Fig. no. 6 El manual de servicio del fabricante debe ser utilizado como punto de inicio para establecer un programa de mantenimiento preventivo.

### **4.11 Generadores.**

Mantener limpio el equipo es de gran importancia en el mantenimiento preventivo de generadores. No debe permitirse que se acumulen sobre el equipo polvo, aceite y humedad. Los conductos de ventilación deben mantenerse limpios para permitir la máxima ventilación dentro del generador. La importancia de conservar las bobinas limpias no debe ser sobre enfatizada. Polvo, partículas y otros materiales extraños pueden restringir la disipación de calor y deteriorar el aislamiento. Una capa de polvo tan delgada como 30 milésimas de pulgada pueden incrementar la temperatura de operación de las bobinas del generador en 10 °C.

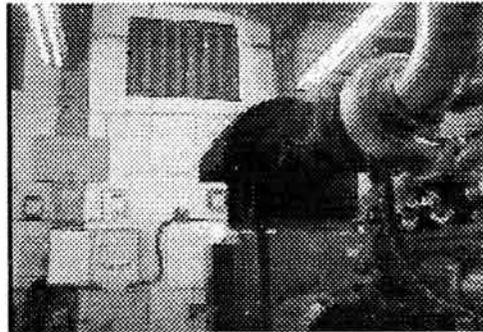


Fig. no. 7 Los conductos de ventilación deben mantenerse limpios para permitir la máxima ventilación dentro del generador

El mejor método para limpiar un generador de partículas libres y secas es el usar una aspiradora con sus accesorios adecuados. Sopletear con aire comprimido a 30 lb./ in<sup>2</sup> también puede ser empleado, pero este método tiene la tendencia a redepositar las partículas. Limpiar con un trapo suave y limpio tiene la desventaja de no ser capaz de remover el polvo de las ranuras y lugares inaccesibles. La acumulación de gasa y aceite puede ser removida por el moderado uso de solventes. Las lecturas de megóímetros pueden ser tomadas después de que ha sido limpio y secado el equipo. Si la resistencia es también baja, la limpieza puede ser repetida.

Inspecciones regularmente programadas pueden incluir la revisión por ajustes de tensión, revisión de todos los cables por rozamiento, rompimiento u otros daños de aislamiento; y revisar soportes, escobillas y conmutador para una correcta condición de operación. Inspección por flujo de grasa de cojinetes dentro del generador. Si se tiene acumulada humedad en el generador, la unidad puede ser seca y desprendida de calentadores u otros métodos que pueden ser utilizados para prevenir la condición de recurrencia. Para secar la

unidad, puede ser utilizado calor externo para reducir la humedad contenida. El calor interno puede entonces ser aplicado por la introducción de una corriente de bajo voltaje a través de las bobinas. La temperatura de las bobinas debe ser monitoreada para prevenir daños al aislamiento durante la operación de secado.

Escobillas y conexiones derivadas pueden ser inspeccionadas por uso y deterioro. Remover las escobillas una al momento y revisar por longitud. Estar seguro de que las escobillas se mueven libremente en sus soportes. Los soportes de las escobillas pueden ser revisadas por tensión correcta. Si el salto de tensión es fuerte y no es ajustable, el soporte debe ser reemplazado.

Las escobillas deben ser reemplazadas cuando están gastadas debajo de la  $\frac{1}{2}$  pulgada. Reemplazar escobillas en grupos completos, no de forma individual. Estar seguro de que los alambres aislados de la conexión sean correctamente conectados. Después de poner nuevas escobillas en los soportes, con cuidado ajustar la superficie de los contactos de las escobillas hacia el conmutador utilizando papel de lija del #1, además del #00. no usar tela de esmeril. Corte el papel de lija en tiras ligeramente más anchas que una de las escobillas. Inserte la tira bajo la escobilla con el lado liso hacia el conmutador y desplácese hacia atrás y hacia delante alrededor del conmutador en la forma de una franja deslizante. Después de que la escobilla haya sido asentada, limpie el carbón de polvo proveniente del conmutador y los uniones de la escobilla.

Los conmutadores pueden ser lisos y tener una ligera coloración café. Un conmutador de generador áspero ó ennegrecido puede ser pulido con un conmutador de piedra de devastación puesta hacia la curvatura del conmutador. Si no está disponible, utilice papel de lija del #00 con un bloque de madera en forma de estrella para conseguir la curvatura del conmutador.

No utilizar tela de esmeril. Todas las escobillas pueden ser levantadas mientras el impulsor del generador mueve lentamente el bloque pulidor hacia atrás y hacia delante. La mica aislante entre las barras del conmutador puede ser rebajada de  $\frac{1}{16}$  a  $\frac{1}{32}$  de pulgada. Como el conmutador se desgasta, puede causar en la mica rugosidades resultando en rebotes de las escobillas. Si ésta condición existe, la mica debe ser rebajada y el conmutador sujeto a mantenimiento por un técnico calificado. No se utilice ningún tipo de lubricantes sobre el conmutador.

Los cojinetes del generador pueden ser sujetos a cuidadosas inspecciones en regulares intervalos programados. La frecuencia de inspección, incluyendo la adición o el cambio de

---

aceite o grasa, es mejor determinada por un estudio de las condiciones particulares de operación. El sellado de los cojinetes no requiere mantenimiento y puede ser reemplazado cuando se gasten o se aflojen. Cuando el generador está en operación, escuchar ruidos inusuales y censar el receptáculo de los cojinetes para detectar vibración o calor excesivo.

Con un correcto mantenimiento preventivo un generador puede proporcionar un confiable y duradero servicio.

#### **4.12 Fuentes de alimentación estáticas ininterrumpibles.**

Muchas fuentes de energía ininterrumpibles (UPS) son instaladas debido a que la carga requiere un suministro ininterrumpible de energía. Por lo tanto, se deben tomar precauciones especiales cuando se aisle un UPS por mantenimiento. Estar consciente de las cargas que son alimentadas por la UPS y notificar inmediatamente al personal de que la desconexión de la UPS es requerida para mantenimiento.

Un UPS estático es extremadamente confiable y requiere muy poco mantenimiento del inversor y el cargador de baterías.

El UPS puede ser completamente aislado de la entrada y salida de energía, incluyendo baterías. Muchos UPS pueden tener un único procedimiento de aislamiento para prevenir la salida de una carga crítica.

El mantenimiento preventivo consiste en la limpieza e inspección del UPS para regulares intervalos periódicos. En ambientes sucios, el tiempo entre intervalos puede ser disminuido. Los siguientes puntos deben ser incluidos en el programa regular de inspección y servicio:

- 1) Remover todas las entradas y salidas de energía de la unidad antes de realizar el trabajo de mantenimiento preventivo.
- 2) Descargar y aterrizar todas las terminales de los capacitores en el cargador e inversor con una barra de aterrizamiento
- 3) Inspeccionar todas las partes por evidencia de sobre calentamiento.
- 4) Inspeccionar todas las partes por evidencia de daño físico.
- 5) Inspeccionar y limpiar, como necesario, todas las tomas de aire y aberturas de gases de combustión.
- 6) Inspeccionar terminales por conexiones flojas o rotas, o aislamiento quemado.
- 7) Revisar por contaminación líquida (electrolitos de batería, aceite de los capacitores, etc.)
- 8) Apretar todas las terminales.

- 9) Revisar la condición de la batería.
- 10) Conectar la fuente de energía y revisar el circuito de control de la fuente de alimentación de voltaje de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- 11) Revisar y ajustar la salida de voltaje y la frecuencia de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Después de que el UPS ha sido reconectado, revisar la salida de voltaje y frecuencia bajo carga. Simular una falla de energía y revisar para una correcta operación del sistema.

### **4.13 Baterías.**

Todos los Sistemas de emergencia y reserva dependen de una batería adecuada y de la operación de carga asociada. Limpieza, nivel del electrolito, registros de voltaje y gravedad específica combinados con una inspección visual concienzuda son esenciales para una batería adecuada y mantenimiento del cargador.

Durante el uso y carga normal, la pérdida de electrolito puede ser mínima solo agua puede ser adicionada para corregir el bajo nivel del electrolito debido a la evaporación. La adición de agua es el más simple requerimiento importante de mantenimiento. En algunas ocasiones, el agua de la llave puede ser utilizada, pero en muchas ocasiones, es mejor utilizar agua destilada o desmineralizada. Se debe tener cuidado para evitar llevar el nivel de la solución hacia más arriba de la marca del contenedor en la celda. Un sobreflujo puede ocurrir durante el tratamiento con gas si también mucha agua ha sido adicionada. Bajo ninguna circunstancia puede permitirse al electrolito incrementarse por encima de el límite de el separador en la celda de elementos. Una reducción de la descarga de celdas podría resultar, y puede resultar también un daño permanente para las placas.



Fig. no. 8 Revisión a baterías.

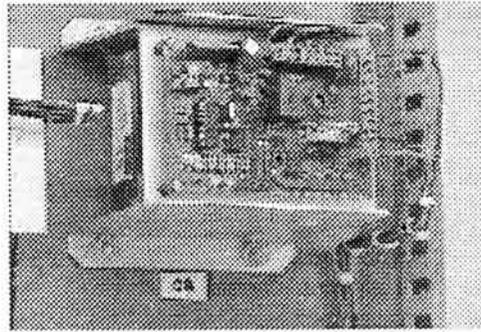


Fig. no. 9 Efectuar revisiones periódicas al cargador de baterías para aumentar su confiabilidad.

#### **4.14 Seguridad.**

Hidrógeno es liberado de todas las baterías de tipo electrolito húmedo durante el periodo de carga. Por lo tanto, una adecuada ventilación por dilución ó medios mecánicos debe ser provista para evitar mezclas explosivas. Señalizaciones de “no fumar” deben ser colocadas en las áreas inmediatas a las baterías. En adición, equipo de protección puede ser utilizado para prevenir el contacto con el ácido de las baterías.

#### **4.15 Tipos de baterías.**

Los principales tipos de baterías de electrolito húmedo son: plomo-antimonio, plomo- calcio y níquel-cadmio. Hay también del tipo plomo-calcio sellado comúnmente conocidas como libres de mantenimiento. Cualquiera de éstos tipos puede ser reemplazado por motores de arranque ó respaldos de corriente directa en Sistemas UPS. El tipo usado puede depender de un número de factores que *incluyen*: confiabilidad, expectativa de vida, costos y ubicación.

#### **4.16 Programa de mantenimiento típico.**

Para asegurar que un Sistema de energía de emergencia y reserva desempeñe su función vital, programas de mantenimiento pueden ser seguidos. El siguiente programa es una guía para baterías y cargadores en servicio típico y pueden variar como las condiciones locales lo dicten.

- Diariamente:
  - 1) Revisar el voltaje del bus

- 2) Revisar el hidrómetro de la celda piloto
- 3) Revisar la corriente de carga y descarga
  - Mensualmente.
    - 1) Revisar el nivel de la celda (añadir agua en caso de ser necesario)
    - 2) Revisar las aberturas de la rejilla de ventilación para enchufes.
    - 3) Inspeccionar las placas de los electrodos por color, partículas, daños ó hinchazón.
    - 4) Inspeccionar el fondo de la celda por residuos.
    - 5) Inspeccionar el exterior del gabinete del cargador por signos de entradas de agua
  - Trimestralmente:
    - 1) Realizar la carga de todas las celdas; una vez finalizada, tomar lecturas de los hidrómetros de todas las celdas.
    - 2) Leer y registrar los voltajes de las celdas 10 a 20 minutos después de iniciar la carga simultánea.
    - 3) Limpiar por fuera de la parte superior de las celdas con solución gaseosa.
    - 4) Revisar las condiciones de las terminales de las celdas y correas; revisar el torque sobre los pernos de conexión cuidadosamente.

#### **4.17 Interruptores automáticos de transferencia.**

Los interruptores automáticos de transferencia requieren mantenimiento, como se hace con muchos de los componentes de instalaciones eléctricas. El interruptor automático de transferencia es usualmente utilizado donde dos fuentes de energía son dispuestas para el propósito de mantener la energía hacia cargas críticas. La necesidad de proporcionar un mantenimiento seguro y reparación de un interruptor automático de transferencia requiere del apagado de ambas fuentes de energía o la instalación de un interruptor de desvío. El interruptor de desvío es usado para aislar al interruptor automático de transferencia mientras se mantiene la energía hacia la carga crítica.

#### **4.18 Ejemplo práctico de un programa de Mantenimiento a un Sistema de emergencia.**

Como hemos expuesto a lo largo de todo este capítulo, la ejecución de un programa correctamente estructurado de mantenimiento de un sistema, es uno de los factores más

---

importantes que va a determinar en gran medida la longevidad del mismo y será la garantía de que se presentarán el menor número de fallas sobre cualquier equipo, asegurando con ello la integridad y por ende, la continuidad en el servicio que ofrece el sistema.

A continuación se presenta el programa de mantenimiento que sugiere el fabricante de plantas de emergencia IGSA S.A. de C.V. para sus productos, estructurado en 4 intervalos de tiempo para revisión: diaria, semanal, mensual y por cada 400 horas efectivas de trabajo. La importancia que reviste este programa va en torno a que contiene de forma práctica muchos de los puntos que se trataron a lo largo de este capítulo, lo que dotará de una mayor objetividad y dará consistencia a todo lo expuesto anteriormente.

#### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

1. Diariamente verificar:
  - a) Nivel de agua en el radiador (o en el intercambiador de calor).
  - b) Nivel de aceite en el cárter o en el gobernador hidráulico, si lo tiene.
  - c) Nivel del combustible en el tanque.
  - d) Nivel del agua en las baterías.
  - e) Limpieza y buen estado del filtro de aire.
  
2. Semanalmente, además de lo anterior:
  - a) Operar la planta en vacío y de preferencia con carga, comprobar que todos sus elementos operen satisfactoriamente.
  - b) Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la misma o en los pasos de enfriamiento.
  
3. Mensualmente; comprobar todos los puntos anteriores además:
  - a) Comprobar la tensión correcta y el buen estado de las bandas.
  - b) Cambiar los filtros de aceite.
  - c) Cambiar los filtros del combustible.
  - d) Cambiar el filtro de aire o limpiarlo.
  
4. Cada 400 horas cambiar filtro de agua (si lo tiene)
  - a) Observar la planta que opere siempre con carga.

---

## **Capítulo 5**

Explicación de  
las normas.

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

**Capítulo 5.**  
**Explicación de las normas aplicables.**

**5.1 Artículo 700 Condiciones especiales:**

**Sistemas de emergencia.**

**Capítulo 7 (4.7) de la Norma Oficial Mexicana**  
**NOM 001-SEDE-1999.**

**A. Disposiciones generales**

**700-1. Alcance.** Los requisitos 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 o fuerza, cuando se interrumpe el suministro normal de energía eléctrica.

Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por Ley y clasificados como tales por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales vigentes.

Estos sistemas deben suministrar iluminación o fuerza automáticamente a las áreas críticas y a los equipos, necesarios para la seguridad de la vida humana, en el caso de falla del suministro normal de energía eléctrica o de los elementos del sistema.

Las disposiciones de este artículo se aplican en la instalación, operación y mantenimiento de Sistemas de emergencia que son esenciales en varios procesos, dentro de los cuales se encuentran los relacionados con el cuidado de la vida humana, en donde tales Sistemas son requeridos legalmente por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales vigentes según su marco de competencia.

Este artículo no especifica bajo qué circunstancias un Sistema de emergencia es requerido, su ubicación o la necesidad de luces de salida. Estas funciones son cubiertas por el artículo 517 referentes a atención a la salud.

**NOTA 1:** Para más información de los requisitos en instalaciones para áreas de atención a la salud véase el Artículo 517.

**NOTA 2:** Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar la salida del local, o para controlar el pánico en edificios con gran concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, servicios de asistencia médica o lugares similares. Los sistemas de emergencia también deben proveer la energía necesaria para equipos tales como: ventiladores, sistemas de alarmas y detección de incendios, ascensores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, y otros con funciones similares donde la interrupción de la energía eléctrica podría producir serios riesgos a la integridad de la vida humana.

Los sistemas de emergencia son diseñados para mantener un grado específico de iluminación o proporcionar energía útil para equipo esencial, tales como bombas para incendio, equipos de quirófano o soporte de vida en hospitales, en caso de la ocurrencia de falla de la fuente normal de alimentación.

Donde las autoridades determinen esa iluminación de emergencia, incluida la correcta ubicación de señales de salida, se requiere para cuidar la salida de varios tipos de edificios o partes del edificio, que sea proporcionada una suficiente iluminación a corredores, escaleras, vestíbulos, etc.

**700-2. Otros Artículos aplicables.** Los sistemas de emergencia deben cumplir con las demás disposiciones de esta NOM que les sean aplicables, excepto lo modificado en este Artículo.

**700-3. Aprobación del equipo.** Todo equipo utilizado en los sistemas de emergencia debe estar aprobado para este uso.

**700-4. Pruebas y mantenimiento**

**a) Verificación del sistema.** Se realizará una prueba con carga del sistema completo al ser instalado, y posteriormente a intervalos periódicos.

**b) Pruebas periódicas.** Los sistemas se deben probar periódicamente por el usuario, para asegurar que los trabajos de mantenimiento son los adecuados para mantener las condiciones apropiadas de funcionamiento.

**c) Mantenimiento de sistemas de baterías.** Los sistemas de baterías, incluyendo los acumuladores utilizados para el arranque, control o ignición de máquinas auxiliares, deben tener mantenimiento periódico.

**d) Registros escritos o bitácora.** Se debe mantener un registro o bitácora de todas las pruebas y trabajos de mantenimiento.

**e) Prueba con carga.** Se deben proveer medios necesarios para la prueba de sistemas de emergencia de alumbrado y fuerza, en condiciones de carga máxima.

En éste artículo se hace referencia, en primer lugar a los tiempos en los cuales se debe llevar a cabo pruebas de inspección al Sistema de emergencia, tanto al instalar como después de la instalación para ciertos intervalos de tiempo. Sin embargo, la frecuencia de estos intervalos será determinada finalmente por la autoridad local de inspección. No está claro si cualquier documentación de tales pruebas es requerida, ni alguna indicación en específico de quién deba conservar tal documentación. Ante la ausencia de una guía específica del Código Nacional Eléctrico (NEC), el inspector local deberá de ser consultado con respecto a cualquier papeleo que se pueda requerir.

Los sistemas de emergencia deben ser probados durante las condiciones máximas anticipadas de carga. Realizar las pruebas por debajo de las condiciones a plena carga puede resultar engañoso y por lo tanto, no podrán ser consideradas veraces.

**700-5. Capacidad del sistema**

**a) Capacidad nominal.** Los sistemas de emergencia deben tener la capacidad nominal adecuada para la operación simultánea con todas las cargas. El equipo del sistema debe ser adecuado para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en sus terminales.

Es esencial que el Sistema de emergencia sea diseñado con una adecuada capacidad para que de forma segura soporte la carga entera, una vez que ésta sea conectada hacia el Sistema de emergencia por un determinado tiempo. El Sistema de emergencia requerido será capaz de restablecer las cargas de emergencia tales como motores. El equipo requerido del cual consta el Sistema de emergencia, debe ser adecuado a la corriente de falla disponible. El uso de dispositivos que limitan dicha corriente de falla es uno de los métodos que pueden llegar a adecuarse.

**b) Sistema selectivo de carga y desconexión de carga.** Se permite que la fuente alterna suministre energía a los sistemas de emergencia, de reserva requeridos legalmente y a los de reserva opcional, si se provee de un sistema automático selectivo de toma y desconexión de carga para asegurar la energía adecuada a cada sistema, según se necesite, en ese orden de prioridad. La fuente alterna también puede usarse para reducir el efecto de los picos de carga si se cumplen las condiciones anteriores y adicionalmente los requisitos de prueba indicados en 700-4.

Esta sección permite a un generador atender a más de un nivel de emergencia, reserva u otras cargas. También permite el uso de un generador para la reducción del efecto de los picos de carga, fuente de alimentación de respaldo y otros usos. Sin embargo, la seguridad que requieren estas cargas prioritarias debe ser correcta y confiablemente atendida. Para proporcionar esa seguridad requerida, tales sistemas requieren ser mantenidos y probados periódicamente.

Una fuente alterna portátil o provisional debe estar disponible para sustituir al generador de emergencia cuando esté fuera de servicio por mantenimiento mayor o reparación.

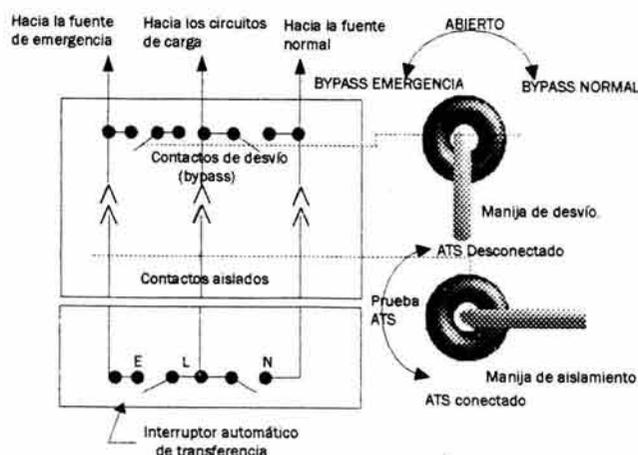
El uso adicional de este tipo de equipos puede resultar de atender a otras cargas que pueden necesitar una mayor aportación de energía de los grupos de generadores de emergencia. De otra manera, el uso del generador de emergencia para alimentar a cargas que no son de emergencia, proporciona la seguridad de que el generador de emergencia puede alimentar con energía cuando sea necesario. El requerimiento para una fuente portátil o una fuente alterna temporal es que provea energía de emergencia cuando el grupo generador esté fuera de servicio por un largo tiempo. Un mantenimiento mayor o un procedimiento de reparación es una de las causas que mantienen al grupo generador fuera de servicio por más de unas pocas horas.

**700-6. Equipo de transferencia.** El equipo de transferencia debe ser automático y aprobado para este uso. Debe ser diseñado e instalado para prevenir la conexión accidental de la alimentación normal y la fuente de emergencia, por medio de bloqueo mecánico. Véase 230-83.

Se permite el uso de medios para desvío y separación del equipo de transferencia. Cuando se usen estos medios, se debe evitar el funcionamiento involuntario en paralelo.

Cualquier interruptor u otro dispositivo de control que transfiera las cargas de emergencia desde la fuente normal de energía de un sistema hacia la fuente de alimentación de energía de emergencia debe operar automáticamente ante la pérdida de la fuente normal. El equipo de transferencia debe ser también automático para Sistemas de reserva requeridos legalmente, como se cubre en el artículo 701-7, pero un interruptor manual de transferencia puede ser utilizado para conmutar las cargas de la fuente normal hacia una fuente opcional de energía de reserva, como se indica en el artículo 702-6.

Como fue descrito en el párrafo anterior, un interruptor de desvío (bypass) es reconocido dentro de la estructura de un Interruptor Automático de Transferencia (ATS) para ser utilizado en condiciones de reparación o mantenimiento del Interruptor Automático de Transferencia (ATS), como se muestra en la siguiente figura:



Esquema que representa a un interruptor de desvío (bypass).

Debido a que en muchos hospitales y sistemas industriales se contienen interruptores de transferencia estos no pueden ser deshabilitados, se requiere por lo tanto alguna forma de aislar al interruptor de transferencia para realizar mantenimiento de rutina o por alguna labor

en específico, de igual forma para el reemplazo de contactores. Cuando un interruptor de desvío es utilizado, la operación accidental en paralelo debe ser impedida.

**700-7. Señalización.** Donde sea necesario, se debe proveer de 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 están funcionando.

**c) De no-operación.** Para indicar que el cargador de batería no está funcionando.

**d) De falla a tierra.** Para indicar una falla a tierra en sistemas en estrella de puesto a tierra, de más de 150 V a tierra y con dispositivos de protección de circuitos de 1000 A o más. El sensor para los dispositivos de señalización de falla a tierra deberá estar ubicado en o delante de los medios de desconexión del sistema principal de la fuente de emergencia, y el ajuste del dispositivo de señalización no debe exceder de 1200 A de falla a tierra. 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.

Pruebas incorrectas o ausencia de ellas, mantenimiento inadecuado y fallas de los encargados de observar las señales visuales indicando mal funcionamiento del equipo cargador de baterías son de las mayores causas de fallas sobre equipos de emergencia.

Los dispositivos de señalización deben de ser colocados en un área donde puedan ser visibles para su lectura o escuchados por los encargados u otro personal familiarizado con la operación del equipo de emergencia.

En lugares tales como teatros o salas de conciertos, la señalización por alarmas audibles o zumbadores dispuestos para anunciar las funciones especificadas en la sección 700-7 deben ser ubicados donde su sonido no cause pánico.

Las unidades con equipo operado por baterías, generalmente tienen un interruptor de prueba para simular una falla del sistema normal y una luz indicadora que enciende mientras la batería se esta cargando y se apaga cuando está lista. Las cubiertas de plástico transparente son requeridas para ser utilizadas con las baterías de plomo -ácido para una visualización fácil de los niveles del electrolito.

Un sistema de almacenamiento de batería es normalmente capaz de entregar 12, 24, 32 ó 120 V y consiste de gabinetes de monitoreo y distribución, así como consolas con baterías y cargadores. Este sistema generalmente incluye dispositivos de señalización auditiva, visual y remota, interruptores de prueba y también pueden ser provistos con una campana de aviso y un interruptor de silencio.

Aunque la sección 700-26 indique que la protección de equipos de fallas a tierra no es requerida en fuentes alternas para sistemas de emergencia, fallas a tierra pueden ocurrir en tales sistemas, y esto puede resultar en daños al equipo. Debido a la naturaleza de tales sistemas, la desconexión automática en el caso de fallas a tierra no es apropiado. Sin embargo, la detección de dichas fallas es muy recomendable.

#### **700-8. Rótulos**

**a) Fuentes de emergencia.** Se debe colocar un rótulo en el equipo de entrada de la acometida que indique el tipo y la localización de las fuentes de emergencia ubicadas en el lugar.

*Excepción: No es necesario instalar letreros en los equipos unitarios, como se indica en 700-12 (e).*

**c) Puesta a tierra.** Donde el conductor puesto a tierra del circuito conectado a la fuente de emergencia se conecte al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar remoto de la fuente de emergencia, debe haber un rótulo en el lugar de la conexión que identifique a todas las fuentes normales y de emergencia conectadas en ese lugar.

La sección 700-8 añadida a partir del la norma de 1993 del NEC (National Electrical Code) requiere de una señalización para la ubicación de aterrizamiento, en donde la fuente de emergencia sea conectada hacia un electrodo conductor de aterrizamiento en una ubicación remota a la fuente de emergencia. La señalización es requerida para indicar todas las fuentes

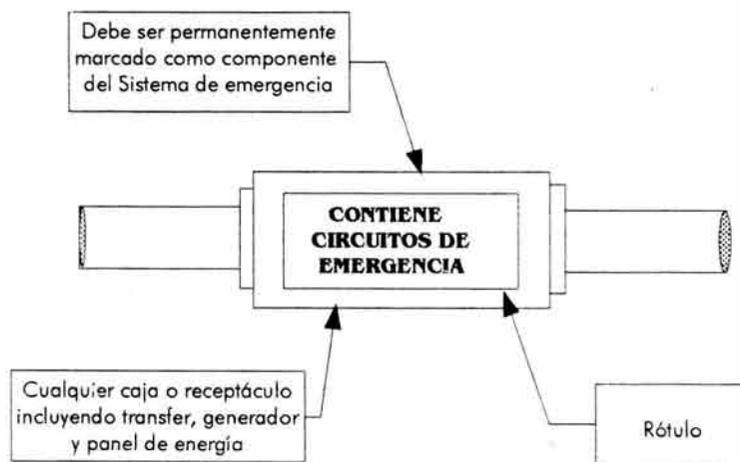
aterizadas en ese lugar. Esto aplica para la instalación en donde el conductor neutro no es conmutado por el interruptor de transferencia (por ejemplo en una instalación a tres fases, un generador de cuatro hilos es conectado hacia un interruptor de transferencia de 3 polos).

### B. Alambrado de circuitos

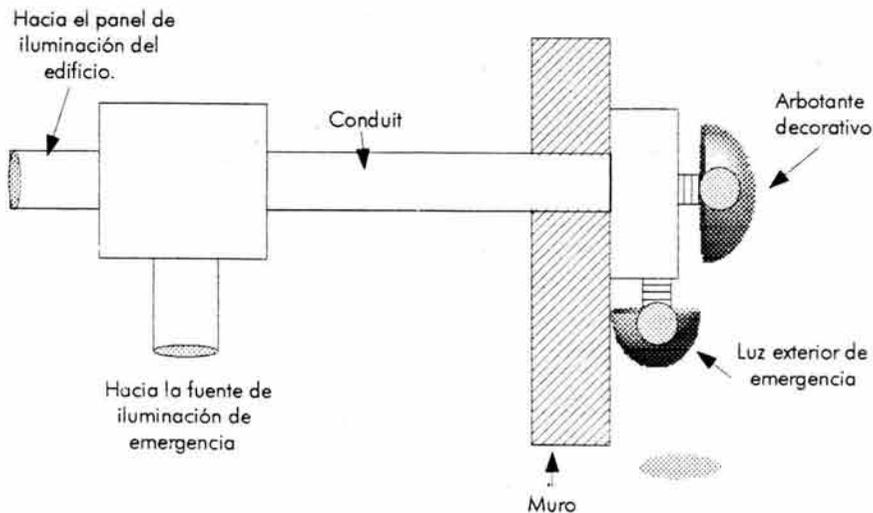
#### 700-9. Alambrado de sistemas de emergencia

- a) **Identificación.** Todas las cajas y envolventes (incluyendo desconectores de transferencia, generadores y tableros de distribución) para circuitos de emergencia deben ser marcados de forma que puedan ser identificados fácilmente como componentes de un circuito de emergencia.

El marcado puede ser de acuerdo a algún código de colores, puede ser rotulado como "Sistema de emergencia" o con cualquier otro tipo de caracterización que permita identificar la caja o cubierta como un componente del sistema de emergencia.



Identificación de los alambrados.



En esta figura se muestra como el alambrado de emergencia está colocado en la misma canalización junto con el alambrado para circuitos de no emergencia, además la canalización del circuito de emergencia debe ser marcada. Lo cual representa una trasgresión del artículo 700-9 b).

**b) Alambrado.** El alambrado desde la fuente de emergencia o desde los dispositivos de protección contra sobrecorriente del sistema de distribución de la fuente de emergencia a las cargas de emergencia, debe mantenerse completamente independiente, y no debe pasar por la misma canalización, cable, caja, gabinete o equipo de otros sistemas de alambrado.

**Excepción 1:** Dentro de la cubierta del equipo de transferencia.

**Excepción 2:** En anuncios de salida o equipos de alumbrado para emergencia alimentados desde dos fuentes.

**Excepción 3:** En una caja de empalme unida a un anuncio de salida o equipo de alumbrado para emergencia alimentada desde dos fuentes.

**Excepción 4:** Está permitido colocar en la misma canalización el alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados desde la misma fuente.

**Excepción 5:** En una caja de empalme unida a un equipo unitario, la cual contenga solamente el circuito derivado que alimenta al equipo y el circuito de emergencia suministrado para el equipo.

No está permitido el acceso del circuito de emergencia por el mismo canal de conductores eléctricos, el mismo cable, caja o gabinete con el cableado normal o regular del edificio correspondiente, un ejemplo claro se mostró en la figura anterior. El alambrado para los circuitos de emergencia requieren estar completamente independiente de todos los demás alambrados y equipos, con lo que se asegura que cualquier falla en el alambrado de los circuitos normales no afectará el desempeño del circuito de emergencia o el equipo del mismo.

Para efectuar la transferencia inmediata de un sistema hacia el otro, es necesario que ambas, la fuente normal y la fuente de emergencia estén presentes dentro de un interruptor de transferencia incluido por la excepción no. 1.

Las excepciones números 2 y 3 permiten el uso de dos lámparas de salida ó dos lámparas de emergencia fijas donde una lámpara es conectada hacia la alimentación normal y una lámpara es conectada hacia la fuente alterna. Esto puede entenderse como que ambas lámparas pueden ser iluminadas como parte de la operación regular de iluminación.

El alambrado en el lado de la carga de un interruptor de transferencia sirve como ambas, como alambrado del circuito de emergencia y como alambrado del circuito normal. Esto no es con la idea de que dos grupos de alambrados alimenten cargas de emergencia del interruptor de transferencia hacia el panel de distribución de cargas de emergencia mostrado en las figuras 1, 2 y 3, o de éstos paneles de distribución de emergencia hacia las cargas de emergencia.

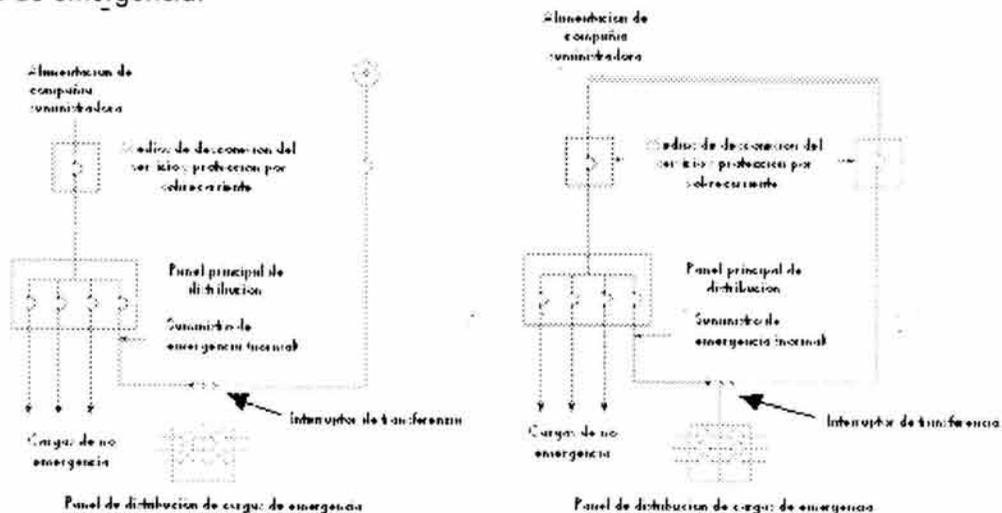


Figura 1

Figura 2

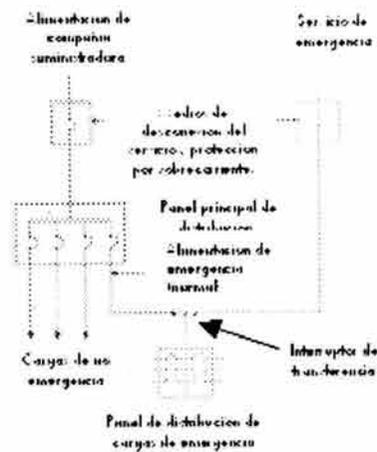


Figura 3

Los circuitos de emergencia deberán diseñarse y localizarse, de forma que se minimicen los riesgos que puedan causarles daño como inundaciones, incendios, vandalismo y otras condiciones adversas.

Este requerimiento fue revisado por el código de 1993 del NEC para establecer el diseño e instalación que minimice la probabilidad de deterioro de el sistema de emergencia ocasionado por inundaciones, incendios, vandalismo y otras condiciones adversas. El mismo requerimiento aplica para fuentes de energía abordadas en la sección 700-12.

**c) Protección contra incendios.** En las construcciones donde pueda haber más de 1000 personas o que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a actividades educativas, comerciales o de oficinas, viviendas, negocios, centros de rehabilitación o en los que haya lugares de reunión, los sistemas de emergencia deben cumplir además los siguientes requisitos:

- 1) Los cables de alimentadores deben estar instalados en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, entre otros) o deben formar una instalación protegida y aprobada, con clasificación resistente al fuego de una hora.
- 2) El equipo del circuito alimentador (incluidos los desconectadores de transferencia, transformadores, tableros de distribución, etc.) debe estar instalado en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, entre otros) o deben formar una instalación protegida, aprobada, con clasificación resistente al fuego de una hora.

### C. Fuentes de alimentación

**700-12. Requisitos generales.** El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal al edificio o grupo de edificios, el alumbrado, la energía 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 señalados en los incisos (a) a (d) siguientes. El equipo que esté de acuerdo con lo indicado en 700-12 (f) debe cumplir con los requisitos de ese 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 el alumbrado para la evacuación de un teatro, o de larga duración como el alumbrado y la energía por una falla prolongada dentro o fuera de un edificio.

En las construcciones en las que pueda haber más de 1000 personas o que tengan más de 23 m de altura y que estén dedicadas a actividades educativas, comerciales o de oficinas, viviendas, negocios o centros de rehabilitación, o en las que haya lugares de reunión, el equipo de las fuentes de suministro para los sistemas de emergencia, tal como se describe en los siguientes incisos (a) a (d), debe estar instalado en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios aprobados (rociadores automáticos, sistemas de dióxido de carbono, etcétera) o en espacios con clasificación resistente al fuego de una hora.

---

**NOTA:** La asignación del grado de confiabilidad del sistema de suministro de energía de emergencia, depende de una cuidadosa evaluación de las variables de cada instalación en particular.

Esta sección lista algunos de los diferentes tipos de sistemas de alimentación de emergencia que son aceptados, con uno ó mas de tales sistemas requeridos en donde la alimentación de emergencia es pedida por ley. Especifica que la transferencia entre las fuentes normal y de emergencia no debe exceder los 10 segundos. Este es un cambio en la redacción previa de que, la fuente de alimentación requerida de emergencia esté "inmediatamente disponible" ante la pérdida de la fuente normal.

En los últimos párrafos de la primer parte de este artículo se presenta información importante sobre la protección de fuentes de energía de emergencia para ciertas aplicaciones. Tales protecciones deben ser provistas a través de:

- 1) rociadores automáticos
- 2) encerrando el equipo en una habitación con paredes resistentes al fuego por 1 hora.

**a) Baterías.** Las baterías instaladas como fuente de alimentación para sistemas de emergencia deben ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la carga total, durante un periodo de por lo menos una hora y media, sin que la tensión eléctrica aplicada a la carga caiga por debajo de 87,5% de lo normal.

Las baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, deben estar diseñadas y construidas para servicio de emergencia y ser compatibles con el tipo de cargador de la instalación particular.

Para las baterías que no requieren mantenimiento, el envase no necesita ser transparente. Las baterías de tipo plomo-ácido que necesitan la adición periódica de agua, deben estar provistas de envases transparentes o transiúcidos. No se deben utilizar baterías de uso automotriz.

Se debe proveer un medio de carga automática de las baterías.

En este inciso se trata de baterías de almacenamiento para una fuente de emergencia. Una batería de almacenamiento de energía de emergencia debe mantener un voltaje hacia la carga a no menos del 87.5% del nivel nominal. Esto deberá entenderse como "87.5 % del voltaje del sistema" —es decir, el voltaje de la batería- debido a que interesa conservar el voltaje hacia las lámparas a un 87.5%. La electrónica que existe entre la batería y las lámparas mantienen el requerido "voltaje de carga", y el voltaje de la batería no es en sí la mayor prioridad.

#### **b) Grupo generador**

1) El grupo generador debe ser aprobado, y su capacidad debe estar de acuerdo con lo señalado en 700-5. Se deben proveer los medios necesarios para el arranque automático de la fuerza motriz cuando falle 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 minutos para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo, del suministro normal.

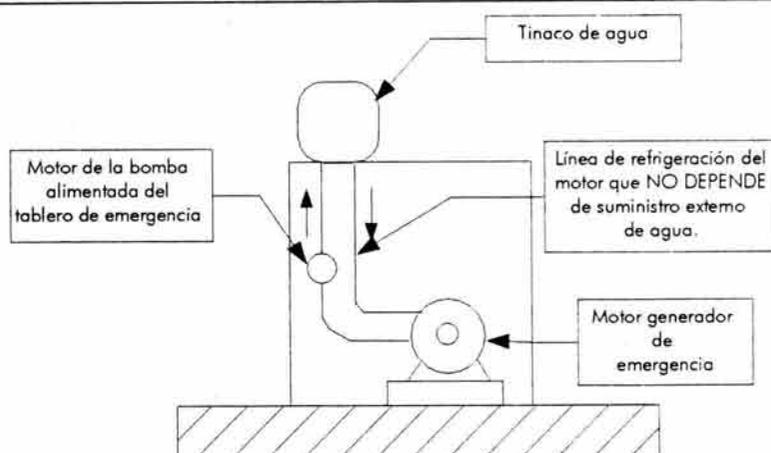
2) Donde se use como fuerza motriz un motor de combustión interna, debe proveerse la cantidad suficiente de combustible para el funcionamiento del sistema por un lapso no-menor de dos horas a plena carga.

3) La fuerza motriz no debe depender exclusivamente del servicio público para la 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:** Se permite el uso adicional de combustible del servicio público que no esté en el sitio, cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del combustible suministrado externamente y el suministro normal de energía eléctrica.

4) Cuando se usa una batería para energizar sistemas de control o señalización, o como medio de arranque de la fuerza motriz, ésta debe ser adecuada para el uso, y estar equipada con medios de carga automáticos independientes del grupo del generador.





La refrigeración para un grupo generador de emergencia debe ser asegurada para la operación continua del generador.

Una excepción en el apartado b) de éste artículo, permite el uso de la alimentación de gas de servicio público hacia el motor de un generador de emergencia –usado a discreción del inspector local- donde la pérdida simultánea de ambas, energía eléctrica y suministro de gas sea altamente improbable.

Como se requiere en el párrafo 4) una batería usada con un grupo generador debe tener una capacidad adecuada si ésta realiza el volteado del cigüeñal para el arranque del motor o simplemente es utilizada para control y señal de energía para otros recursos (tal como el aire comprimido) para el arranque del motor.

**c) Fuente de alimentación ininterrumpible.** Las fuentes de alimentación ininterrumpible usadas para suministrar energía a sistemas de emergencia, deben cumplir con lo establecido en los incisos (a) y (b) de 700-12.

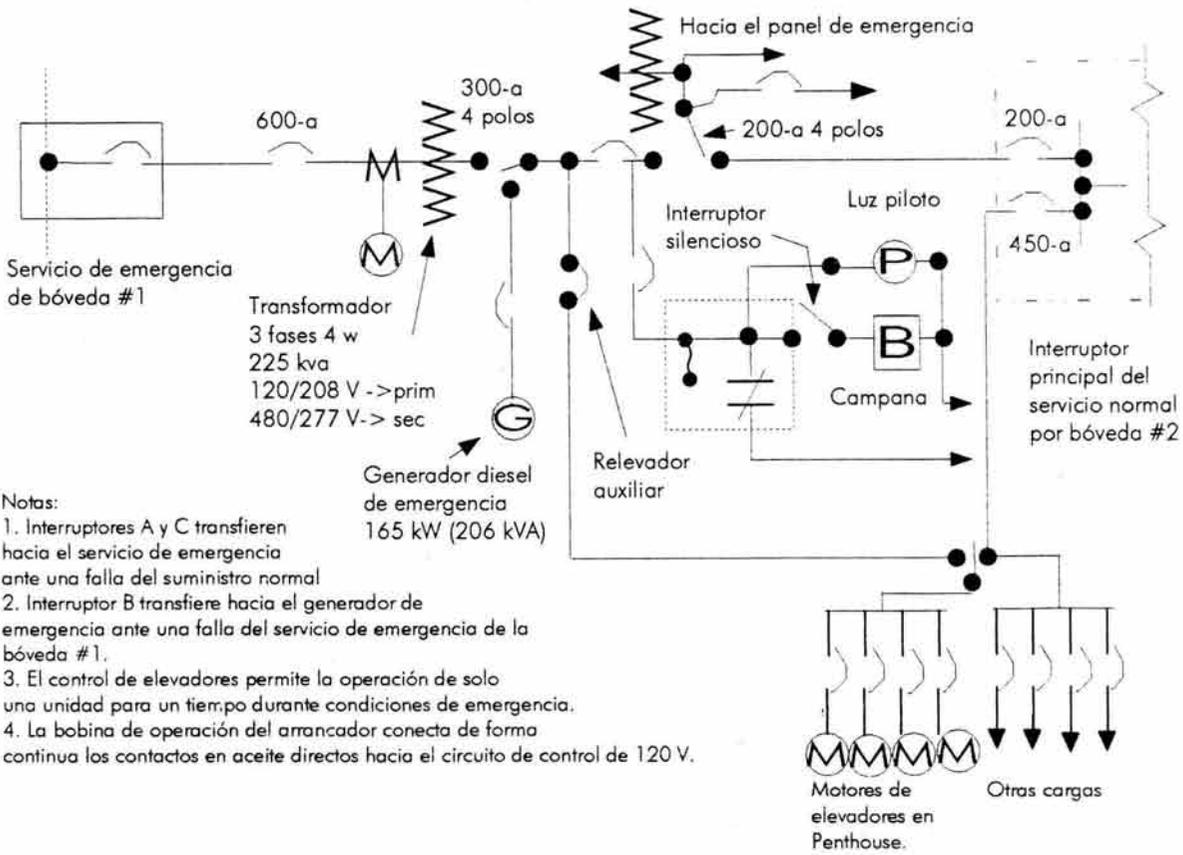
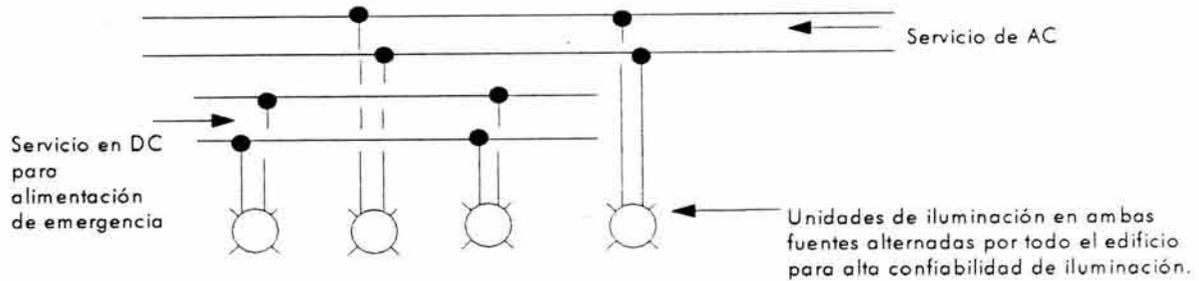
La parte C permite un suministro ininterrumpible de energía, para la provisión de energía de emergencia abasteciendo con la capacidad de la batería, satisfaciendo con ello, lo estipulado en el apartado a), y si un generador es también usado –lo cual es generalmente el caso- éste debe satisfacer el apartado b).

**d) Acometida separada.** Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permite una segunda acometida eléctrica para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea, y deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 230, con diferente bajada de acometida aérea o estar suficientemente separada, tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, con el objeto de disminuir la posibilidad de una interrupción simultánea del suministro.

Como se reconoce en el apartado d), dos servicios separados conducidos hacia diferentes lugares en el edificio son preferibles siempre, y estos servicios deben al menos recibir su alimentación de transformadores separados donde esto se pueda llevar a cabo. En algunos lugares, los requerimientos de competencia municipal requieren cualquiera de los dos, ya sea, servicios provenientes de fuentes independientes de energía, suministro para alumbrado de emergencia proveniente de una batería de almacenamiento, un generador impulsado por un turbina de vapor, motor de combustión interna u otras formas de primo impulsor.

En la siguiente figura se muestran dos diferentes formas de servicio de tipo alimentación de emergencia. El método abajo ilustrado utiliza dos entradas de fuentes de emergencia.

Servicio separado de emergencia



- Notas:
1. Interruptores A y C transfieren hacia el servicio de emergencia ante una falla del suministro normal
  2. Interruptor B transfiere hacia el generador de emergencia ante una falla del servicio de emergencia de la bóveda #1.
  3. El control de elevadores permite la operación de solo una unidad para un tiempo durante condiciones de emergencia.
  4. La bobina de operación del arrancador conecta de forma continua los contactos en aceite directos hacia el circuito de control de 120 V.

Las medidas para un Servicio dual de emergencia pueden tomar diferentes formas.

**e) Conexión antes de los medios de desconexión de la acometida.** Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permiten las conexiones antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida normal. La acometida de emergencia debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro debida a una falla dentro del edificio o grupo de edificios servidos.

**NOTA:** Véase 230-82, que se refiere a los equipos permitidos en el lado de alimentación de los medios de desconexión.

Cuando se diseñan sistemas de emergencia, ya sea para iluminación, energía o ambos, se requiere tomar en cuenta ciertas consideraciones según el tipo de servicio que sea prestado.

Los sistemas de alimentación pueden ser diseñados como uno o más de los siguientes:

1. Una batería de almacenamiento o bien, un grupo de baterías de almacenamiento provistas con dispositivos para la carga de las mismas. Se refiere a este respecto el artículo 480 y el párrafo a) de este artículo 700-12.
2. Un grupo generador impulsado por un primotor, aceptado por la autoridad correspondiente en la jurisdicción, y con una adecuada capacidad para conducir la máxima carga conectada. Los primos motores pueden ser motores de combustión interna, turbinas de gas, de vapor o algunos otros tipos aprobados. Una batería de almacenamiento utilizada para arrancar el primo motor requiere que sea provista con medios automáticos de recarga. Se requiere de una alimentación de combustible en el sitio suficiente para operar los motores de combustión interna a carga plena por 2 horas.

El suministro de combustible fuera del sitio puede ser utilizado en donde por experiencia se tiene demostrada su confiabilidad. El suministro de combustible fuera de sitio puede también ser utilizado donde se pueda entregar una gran confiabilidad en los motores de gasolina, diesel ó en áreas aisladas donde el mantenimiento o el reabastecimiento pudiera ser un problema.

Algunos tipos de impulsores, particularmente los grandes, pueden tomar tanto como 10 segundos para acelerar y desarrollar voltaje. Turbinas de gas y de vapor así como grandes motores de combustión interna pueden tener prolongados periodos de arranque. Dependiendo de las cargas en específico, un suministro en corto tiempo puede ser provisto con la alimentación de energía ininterrumpible; un generador actuando con otras cargas; o un generador con un suministro de emergencia limitado, tal como un extensor, turbina de vapor o un sistema que disipe calor.

3. Dos acometidas, aérea o subterránea, separadas a gran distancia tanto eléctrica como físicamente y las preferidas por algunas autoridades estarían completamente independientes de cada una de las otras; esto es, separar la ubicación de las acometidas y separar los transformadores así como alimentar de subestaciones de servicio público separadas en donde sea posible.
4. Las fuentes de energía ininterrumpible (UPS) generalmente incluyen un rectificador, una batería de almacenamiento y un inversor AC. Estos pueden ser sistemas muy complejos con componentes redundantes y conmutadores de estado sólido de alta velocidad. Es práctica común el incluir un desvío automático para cuando se presente una avería en el UPS y se necesite someter la unidad a mantenimiento.
5. La utilización de un servicio separado o conexión delante del desconectador de la acometida requiere ser evaluado por la autoridad que tenga jurisdicción. Tal juicio debe estar basado en la naturaleza de las cargas de emergencia y de la confiabilidad esperada de otras fuentes disponibles.

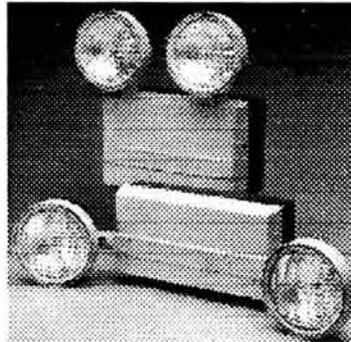
**f) Equipo unitario.** El equipo unitario para iluminación de emergencia debe incluir: (1) una batería recargable; (2) los medios para la carga de la batería; (3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas, y (4) un relé para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal. La batería debe ser de características

nominales y capacidad suficiente para alimentar y mantener a no-menos de 87,5% de la tensión eléctrica nominal de la batería, la carga total de lámparas asociadas a la unidad, durante un periodo mínimo de una hora y media, o deben alimentar y mantener a no-menos de 60% de la iluminación inicial de emergencia por un periodo no-menor de una hora y media. Las baterías del tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse para servicio de emergencia.

El equipo unitario debe instalarse permanentemente en su lugar (no-portátiles), y todo el alambrado a cada unidad debe estar de acuerdo con los requisitos de alguno de los métodos de alambrado descritos en el Capítulo 3. Las conexiones con cordón flexible y clavija pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor de 1 m. El circuito derivado que alimente al equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimente al alumbrado normal del área, estar claramente identificado en el tablero de distribución y debe estar conectado antes de cualquier apagador. Las luminarias 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 700-9 y por uno de los métodos indicados en el Capítulo 3.

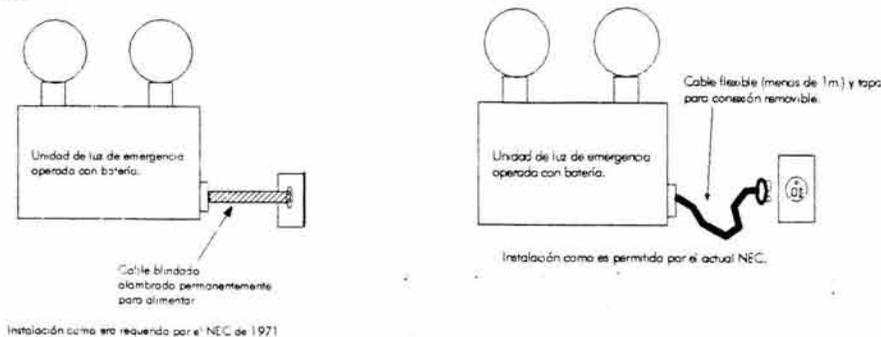
**Excepción:** En un área separada y sin divisiones, con un mínimo de tres circuitos de alumbrado normal, se permite instalar un circuito derivado separado para equipo unitario, si éste se origina desde el mismo panel de alumbrado y control y está provisto de un dispositivo de bloqueo.

El apartado f) de éste artículo, cubre las unidades típicas de emergencia con baterías fijas en pared, como se muestra en la siguiente figura:



Lámparas de emergencia fijas para pared.

El Código Nacional Eléctrico de 1971 en su párrafo f) aceptaba solo conexiones de unidades de luz de emergencia por medio de cableado fijo. Actualmente el mismo, reconoce la conexión con alambrado permanente o conexiones con cordón y clavija hacia un receptáculo.



No está permitido que el equipo unitario sea conectado en lo alto con cable flexible y clavijas de conexión, esto es para que el equipo unitario esté permanentemente fijo en el lugar.

El equipo unitario individual proporciona iluminación de emergencia para el área en la cual es instalado; si embargo, no es necesario conducir una derivación del circuito hacia el equipo de la acometida para alimentar a la unidad. Esta sección claramente indica que la

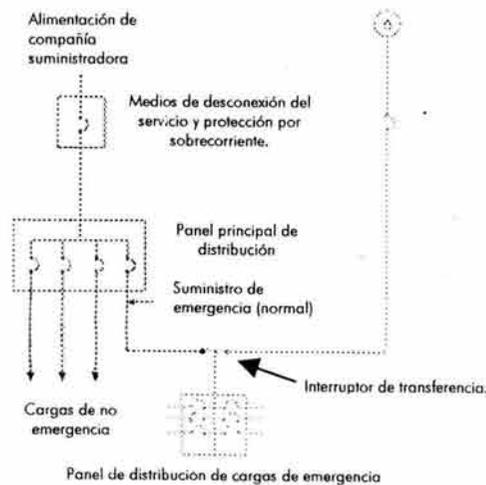
derivación del circuito alimentando a la iluminación normal en el área a atender es el mismo circuito que debe abastecer al equipo unitario.

En el apartado f) el objetivo del 87.5% del valor es para asegurar una correcta iluminación de salida de las lámparas abastecidas por el equipo unitario. Generalmente se considera aceptable el diseñar equipo que pueda producir niveles aceptables de iluminación para 1.5 horas requeridas, ni aún el nivel del 87.5% de la batería no podría ser mantenido durante ese periodo. El objetivo es adecuar la salida de luz para permitir la salida de edificios en emergencias. Sin embargo, el equipo unitario debe abastecer y mantener no menos de 60 % de la iluminación de emergencia por un periodo no menor a 1.5 horas.

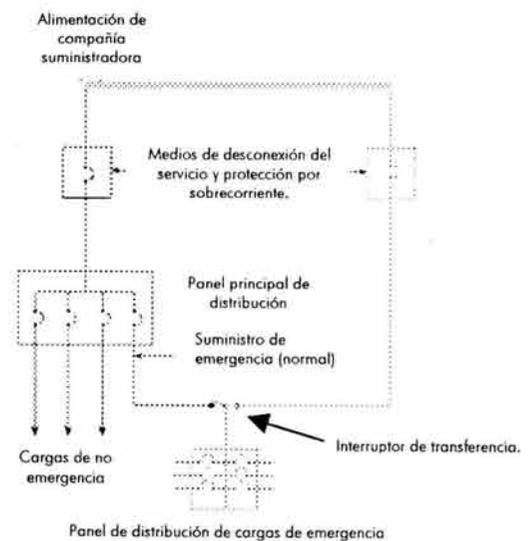
### NOTAS SOBRE REQUERIMIENTOS GENERALES PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Se requiere que sean provistas, al menos dos fuentes de energía; esto es, una fuente normal de abastecimiento y una o más tipos de sistemas de emergencia como las que fueron descritas en la sección correspondiente en el artículo 700-12. Las fuentes pueden ser:

- 1) Dos servicios, una alimentación normal y una alimentación de emergencia (preferentemente de estaciones de servicio pública separadas)
- 2) Un servicio normal y una sistema con batería de almacenamiento (o equipo unitario) .
- 3) Un servicio normal y un grupo generador.
- 4) Un servicio normal y un servicio de emergencia conectado hacia el lado de la línea del servicio normal (usualmente en el exterior del edificio), como se observa en las siguientes figuras.



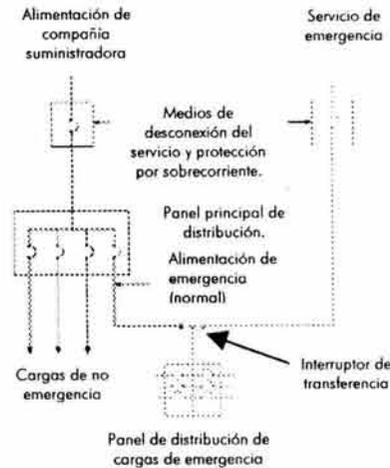
Carga de emergencia configurada de tal manera para que sea abastecida de dos acometidas lejanamente separadas como es permitido por la sección d) del artículo 700-12. Ante una falla en uno de los servicios, la carga de emergencia puede ser transferida hacia el otro servicio



Servicio de emergencia configurado de tal forma que sea abastecido por la derivación delante del panel principal como es permitido por la sección e) del artículo 700-12.

Un modo de transferencia ( o disparo sobre el interruptor) se requiere que sea provisto para energizar al equipo de emergencia del suministro alterno, cuando la fuente normal de alimentación es interrumpida. Donde dos acometidas son utilizadas, ambas pueden operar normalmente, pero el equipo para iluminación y energía de emergencia se requiere que sea configurado para ser energizado de cualquiera de los dos servicios.

Donde la fuente alterna o de emergencia de abastecimiento es una batería de almacenamiento o un grupo generador, el sistema de emergencia simple es usualmente operado en el servicio normal, y la batería (o baterías) o generador operan solo si el servicio normal falla. Como se muestra en la figura siguiente. Sin embargo, un generador puede ser utilizado para atender los picos de carga, etc, de acuerdo con la sección b) del artículo 700-5.



Carga de emergencia configurada para ser abastecida desde un generador como lo permite la sección b) del artículo 700-12.

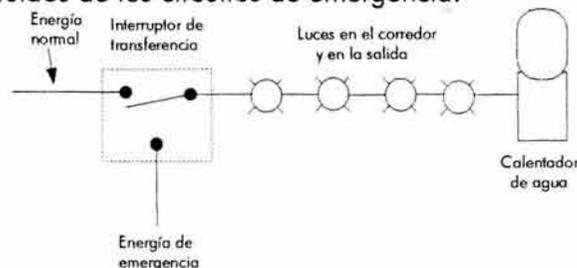
Dos o mas sistemas separados y completos pueden ser utilizados para proveer corriente para el alumbrado de emergencia, pero se requieren medios que sean provistos para energizar un sistema ante la falla del otro.

Esto es señalado para las provisiones que se deben tomar para medios de desconexión y protección por sobre corriente, con objeto de que sean equipados para operación con sistemas de emergencia como se requiere en el artículo 230.

**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 eléctricos ni lámparas que no sean los especificados como necesarios para su utilización en estos servicios.

La siguiente figura muestra el ejemplo de una clara violación de esta regla, debido a que ciertos aparatos son excluidos de los circuitos de emergencia.



El calentador de agua no es parte del circuito de emergencia.

**700-16. Alumbrado de emergencia.** El alumbrado de emergencia debe incluir las rutas de evacuación, avisos de salida y otras áreas o avisos considerados como necesarios.

Los sistemas de alumbrado de emergencia deben ser diseñados e instalados de forma que la falla de un elemento cualquiera, como es el caso de una lámpara fundida, no deje en total oscuridad al área asignada.

En sistemas de alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad, como de vapor de sodio, vapor de mercurio y aditivos metálicos, de alta y baja presión, que constituyen la única fuente de alumbrado normal, el sistema de alumbrado de emergencia debe estar diseñado para que funcione por un tiempo adicional, hasta que el alumbrado normal se restaure.

**Excepción:** Cuando otros medios alternativos aseguren que el nivel de luminosidad de emergencia se mantiene mientras se restaura el sistema normal.

Se señala que todas las luces de salida son diseñadas como parte del sistema de emergencia, y como tal, sus circuitos deben conformarse de acuerdo al artículo 700-17.

Donde luminarias de descarga de alta intensidad son la única fuente de iluminación normal, el sistema de iluminación de emergencia debe continuar operando por un tiempo suficiente después de regresar la energía normal para permitir que las luminarias de descarga de alta intensidad comiencen a alumbrar. Este artículo en el tercer párrafo está encaminado a prevenir la condición de que al regreso de la energía normal y la desconexión de la iluminación de emergencia se deje a oscuras al edificio debido al inherente retardo de tiempo en la salida de luz ante la reenergización de las luminarias de descarga de alta intensidad.

La excepción después a esta regla permite "medios alternativos" para conservar encendida la iluminación de emergencia.

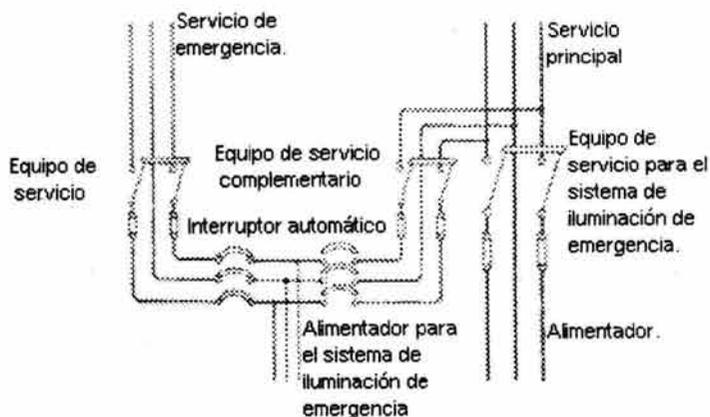
**700-17. Circuitos para alumbrado de emergencia.** Los circuitos derivados de alumbrado de emergencia deben ser instalados de forma que reciban el suministro de una fuente de energía, como se indica en 700-12, cuando se interrumpe el suministro de alumbrado normal. El suministro se debe obtener por alguno de los medios siguientes: (1) de una fuente de energía independiente del sistema general de alumbrado, provista con el equipo necesario para la transferencia automática, cuando falle el suministro normal, o (2) dos o más sistemas separados y completos con fuentes de suministro independientes. Cada uno con capacidad suficiente para proporcionar energía al sistema de alumbrado de emergencia y provistos con el equipo necesario para la transferencia automática de la carga de emergencia a un sistema, cuando falle el otro. Se permite que uno o ambos sistemas alimenten al de alumbrado normal, si cumplen con los requisitos de otras Secciones de este Artículo que les sean aplicables.

La figura que a continuación que se presenta muestra la regla básica sobre la transferencia de iluminación de emergencia de la fuente normal hacia la fuente de emergencia. Si únicamente un Sistema de emergencia es instalado, un interruptor de transferencia deberá ser provisto, el cual en caso de falla de la fuente de alimentación sobre la cual el sistema está operando, pudiera automáticamente transferir el sistema de emergencia hacia la otra fuente.



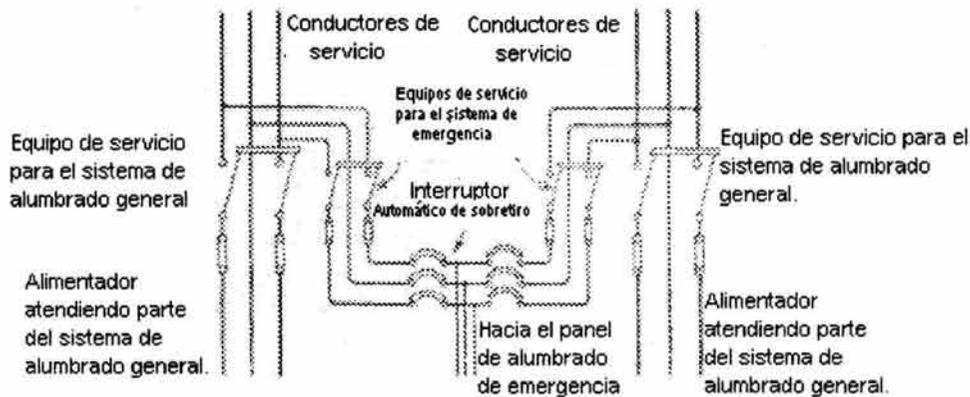
La iluminación de emergencia es automáticamente conmutada de la acometida normal hacia la batería o el generador.

Donde las dos fuentes de alimentación son dos acometidas, únicamente el sistema de emergencia puede operar normalmente sobre cualquiera de las dos fuentes, como se muestra en la siguiente figura.



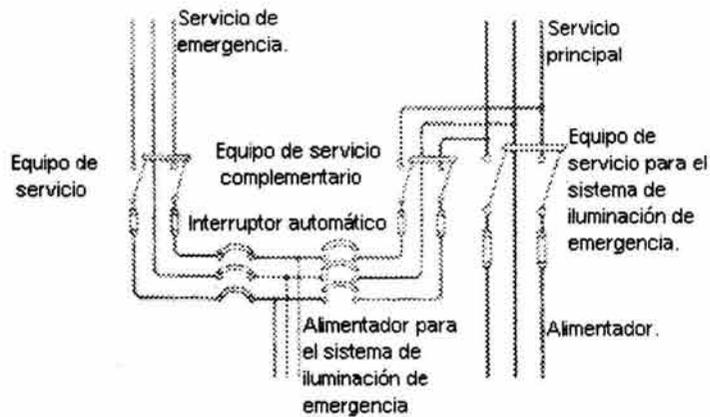
La iluminación de emergencia deberá ser abastecida desde una acometida de emergencia.

Donde dos fuentes de alimentación son una acometida y una batería de almacenamiento, o una acometida y un grupo generador como se mostró en la primera de las figuras anteriores, únicamente el Sistema de emergencia pudiera, como una regla general, ser operado normalmente en servicio, utilizando la batería o el generador como una reserva en caso de falla del servicio. La figura siguiente muestra una conexión la cual tiene dos alimentaciones separadas unidas dentro del sistema de iluminación de emergencia.



Un único sistema de iluminación de emergencia puede ser alimentado desde dos acometidas de servicio.

La segunda parte de esta sección trata acerca del uso de dos o mas sistemas de emergencia "separados y completos". Si dos sistemas de iluminación de emergencia son instalados, cada uno de ellos deberá operar sobre una fuente separada de alimentación, así como en donde la desconexión de emergencia de la figura siguiente, alimente a un sistema de iluminación de emergencia separado.



La iluminación de emergencia puede ser abastecida desde una acometida de servicio de emergencia.

Cualquiera de ambos sistemas debe ser conservado en operación, o bien, los interruptores deben ser provistos para que puedan automáticamente poner a cualquiera de los dos sistemas en operación ante una falla del otro sistema.

**700-18. Circuitos para energía de emergencia.** Los circuitos derivados que alimenten equipo clasificado como de emergencia, deben contar con una fuente de alimentación a la cual será transferida la carga automáticamente cuando falle el suministro normal.

**E. Control de los circuitos del alumbrado de emergencia**

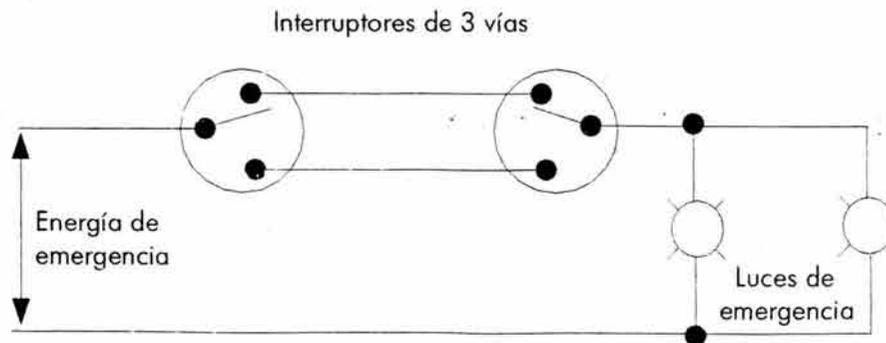
**700-20. Requisitos para los desconectores.** Los desconectores instalados en los circuitos de alumbrado de emergencia se deben disponer de forma tal que solamente personas autorizadas tengan acceso al control de este sistema.

**Excepción 1:** Cuando dos o más desconectores de una vía estén conectados en paralelo para controlar un solo circuito, por lo menos uno de estos desconectores debe ser accesible solamente a personas autorizadas.

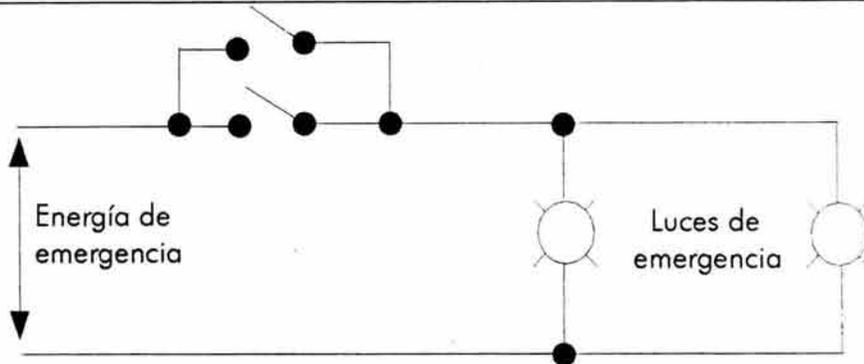
**Excepción 2:** Se permiten desconectores adicionales que puedan solamente encender lámparas de emergencia, pero no apagarlas.

No se deben instalar desconectores conectados en serie ni de tres o cuatro vías.

La figura siguiente muestra una violación del último enunciado de este artículo, donde el uso de interruptores de tres o cuatro vías está prohibido.



Estos interruptores representan una violación al artículo dentro de este circuito.



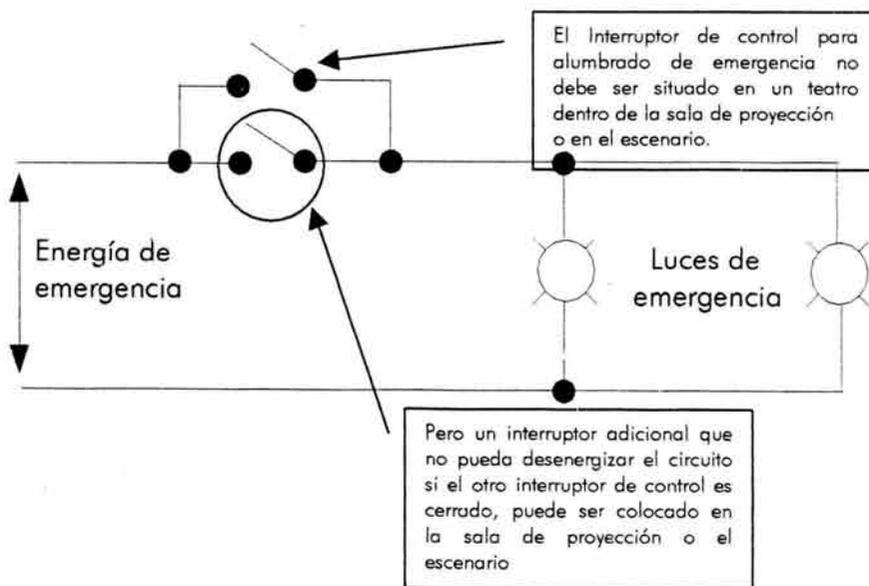
Sin embargo el uso de interruptores en paralelo es aceptado solo si uno de los interruptores es accesible exclusivamente a personal autorizado.

**700-21. Localización de los desconectadores.** Todos los desconectadores manuales que controlen circuitos de emergencia, deben estar ubicados en lugares accesibles a las personas autorizadas responsables de su control. En lugares de reunión, como es el caso de un teatro, se debe ubicar un desconectador en el vestíbulo para controlar el sistema de alumbrado de emergencia, o en un lugar accesible a ellos. No se permite colocar un desconectador 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 desconectadores múltiples, se permite que uno de ellos esté ubicado en lugares dispuestos de forma que solamente puedan energizar al circuito, pero no lo puedan desenergizar.

El único interruptor para control del alumbrado de emergencia en un teatro no debe ser ubicado en una cabina de proyección.

El artículo prohíbe el uso de un interruptor de control de emergencia en una cabina de proyección ó en un escenario. En la versión 1981 del Código Nacional Eléctrico (NEC), la regla que se utilizó estuvo en la sección 700-19 (b) –la cual prohibía el uso de un interruptor de control de emergencia en una cabina de proyección ó en un escenario - la cual fue suprimida. En la versión actual del Código Nacional Eléctrico la antigua regla que prohibía un interruptor de control en una cabina de proyección ó en un escenario es reinstaurada.



En la figura se muestra la excepción contra un interruptor de control de alumbrado de emergencia en una cabina de proyección o en un escenario. Un interruptor de iluminación de emergencia puede ser utilizado en una cabina de proyección ó en un escenario si éste puede energizar tal alumbrado pero no puede desenergizar la iluminación si cualquier otro interruptor localizado en otra parte es puesto en la posición de cerrado (ON).

**700-22. Alumbrado exterior.** Para el alumbrado exterior de un edificio que no se requiera para iluminar cuando hay suficiente luz natural, se permite que sea controlado por medio de un dispositivo automático activado por falta de luz natural, aprobado para este propósito.

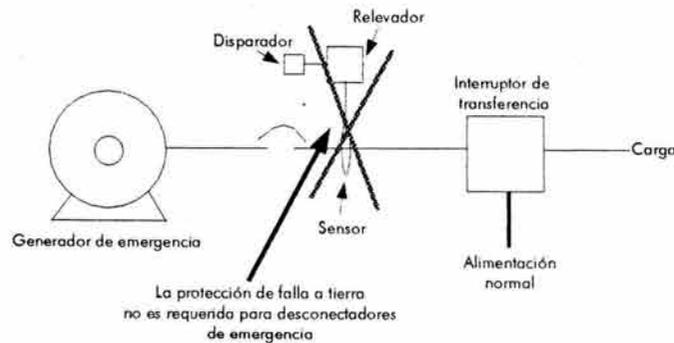
**F. Protección contra sobrecorriente**

**700-25. Accesibilidad.** Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados de emergencia, deben ser accesibles solamente a personas calificadas.

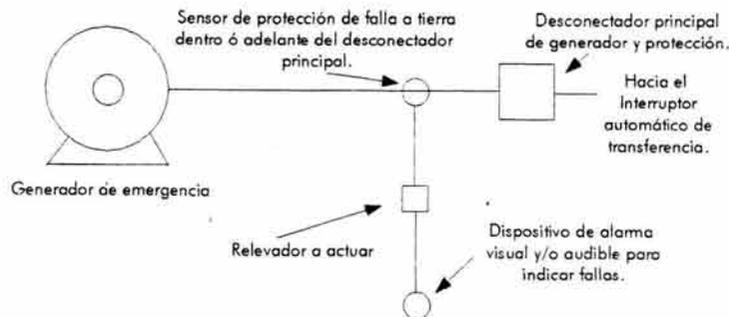
**NOTA:** Los interruptores automáticos y los fusibles para la protección contra sobrecorriente de circuitos de emergencia, aumentan la confiabilidad del sistema cuando están coordinados para asegurar la separación selectiva de las corrientes eléctricas de falla.

**700-26. Protección de falla a tierra del equipo.** La fuente alterna de los sistemas de emergencia no requiere protección de falla a tierra del equipo con medios de desconexión automática. Debe instalarse un dispositivo indicador de falla a tierra, según lo establecido en 700-7 (d) para la fuente de emergencia.

El interruptor de un generador de emergencia no requiere protección de falla a tierra. Esta regla clarifica la interrelación existente entre la sección 230-95, citada para protección de falla a tierra en desconectores de servicio y los medios de desconexión para generadores de emergencia. Para brindar la máxima confiabilidad y continuidad para un suministro de energía de emergencia, las protecciones de fallas a tierra no son requeridas en cualquier desconector de 1000 A o mayor para un generador de emergencia, aunque se permite el uso si así se desea.



Pero el artículo 700-7 en su sección d) requiere de una alarma para fallas.



La protección de falla a tierra es opcional para cualquier desconector para generador con estrella aterrizada de 480/227 V en un rango de 1000 A o más, pero la indicación de falla a tierra es requerida.

## **5.2 Artículo 701 : Sistemas requeridos legalmente.**

### **A. Disposiciones generales**

**701-1. Alcance.** Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de reserva requeridos legalmente, constituidos por circuitos y equipos destinados a alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para iluminación o fuerza cuando es interrumpido el suministro normal de energía eléctrica.

Los sistemas a que se refiere este Artículo son únicamente aquellos que están instalados permanentemente, incluyendo la fuerza motriz.

Este artículo cubre lo referente a sistemas de energía de reserva que son requeridos por ley. Los sistemas de energía legalmente requeridos son aquellos sistemas requeridos y además clasificados como de reserva legalmente requeridos por códigos o normas municipales, estatales, federales u otras o por cualquier agencia gubernamental que tenga jurisdicción. Estos sistemas tienen el propósito de suministrar energía automáticamente por selección de cargas (de aquellas otras clasificadas como sistemas de emergencia) en el caso de falla de la fuente normal.

Los sistemas de energía de reserva legalmente requeridos son típicamente instalados para servir a cargas tales como sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de comunicación, sistemas de ventilación y extracción de humo, sistemas de alcantarillado de aguas residuales, iluminación y procesos industriales que cuando son detenidos durante cualquier corte del suministro de energía, podrían causar peligro ó estorbar en el rescate u operaciones de combate a incendios.

Este artículo cubre los circuitos y el equipo para tales sistemas que son permanentemente instalados en su totalidad, incluyendo las fuentes de energía.

**701-2. Sistemas de reserva requeridos legalmente.** Los sistemas de reserva requeridos legalmente son aquellos exigidos por leyes, reglamentos y otros ordenamientos, y tienen por objeto suministrar automáticamente energía a cargas seleccionadas (exceptuando las de emergencia), en el caso de falla del suministro normal.

**NOTA:** Los sistemas de reserva requeridos legalmente, 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 energía eléctrica, 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, los sistemas de reserva requeridos legalmente deben cumplir con otras disposiciones de esta NOM, que les sean aplicables.

**701-4. Aprobación de equipo.** Todo equipo instalado en estos sistemas debe estar aprobado para este uso específico.

**701-5. Pruebas y mantenimiento para sistemas de reserva requeridos legalmente**

**a) Verificación del sistema.** Se debe efectuar una prueba del sistema completo al ser instalado.

**b) Pruebas periódicas.** Los sistemas se deben probar periódicamente por el usuario, con objeto de asegurar que los trabajos de mantenimiento son los adecuados para mantener las condiciones apropiadas de funcionamiento.

**c) Mantenimiento de sistemas de baterías.** Los sistemas de baterías, incluyendo los acumuladores utilizados para el arranque, control o ignición de máquinas auxiliares, deben tener mantenimiento periódico.

**d) Registros escritos o bitácora.** El usuario deberá llevar un registro escrito o bitácora de las pruebas y del mantenimiento.

**e) Pruebas con carga.** Se deben proveer los medios necesarios para probar en condiciones de carga máxima los sistemas de reserva requeridos legalmente.

**701-6. Capacidad nominal.** Un sistema de reserva legalmente requerido debe tener la capacidad nominal adecuada para la operación simultánea con todas las cargas. Los equipos del sistema deben ser adecuados para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en sus terminales.

Se permite que una fuente alterna alimente las cargas del sistema de reserva legalmente requerido y las del de reserva opcional, si se provee de un sistema automático de toma y desconexión de carga según se necesite, dando preferencia al sistema de reserva legalmente requerido.

**701-7. Equipo de transferencia.** El equipo de transferencia debe ser automático y aprobado e identificado para este uso. Debe ser diseñado e instalado para prevenir la conexión accidental de la alimentación normal y la fuente de emergencia, por medio de bloqueo mecánico. Véase 230-83.

Se permite el uso de medios de desvío para separar el equipo de transferencia. Cuando se usen estos medios, se debe evitar el funcionamiento involuntario en paralelo.

**701-8. Señalización.** Donde sea práctico, 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 están funcionando
- c) **De no-operación.** Para indicar que el cargador de batería no está funcionando.

**701-9. Rótulos**

a) **Fuentes de reserva.** Se debe colocar un rótulo en el equipo de entrada de la acometida, que indique el tipo y la localización de las fuentes de reserva ubicadas en el lugar.

b) **Puesta a tierra.** Donde el conductor puesto a tierra del circuito conectado a la fuente de reserva se conecte al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar remoto de la fuente, debe haber un rótulo en el lugar de la ubicación de la puesta a tierra que identifique a todas las fuentes normales, de reserva y de emergencia conectadas en ese lugar.

*Excepción: no se requiere un rótulo para equipos unitarios como los especificados en 701-11(f)*

#### B. Alambrado de circuitos

**701-10. Alambrado de los sistemas de reserva requeridos legalmente.** Se permite que el alambrado de los sistemas de reserva requeridos legalmente ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes del sistema normal.

#### C. Fuentes de alimentación

**701-11. Sistemas de reserva requeridos legalmente.** El suministro de energía debe ser tal que, en caso de falla del suministro normal al edificio o grupo de edificios, el alumbrado o la energía del sistema de reserva legalmente requerido, estén disponibles dentro del tiempo necesario para tal aplicación, que en todo caso, no debe exceder de 60 segundos. El sistema de suministro para los sistemas de reserva requeridos legalmente, adicional a los servicios normales del edificio, puede comprender uno o más de los tipos señalados en (a) hasta (e) siguientes. El equipo unitario que esté de acuerdo con lo indicado en 701-11(f) satisface los requisitos de ese Artículo.

En la selección de la fuente de energía para sistemas de emergencia requeridos legalmente, debe tenerse en cuenta la clase de servicio que se necesite, y si éste es de corta o larga duración.

Deben tomarse las precauciones necesarias en el diseño y la localización del equipo, para reducir los riesgos de la falla total del sistema debidos a inundaciones, incendios o vandalismo.

**NOTA:** La asignación del grado de confiabilidad del sistema de reserva requerido legalmente depende de una cuidadosa evaluación de las variables de cada instalación en particular.

a) **Baterías.** Las baterías instaladas como fuente de alimentación para sistemas de reserva requeridos legalmente, deben ser de régimen y capacidad adecuados para suministrar y mantener la carga total durante un periodo de por lo menos una hora y media, sin que la tensión eléctrica aplicada a la carga caiga por debajo de 87,5% de lo normal.

Las baterías, ya sean de tipo ácido o alcalino, deben estar diseñadas y construidas para servicio de emergencia y ser compatibles con el tipo de cargador de la instalación en particular.

Para las baterías que no requieren mantenimiento, el envase no necesita ser transparente. Las baterías de tipo plomo-ácido que necesitan la adición periódica de agua, deben 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) El grupo generador debe ser aprobado, y su capacidad debe estar de acuerdo con lo señalado en 701-6. Se deben proveer medios necesarios para el arranque automático de la fuerza motriz cuando falle 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 minutos para impedir la retransferencia en caso de restablecimiento, en un corto tiempo, del suministro normal.

2) Donde se use como fuerza motriz un motor de combustión interna, debe proveerse en el sitio la cantidad suficiente de combustible para el funcionamiento del sistema por un lapso no-menor de dos horas a plena carga.

3) La fuerza motriz no debe depender exclusivamente del servicio 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:** Se permite el uso de combustible del servicio público que no esté en el sitio, cuando exista una baja probabilidad de falla simultánea del combustible suministrado externamente y el suministro normal de energía eléctrica.

4) Cuando una batería se usa para energizar sistemas de control o señalización, o como medio de arranque de la fuerza motriz, ésta debe ser adecuada para el uso, y estar equipada con medios de carga automáticos independientes del grupo del generador.

**c) Fuente de energía ininterrumpible.** Las fuentes de alimentación ininterrumpible usadas para suministrar energía a sistemas de reserva requeridos legalmente, deben cumplir con lo establecido en 701-11 (a) y (b).

**d) Acometida separada.** Donde sea aceptado por la empresa suministradora, se permite una segunda acometida eléctrica para uso de emergencia. Esta acometida puede ser aérea o subterránea, y deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 230, con diferente bajada de acometida o estar suficientemente separada, tanto eléctrica como físicamente de la acometida del servicio normal, 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 sea aceptado por la empresa suministradora, se permiten las conexiones antes, pero no dentro, de los medios de desconexión de la acometida normal. La acometida del sistema de reserva legalmente requerido debe estar suficientemente separada de los medios de desconexión de la acometida normal, para evitar la interrupción simultánea del suministro, debida a una falla dentro del edificio o grupos de edificios servidos.

**NOTA:** Véase 230-82, que se refiere a equipo permitido en el lado de acometida de los medios de desconexión.

**f) Equipo unitario.** El equipo unitario para alumbrado de los sistemas de reserva requeridos legalmente debe incluir: 1) una batería recargable; 2) los medios para la carga de la batería; 3) la instalación para una o más lámparas montadas en el equipo y, opcionalmente, terminales para lámparas remotas y 4) un relé para energizar automáticamente a las lámparas, al fallar el suministro normal. La batería debe ser de características nominales y capacidad suficiente para alimentar y mantener a no-menos del 87,5% de la tensión eléctrica nominal de la batería, la carga total de lámparas asociadas a la unidad, durante un periodo mínimo de una hora y media, o deben alimentar y mantener a no-menos de 60% la iluminancia inicial, por un periodo no-menor de una hora y media. Las baterías del tipo ácido o alcalino deben diseñarse y fabricarse para servicio de emergencia.

El equipo unitario debe instalarse permanentemente en su lugar (no-portátiles), y todo el alambrado a cada unidad debe estar de acuerdo con los requisitos de alguno de los métodos de alambrado descritos en el Capítulo 3. Las conexiones con cordón flexible y clavija pueden usarse, siempre que la longitud del cordón no sea mayor a 1 m. El circuito derivado que alimenta al equipo unitario debe ser el mismo circuito derivado que alimenta al alumbrado normal del área y debe estar conectado antes de cualquier desconector local. Las luminarias que reciban su alimentación de un equipo unitario y que no formen parte de él, estarán alambradas al equipo unitario por uno de los métodos indicados en el Capítulo 3.

**Excepción:** En una zona independiente y continua que tenga como mínimo tres circuitos de alumbrado normal, se permite instalar un circuito independiente para equipo unitario que inicie en el mismo panel de alumbrado y control que los circuitos normales de alumbrado y que tenga un mecanismo de seguridad.

#### **D. Protección contra sobrecorriente**

**701-15. Accesibilidad.** Los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados de reserva requeridos legalmente, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas.

**701-17. Protección de falla a tierra del equipo.** La fuente alterna de los sistemas de reserva requeridos legalmente, no requiere protección de falla a tierra del equipo.

### **5.3 Artículo 702: Sistemas de reserva opcionales.**

#### **A. Disposiciones generales**

**702-1. Alcance.** Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación y operación de los sistemas de reserva opcionales.

Los sistemas a que se refiere este Artículo son únicamente aquellos que están instalados permanentemente, incluyendo la fuerza motriz.

El cuidado de la vida no es el propósito de los sistemas de reserva opcionales. El objetivo de los sistemas de reserva opcionales es la protección de comercios privados o propiedades donde el cuidado de la vida no depende del funcionamiento del sistema. Los sistemas de reserva opcionales (a diferencia de los que son clasificados como sistemas de emergencia o de reserva

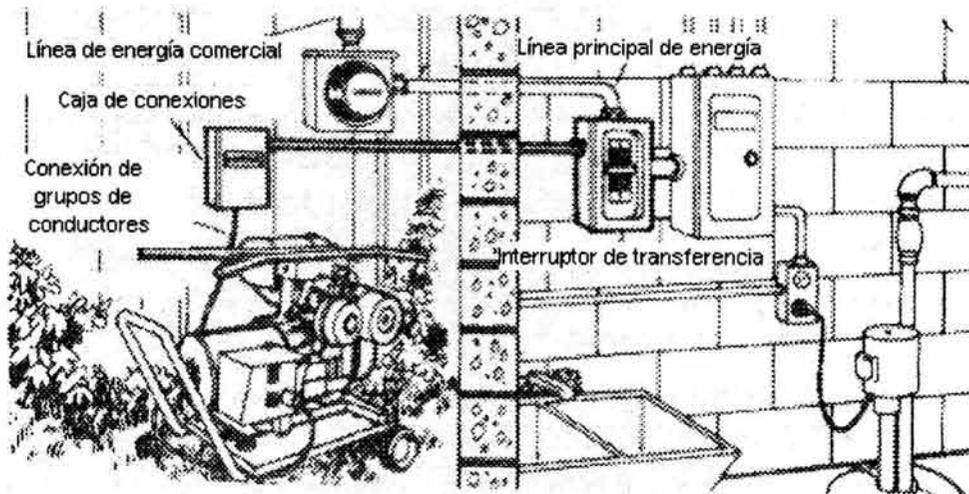
legalmente requeridos) están encaminados a abastecer con energía generada en el lugar a ciertas cargas seleccionadas, cada una de ellas automática o manualmente.

Los sistemas de reserva opcionales son instalados típicamente para proveer una fuente alterna de energía eléctrica a medios tales como edificios industriales y comerciales, granjas, residencias así como para servir a cargas tales como sistemas de refrigeración y calefacción, sistemas de procesamiento de datos y comunicaciones y procesos industriales los cuales, cuando son detenidos durante cualquier corte del servicio de suministro eléctrico, pueden causar cierta molestia, una seria interrupción de los procesos o daños hacia los productos o procesos.

Debido a la constante expansión en aplicaciones eléctricas en todos los tipos de edificios, el uso de fuentes de reserva está creciendo a un ritmo acelerado. La continuidad del servicio ha llegado a incrementarse de forma importante con el extenso desarrollo de computadoras y complejos procesos automáticos de producción. La idea es comenzar a producir mas y más dinero se comienza a gastar en la provisión de fuentes de energía en el sitio para respaldo o complementando lo anterior mediante la adquisición de energía del servicio público para asegurar la continuidad necesaria, así como encargarse de la seguridad pública en el caso de una falla de la energía de la empresa suministradora.

El propósito de los artículos 701 y 702 es el reconocer y regular el uso de cualquier sistema de reserva permanentemente instalado que no es considerado como un "Sistema de emergencia" como se cubre en el artículo 517 o 700 del Código Nacional Eléctrico o bien, clasificados como "Sistemas eléctricos esenciales para atención a la salud" como es cubierto en el folleto no.99 de la NFPA.

La aplicación principal de la energía de reserva, es el alternador portátil utilizado para energía de reserva de uso residencial en donde el suministro del servicio público de energía eléctrica no es suficientemente confiable o está sujeto a cortes frecuentes.



Un generador de reserva con transferencia manual es comúnmente utilizado en aplicaciones residenciales.

Se señala que una carga de energía de reserva opcional puede ser transferida manual o automáticamente de la fuente de suministro normal hacia el generador de reserva. Cualquier generador utilizado como fuente de emergencia o sistema de reserva legalmente requerido debe siempre tener provisiones para la transferencia automática de la carga desde la

alimentación normal hacia el generador de emergencia. Pero la transferencia automática debe ser utilizada, si se requiere por ley que un sistema de energía de reserva sea instalado.

**702-2. Sistemas de reserva opcionales.** Los sistemas de reserva opcionales tienen por objeto proteger negocios o propiedades privadas, donde la seguridad de la vida de las personas no depende del funcionamiento de estos sistemas. Se instalan para abastecer en sitio cargas seleccionadas en forma manual o automática.

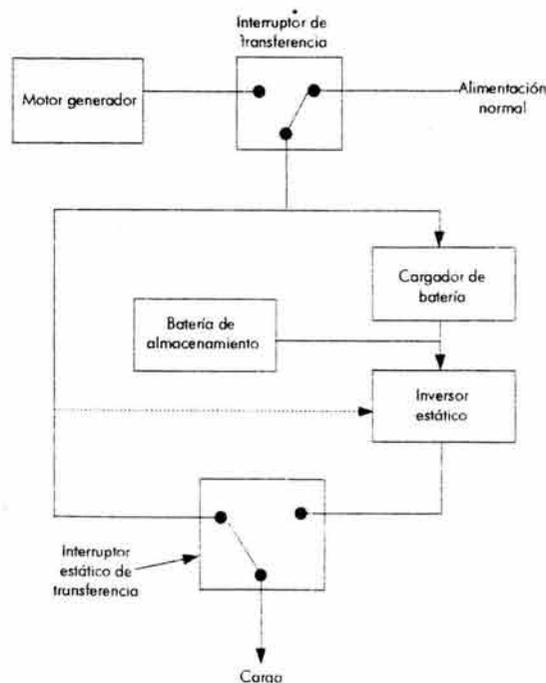
**NOTA:** Los sistemas de reserva opcionales se instalan típicamente para proveer una fuente alterna de energía en instalaciones tales como: edificios comerciales, edificios industriales, granjas y residencias, así como para abastecer cargas de sistemas de calefacción, refrigeración, sistemas de procesamiento de datos, comunicaciones y procesos industriales; en los cuales una falla del suministro normal de energía eléctrica puede ocasionar incomodidad, interrupción de un proceso, daños a productos, o situaciones similares.

**702-3. Aplicación de otros Artículos.** A excepción de lo modificado en este Artículo, los sistemas de reserva opcionales deben cumplir con otras disposiciones de esta NOM, que les sean aplicables.

**702-4. Aprobación del equipo.** Todo equipo instalado en estos sistemas debe estar aprobado para este uso específico.

**702-5. Capacidad nominal.** Un sistema de reserva legalmente requerido debe tener la capacidad nominal adecuada para la operación simultánea con todas las cargas. El equipo del sistema debe ser adecuado para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en sus terminales.

Cualquier fuente de energía de respaldo y sistema debe ser capaz de atender completamente la demanda de la carga. Esto puede generalmente, ser relativamente satisfecho para cargas de generadores. Pero la labor puede ser compleja para sistemas de alimentación de energía ininterrumpible (UPS). El UPS es todo un sistema de conversión de energía en estado sólido diseñado para proteger computadoras y a otras cargas críticas de apagones, bajas de tensión y transitorios. Éste sistema es usualmente conectado en el alimentador que abastece la carga, provisto con un desvío para permitir que la carga que sea alimentada directamente.



El sistema UPS es un sistema común de energía de reserva.

La figura anterior muestra el esquema básico de un sistema UPS. Tal sistema se utiliza en una variedad de fuentes de energía para asegurar la continuidad de la misma. Son mostrados los circuitos para operación normal de energía. Si la energía normal falla, el interruptor automático transfiere la carga hacia el inversor dentro de  $\frac{1}{4}$  de ciclo. La batería actúa como fuente de energía mientras el motor generador comienza a arrancar. Cuando el generador opera correctamente, este es puesto sobre la línea a través del interruptor de transferencia, y el interruptor estático transfiere la carga hacia la alimentación proveniente del generador. La línea punteada indica la señal de sincronización, la cual mantiene fase y frecuencia de la salida del inversor.

El cálculo de la capacidad requerida de un sistema UPS debe ser cuidadosamente realizada. Las instalaciones de procesamiento de datos normalmente requieren sistemas UPS trifásicos de medianos a grandes en el rango desde 37.5 hacia arriba de los 2000 kVA. Algunos de los intervalos típicos disponibles de fabricantes de UPS son: 37.5 kVA/ 30 kW, 75 kVA/ 112.5 kW, 200 kVA / 180 kW, 300 kVA / 270 kW, 400 kVA / 360 kW y 500 kVA / 450 kW. Grandes sistemas son configurados poniendo en paralelo dos o más módulos simples de tamaño estándar.

El rango necesario seleccionado está basado en el tamaño de la carga crítica. Si el estudio energético especifica los requerimientos de energía y éstos no se encuentran disponibles por el fabricante, la carga puede ser dimensionada utilizando un kilowattmetro y un medidor de factor de potencia. Puesto que los módulos del UPS son dos, kVA (potencia aparente) y kW (potencia real), un sistema debe ser especificado con ambos rangos en kVA y en kW. El rango requerido en kVA es obtenido a través de la división de la actual carga en kW entre el factor de potencia de la carga actual. Por ejemplo, una carga actual de 170 kW con un factor de potencia actual de 0.85 deberá requerir un UPS con un rango de 200 kVA. El sistema deberá ser especificado como 200 kVA/ 170 kW, y el módulo estándar de 200 kVA / 180 kW deberá ser seleccionado para dicha aplicación.

**702-6. Equipo de transferencia.** El equipo de transferencia debe ser diseñado e instalado para prevenir la conexión accidental de la alimentación normal y la fuente alterna.

Se permite que el equipo de transferencia conectado después del dispositivo de protección del circuito derivado, contenga otros dispositivos suplementarios de protección contra sobrecorriente, con corriente de interrupción suficiente para soportar la corriente eléctrica máxima de falla disponible en las terminales de generador.

**702-7. Señalización.** Donde sea necesario, se debe proveer de dispositivos de señalización audibles y visuales, para los siguientes propósitos:

a) **De avería.** Para indicar avería de la fuente de emergencia.

b) **De operación.** Para indicar que el generador está funcionando.

**702-8 Rótulos**

a) **Fuentes de reserva.** Se debe colocar un rótulo en el equipo de entrada de la acometida, que indique el tipo y la localización de las fuentes de reserva ubicadas en el lugar.

*Excepción:* No es necesario instalar rótulos en equipo unitario de alumbrado de reserva.

b) **Puesta a tierra.** Donde el conductor puesto a tierra del circuito conectado a la fuente de reserva se conecte al conductor del electrodo de puesta a tierra en un lugar remoto de la fuente, debe haber un rótulo que identifique a todas las fuentes normales, de reserva y de emergencia conectadas en ese lugar.

#### B. Alambrado de circuitos

**702-9 Alambrado de los sistemas de reserva opcionales.** Se permite que el alambrado de los sistemas de reserva opcionales ocupe las mismas canalizaciones, cables, cajas y gabinetes del sistema normal.

## **5.4 Artículos relacionados**

### **Artículo 445: Generadores**

Uno de los elementos importantes dentro del esquema básico de un sistema de emergencia es el generador. Es por eso, que consideramos necesario el realizar el análisis de parte de los artículos correspondientes a generadores que se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana con objeto de complementar el análisis realizado previamente y que nos ayudará a detallar algunas de las características que de forma legal se requiere en los generadores.

**445-1. Alcance.** Los generadores y equipos asociados, así como su sistema de alambrado deberán cumplir, además de los requisitos de este Artículo, lo aplicable de los Artículos 230, 250, 695, 700, 701, 702 y 705.

**445-2. Ubicación.** Los generadores y equipo asociado deben ser adecuados para el local en que vayan a ser instalados. Deben cumplir además con los requisitos establecidos en 430-14.

Los generadores instalados en áreas clasificadas como peligrosas, deben cumplir con los requisitos aplicables de los Artículos 500 a 503, 510 a 517, 520 y 530.

**445-3. Marcado.** Cada generador debe tener una placa de datos en la que se indique, nombre del fabricante, frecuencia nominal, factor de potencia, número de fases para chá., régimen nominal en Kw. o kVA, tensión y corriente eléctricas nominales y las revoluciones nominales por minuto, la clase de aislamiento, la temperatura ambiente nominal o el aumento de temperatura nominal y su tiempo nominal de funcionamiento.

#### **445-4. Protección contra sobrecorriente**

**a) Generadores de tensión eléctrica constante.** Los generadores deben estar protegidos por diseño contra sobrecargas, basándose en interruptores automáticos, fusibles, u otro medio aceptable que proporcione adecuada protección contra sobrecorriente. Se exceptúan los excitadores de los generadores de c.a.

**b) Generadores de dos hilos.** Se permite que los generadores de c.c. de dos hilos se protejan contra sobrecorriente en un solo conductor, si el dispositivo es accionado por la totalidad de la corriente eléctrica generada, excepto la corriente eléctrica del campo en derivación. El dispositivo de sobrecorriente no debe abrir el circuito del campo en derivación.

**c) Generadores para 65 V o menos.** Los generadores que funcionen a 65 V o menos, cuando se accionen por motores individuales, se considerarán protegidos por el dispositivo de sobrecorriente que protege al motor, si este dispositivo actúa cuando los generadores suministran no-más de 150% de su corriente eléctrica nominal de plena carga.

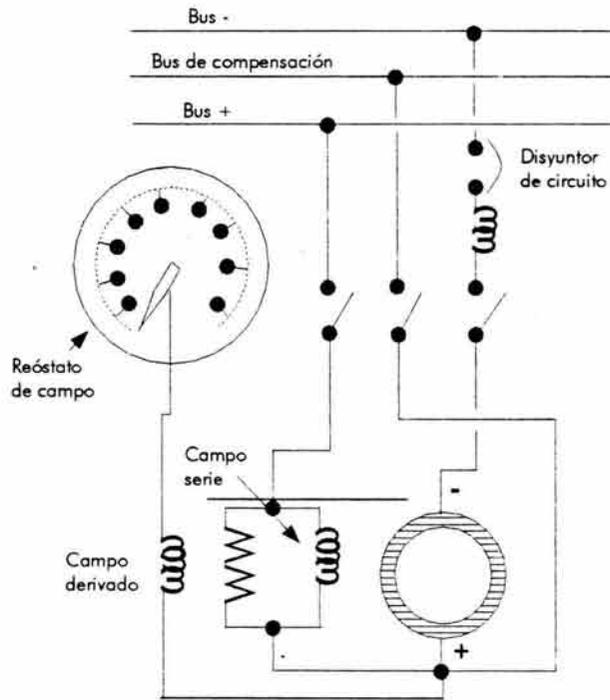
**d) Sistemas compensadores.** Los generadores de c.a. de dos hilos, asociados a sistemas de compensadores para obtener neutros para sistemas de tres hilos, deben estar equipados con dispositivos de sobrecorriente que deben desconectar el sistema de tres hilos en el caso de desequilibrio excesivo de tensión o de corriente eléctricas.

**e) Generadores de c.c. de tres hilos.** Los generadores de c.c. de tres hilos, ya sean en derivación o compuestos, deben equiparse con dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal de cable de armadura, conectados para que sean accionados por toda la corriente de la misma. Dichos dispositivos deben formarse por un interruptor automático, ya sea de dos polos y de dos bobinas o por uno de compensador y disparado por dos dispositivos de sobrecorriente, uno en cada terminal del cable de armadura. Tales dispositivos de protección deben tener bloqueo eléctrico de manera que ningún polo pueda abrirse sin desconectar simultáneamente del sistema ambas terminales del cable de armadura.

**Excepción a los incisos "(a)" hasta "(e)":** Cuando se considera 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 persona calificada en vez de interrumpir el circuito del generador.

Los generadores de corriente alterna deben ser diseñados de forma que ante una sobrecarga excesiva el voltaje caiga suficientemente para limitar la salida de corriente y potencia a valores que no puedan causar daños en el generador durante un corto periodo de tiempo. Respecto a la naturaleza automática o no de la protección por sobrecorriente de un generador y la posibilidad de ser omitida en ciertos casos particulares es una pregunta cuya mejor respuesta se encontraría directamente con el fabricante del generador. Es una práctica común operar una excitatriz sin protección por sobrecorriente, en vez de arriesgar el paro del generador principal debido a la apertura accidental del fusible de la excitatriz o el disyuntor del circuito.

La figura siguiente muestra las conexiones de un generador de DC de 2 hilos con un dispositivo de protección en un solo polo. Si la máquina es operada de forma múltiple con uno o más generadores, y además tiene un cable de conexión de compensación conectado hacia la terminal positiva, la corriente se puede dividir hacia la terminal positiva, parte de ella pasando a través del campo serie y el cable de la terminal positiva y parte pasando a través del conductor de compensación. La corriente entera generada pasa a través del conductor de la terminal negativa; de esta forma, el fusible, el disyuntor del circuito, o al menos la bobina de operación deben ser colocados en el conductor de la terminal negativa.

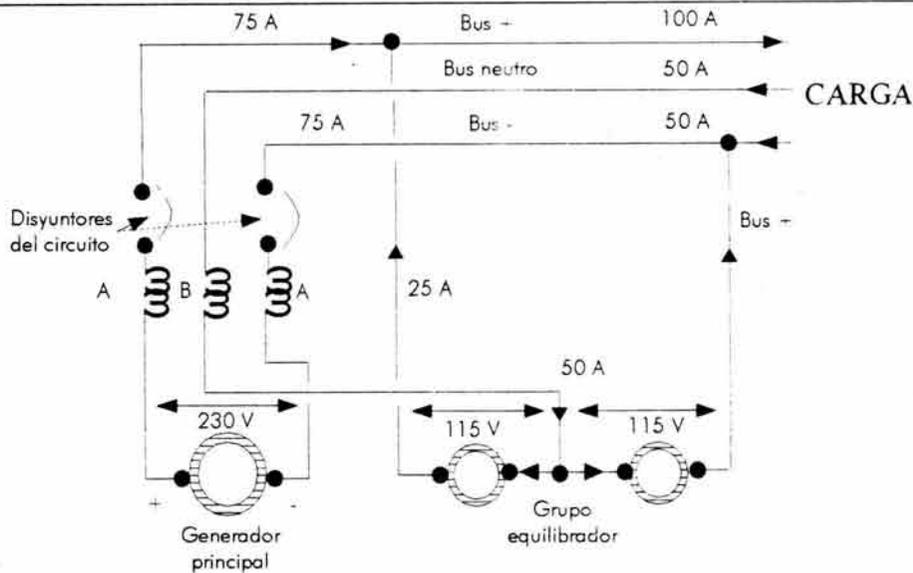


Con esta conexión, un disyuntor de un solo polo puede proteger a un generador de 2 hilos.

El dispositivo de protección pudiera no abrir el circuito de campo derivado, debido por esto, si el circuito fuera abierto con el campo a plena intensidad, un muy alto voltaje podría ser inducido, el cual rompería el aislamiento de las bobinas del campo.

En el párrafo c) se menciona que donde el generador forme parte de un grupo motor generador, el uso de fusibles o disyuntores de circuito no es necesario en los conductores del generador si el dispositivo de protección del motor en operación tiene la capacidad de abrir en el momento en el cual el generador entrega 150% de su corriente nominal a plena carga.

En el párrafo d), se cubre el uso de un grupo compensador para obtener un sistema de 3 hilos a partir de un generador principal de 2 hilos, como es mostrado en la figura siguiente:



Un grupo compensador abastece la corriente neutra desbalanceada de un sistema de 3 hilos, con cada generador conduciendo 25 de los 50 A desbalanceados.

Cada uno de los dos generadores utilizados como un grupo compensador, conduce aproximadamente la mitad de la carga desbalanceada; por lo tanto estas dos máquinas son siempre mucho más pequeñas que el generador principal. Esta condición puede ser protegida en contra de la instalación de un disyuntor de circuito de doble polo con uno de ellos conectado en cada uno de los conductores del generador principal y con la bobina de operación correctamente diseñada para ser conectada en el neutro de un sistema de 3 hilos. En la figura anteriormente mostrada, el disyuntor del circuito está configurado para ser operado por una u otra de las bobinas marcadas como A en los conductores provenientes del generador principal o por la bobina B en el conductor neutro proveniente del grupo compensador.

**445-5. Capacidad de conducción de corriente de los conductores.** La capacidad de conducción de corriente de los conductores de fase que van desde las terminales del generador al primer dispositivo de sobrecorriente, no debe ser menor a 115% de la corriente eléctrica de placa nominal del generador. El tamaño nominal del conductor neutro debe estar de acuerdo con lo indicado en 220-22. Los conductores que transportan corrientes de falla a tierra no deben ser de tamaño nominal inferior al requerido en 250-23 b).

**Excepción 1:** Cuando el diseño y la operación del generador impidan sobrecargas, la capacidad de conducción de corriente de los conductores no debe ser menor a 100% de la corriente eléctrica nominal, expresada en la placa de datos del generador.

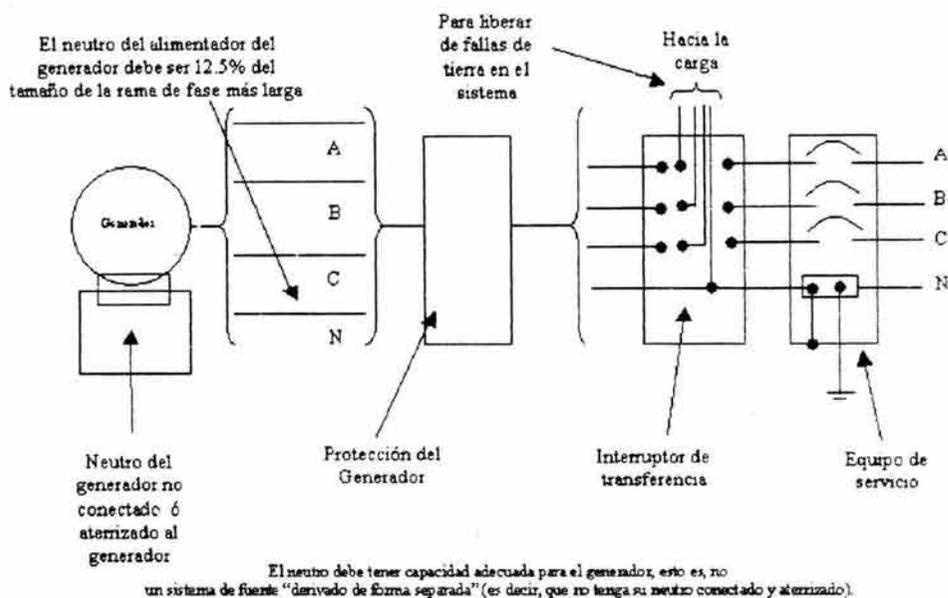
**Excepción 2:** Cuando las terminales del generador están conectadas de fábrica directamente a un dispositivo de sobrecorriente, que es una parte integral del grupo generador.

**Excepción 3:** Los conductores puestos a tierra de generadores de corriente continua que deben soportar las corrientes eléctricas de falla, no deben ser de menor tamaño nominal al del mayor conductor activo.

Las dos últimas oraciones al final de este artículo aclaran el tamaño de los conductores del circuito que conectan a un generador hacia los dispositivos de control y protección, estos sirven:

1. El neutro del alimentador del generador puede tener este tamaño reducido para la mínima capacidad requerida para la rama de la fase. Como con cualquier alimentador o circuito de servicio, el neutro debe tener solo la suficiente ampacidad para la poder manejar la carga desbalanceada, como es cubierto en el artículo 220-22.

2. Cuando las terminales del neutro de un generador no están aterrizadas, como es permitido por el artículo 250-20, el conductor neutro del generador debe ser dimensionado no-solo para su carga desbalanceada, como se requiere en el artículo 220-22, sino también para conducir las corrientes de falla a tierra. Para el neutro del alimentador de un generador es adecuado dimensionarlo como un conductor de equipo aterrizado, para efectivamente conducir la suficiente corriente hacia los dispositivos de sobrecorriente en función. El artículo 250-24 requiere que dicho neutro no sea menor al 12.5% del área transversal de la más larga de las ramas de las fases pertenecientes al alimentador del generador.



**445-6. Protección de las partes vivas.** Las partes vivas de los generadores que operen a más de 150 V respecto de tierra no deben estar expuestas a contacto accidental si son accesibles a personas no calificadas.

Como una regla general, un generador no debe estar accesible a personas no calificadas. Si es necesario ubicar un generador operando a más de 50 V a tierra en un lugar donde está además expuesto, los anillos del conmutador o del colector, escobillas y cualquier terminal expuesta debe ser provista con cubiertas protectoras que prevengan cualquier contacto accidental con estas partes vivas.

**445-7. Resguardos para operadores.** Cuando la seguridad de los operadores lo requiera, debe cumplirse con los requisitos indicados en 430-133.

**445-8. Boquillas.** Cuando los conductores pasan por una abertura de un envoltorio, caja de conexiones o por una barrera, debe usarse una boquilla para proteger a los conductores de los bordes agudos de la abertura. La boquilla debe ser lisa y de superficie perfectamente redondeada para estar en contacto con el conductor; si se usa donde pudiera haber aceite, grasa y otros contaminantes, debe ser de un material que no sufra deterioro.

## **5.5 Artículos relacionados**

### **Artículo 517: Instalaciones en lugares de atención a la salud.**

A lo largo de este trabajo se ha venido hablado acerca tanto de conceptos como de las aplicaciones y normalización a la que están sujetos los denominados sistemas de emergencia en aplicaciones industriales y comerciales, áreas en las cuales los sistemas de emergencia tienen una enorme importancia.

Sin embargo, existen algunas otras áreas de aplicación en las cuales los sistemas de emergencia tienen un lugar sobresaliente dentro de su estructura funcional, nos referimos a las aplicaciones en lugares de atención a la salud. Entendiendo bajo el concepto de lugar de atención a la salud a todos aquellos sitios en los cuales se procura la atención y preservación de la vida humana tal como se marca en la sección 517-3 de la NOM-001-SEDE-1999, relativo a centros ambulatorios para atención a la salud que los define de la siguiente forma:

*“Un edificio o parte de él que es utilizado para dar servicios o tratamientos a cuatro o más pacientes al mismo tiempo y que cumplan con lo siguiente:*

- 1) Las instalaciones para la atención de pacientes externos y tratamiento para pacientes que sean incapaces de tomar una acción para la autopreservación en condiciones de emergencia, sin asistencia de otros; tales como Unidades de Urgencias Médicas.*
- 2) Las instalaciones para la atención de pacientes externos, como tratamiento quirúrgico que requiere anestesia general.”*

Lugares en los cuales la continuidad del servicio de suministro eléctrico debe ser garantizado debido a las serias consecuencias que resultarían ante la ocurrencia de fallas o cortes en el servicio de energía eléctrica.

Los sistemas de emergencia utilizados en lugares de atención a la salud se encuentran normalizados a través del artículo 517 de la Norma Oficial Mexicana. Este artículo se divide en siete secciones, que son:

- A) Disposiciones generales
- B) Alambrado y protección
- C) Sistema eléctrico esencial
- D) Locales para anestesia por inhalación
- E) Instalaciones para rayos x
- F) Sistemas de comunicaciones, señales, de información, de señalización de protección contra incendio y para tensiones eléctricas menores a 127 Volts.
- G) Sistemas de energía aislados

En esta parte del capítulo nos abocaremos a analizar únicamente la sección C referente al sistema eléctrico esencial dentro de la cual encontraremos lo relacionado al sistema de emergencia, ámbito de interés del presente trabajo.

Antes de entrar de lleno al análisis correspondiente, presentamos a continuación algunos de los definiciones y conceptos que se manejan dentro de este artículo relacionado con los sistemas de emergencia en lugares de atención a la salud, con objeto de empaparse de terminología propia de este campo de aplicación, misma que hasta este momento no ha sido utilizada.

### **5.5.1 Definiciones y conceptos.**

#### **Instalaciones para el cuidado de la salud.**

Son los edificios o partes de edificios que contienen pero no están limitadas a la ocupación para fines tales como:

- a) Hospitales
- b) Casas de enfermería
- c) Instalaciones para el cuidado y custodia residencial
- d) Instalaciones para el cuidado y supervisión
- e) Clínicas
- f) Oficinas médicas y dentales
- g) Instalaciones ambulantes para él –cuidado de la salud, ya sean fijas o móviles-.

#### **Hospital.**

Es un edificio o parte de él utilizado para el cuidado médico, psiquiátrico, obstétrico o quirúrgico. Un hospital, siempre que se utilice esta norma deberá incluir:

- 1. Hospitales generales.
- 2. Hospitales mentales
- 3. Hospitales para tuberculosis
- 4. Hospitales para niños
- 5. Cualquier institución en la cual se provea el cuidado de pacientes.

#### **Hospital psiquiátrico.**

Es un edificio utilizado exclusivamente para el cuidado psiquiátrico, en una base de 24 horas con 4 o más pacientes.

#### **Instalaciones de cuidado y custodia residencial.**

Es un edificio o parte de él usado para la atención de 4 o más personas que pueden ser incapaces de su propia preservación debido a limitaciones físicas o mentales; esto incluye instalaciones tales como casas para ancianos, enfermería (cuidado de niños menores de 6 años de edad), e instituciones para el cuidado de retrasados mentales. Instalaciones para cuidados diurnos que no proporcionan atención continua de pacientes, no están clasificados como tales.

#### **Casa de enfermeras.**

Es un edificio o parte de él usado para hospedaje, junta directiva y cuidado por enfermeras, en una base de 24 horas, para cuatro o más personas, quienes debido a su incapacidad mental o psíquica, podrían ser imposibilitadas para proveerse su propia seguridad y necesidades, sin la asistencia de otra persona.

Las casas de enfermeras, de acuerdo como se usan en esta norma deben incluir casas de enfermeras y de convalecencia, instalaciones para enfermeras calificadas, instalaciones de cuidado intermedio y casas para personas de edad avanzada.

### **Estaciones de enfermeras.**

Son áreas designadas para proveer un centro de actividad para enfermeras o grupos de enfermeras atendiendo camas de pacientes, donde las llamadas de los pacientes son recibidas, las enfermeras son despachadas, áreas para notas escritas para las enfermeras, preparación de recetas de pacientes, y preparación de medicamentos para la distribución de los pacientes. Donde tales actividades se llevan a cabo en más de un lugar dentro de una unidad de enfermeras, todas éstas áreas separadas son consideradas como una parte de la estación de enfermeras.

### **Áreas para el cuidado de los pacientes.**

Son áreas de una instalación para el cuidado de la salud en la cual el cuidado de los pacientes es administrado y clasificado como una área de cuidado general, área de cuidado crítico, y lugares con humedad.

Es la responsabilidad del cuerpo de administración de la instalación, designar estas áreas de acuerdo con el tipo de cuidado del paciente y con las siguientes definiciones de los tres tipos de áreas.

#### 1) Áreas de cuidado general.

Son las de recámaras de los pacientes:

- cuartos para auscultación
- cuartos para tratamiento
- clínicos y áreas similares

En las cuales se pretende estar en contacto con dispositivos ordinarios tales como:

- un sistema de llamado de enfermeras
- camas eléctricas
- lámparas de auscultación
- teléfonos
- dispositivos de entretenimiento

En tales áreas, puede ser también necesario que los pacientes se conecten a dispositivos electromédicos tal como:

- termocobertores
- electrocardiógrafos
- bombas de drene, monitores
- otoscopios, oftalmoscopios
- líneas intravenosas periféricas, etc.

#### 2) Áreas de cuidado crítico.

Son aquellas unidades de cuidado especial como:

- Unidades de cuidado intensivo
- Unidades de cuidado de las coronarias
- Laboratorios de angiografía
- Laboratorios de caterización cardiaco
- Cuartos de expulsión
- Cuartos de operaciones
- Áreas similares en las cuales los pacientes son sujetos a procedimientos intensivos y conectados a dispositivos electromédicos.

### 3) Lugares húmedos.

Son aquellas áreas de cuidado de pacientes que están normalmente sujetas a condiciones de humedad, incluyendo agua estancada en el piso o áreas mojadas o empapadas en forma rutinaria.

### **Anestésicos flamables.**

Son gases o vapores tales como:

- a) Fluroxeno
- b) Ciclo propano éter divinyl
- c) Cloruro de etileno
- d) Éter etileno
- e) Etileno

Los cuales pueden formar mezclas flamables o explosivas con el aire, oxígeno o gases rebajados tales como el óxido nitroso.

### **Áreas con anestésicos flamables.**

Abarcan cualquier área de la instalación que ha sido diseñada para ser usada en la administración de cualquier agente anestésico inhalador flamable, en el curso normal de una evaluación o tratamiento.

### **Iluminación en lugares de trabajo.**

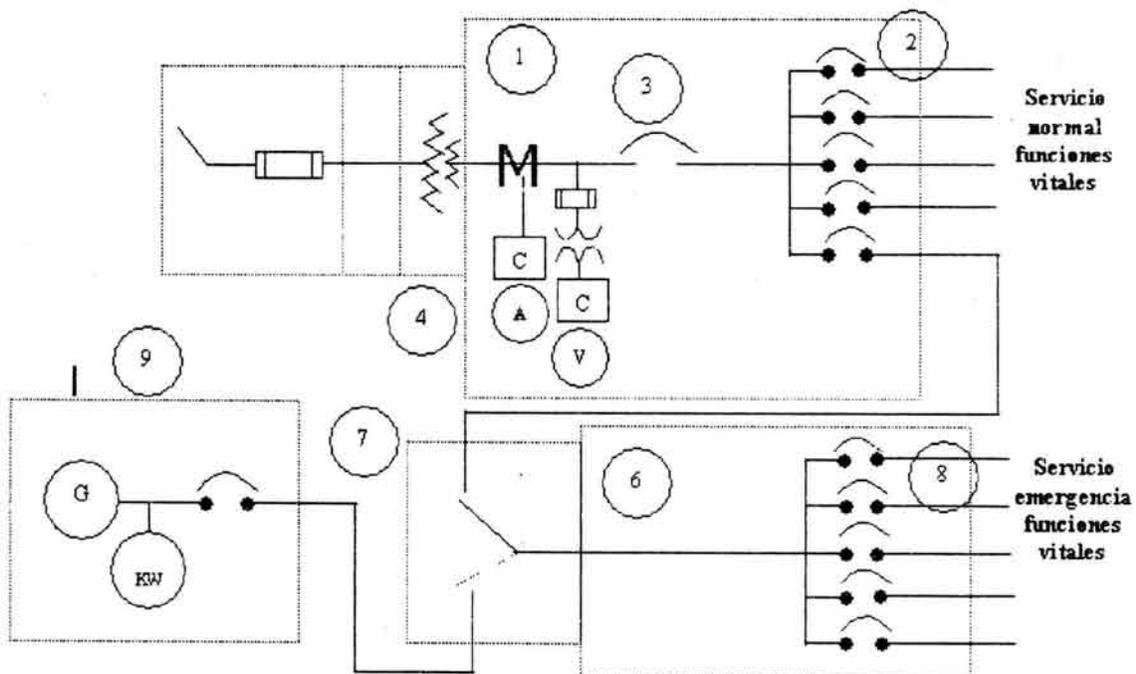
Tiene como finalidad proveer el mínimo de iluminación requerido para llevar a cabo los trabajos o tareas necesarias en las áreas descritas, incluyendo accesos de seguridad a equipos y suministros, y acceso a salidas.

### **Sistemas de emergencia en aplicaciones de atención de la salud.**

Un sistema de emergencia es un sistema constituido por alimentadores y circuitos derivados que cumplen con los requerimientos estipulados en el artículo 700, cuya finalidad es suministrar energía alterna a un número limitado de funciones catalogadas como vitales para la protección de la vida y la seguridad del paciente, con un restablecimiento automático de la energía dentro de 10 segundos después de ocurrida la interrupción.

A continuación se presenta como ejemplo el diagrama unifilar de un sistema típico de emergencia con la instalación de un solo transformador de distribución.

Diagrama unifilar de un sistema típico de emergencia con la instalación de un solo transformador de distribución.



Esquema en el cual:

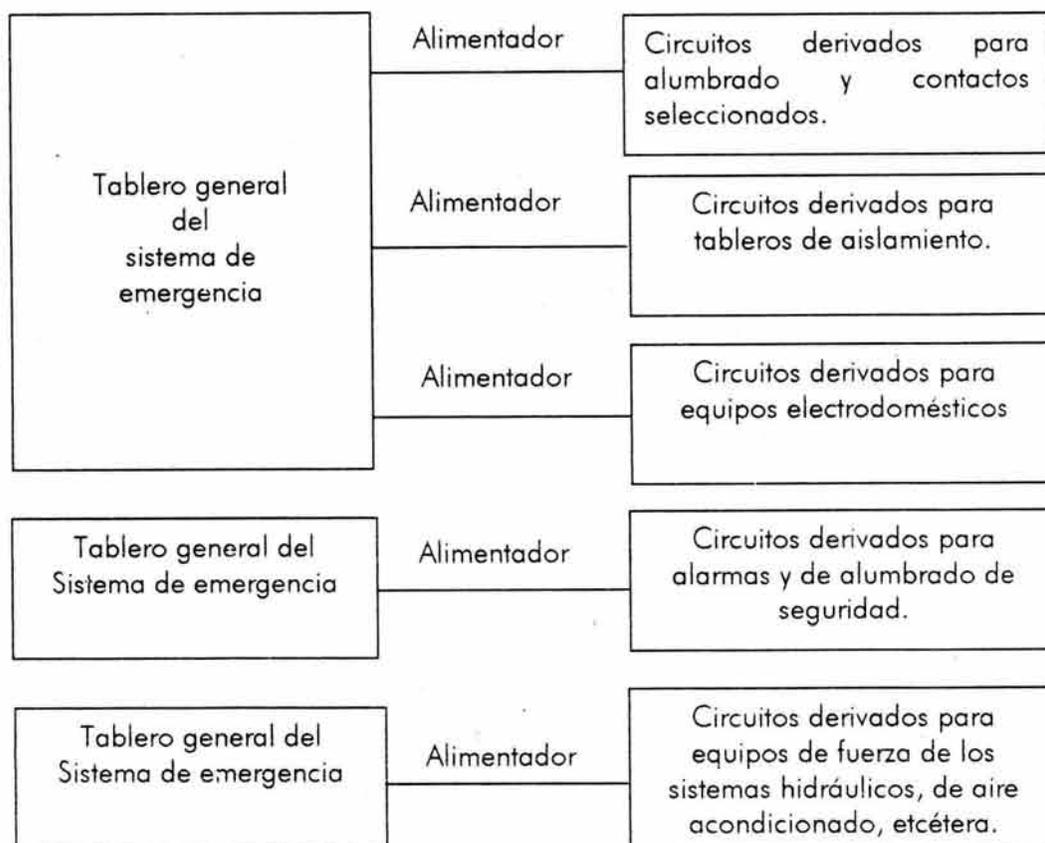
- |                                     |                                            |
|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| - Sistema normal:                   | - Sistema de emergencia:                   |
| 1. Tablero general                  | 6. Tablero general                         |
| 2. Circuitos a tableros de zona     | 7. Equipo de transferencia automática      |
| 3. Interruptor general del primario | 8. Circuitos a tableros de zona            |
| 4. Transformador.                   | 9. Planta generadora de energía eléctrica. |

### **Sistema de seguridad vital.**

Es un subsistema del sistema de emergencia, que consiste de alimentadores y circuitos derivados, los cuales cumplen los requerimientos del artículo 700 y son utilizados para proveer necesidades de energía adecuadas para preservar la seguridad de los pacientes y del personal,

los cuales se conectan automáticamente a una fuente de energía alterna durante la interrupción de la fuente de energía normal.

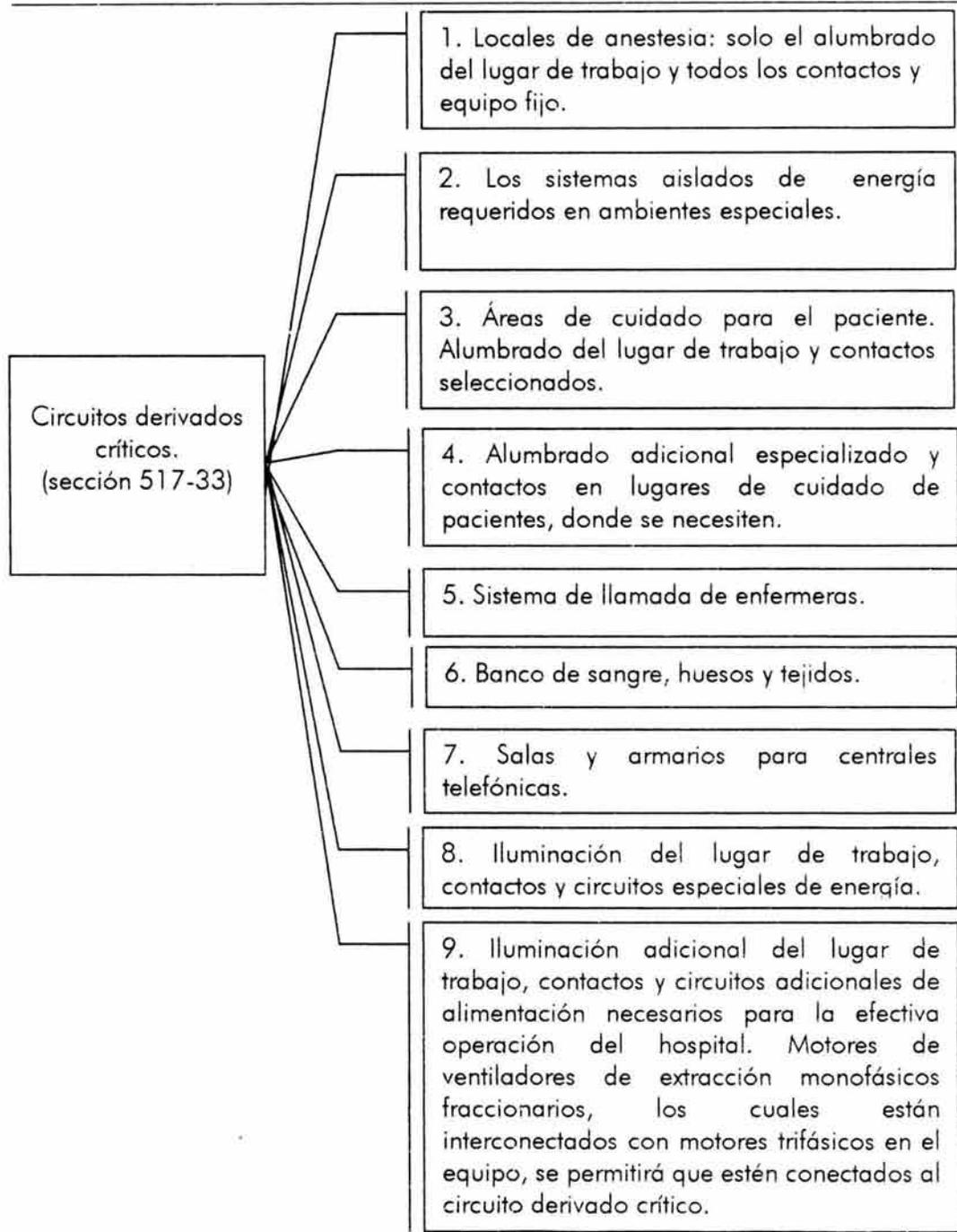
Enseguida se presenta el diagrama a bloques del subsistema del sistema de emergencia de seguridad vital:



### **Circuitos derivados críticos.**

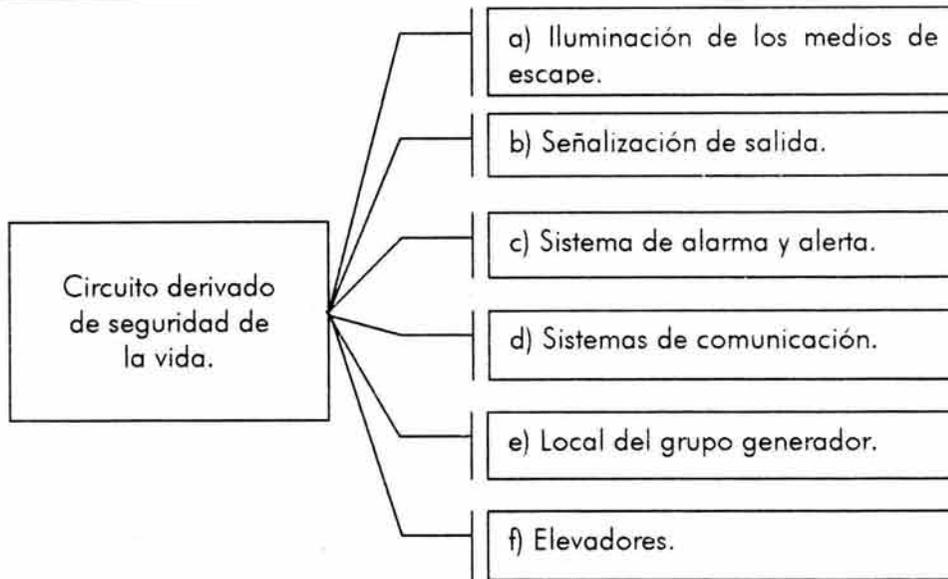
Son los circuitos secundarios de un sistema de emergencia consistente de alimentadores y circuitos derivados suministrando energía para actividades de iluminación, circuitos especiales de energía y receptáculos seleccionados, que sirven en áreas y funcionan en lo relacionado con el cuidado de los pacientes, y los cuales están conectados a fuentes de energía alterna por uno o más interruptores de transferencia durante la interrupción de la fuente normal de energía, los cuales deben entenderse como circuitos derivados críticos.

A continuación presentamos la clasificación de los circuitos derivados críticos.



**Circuito derivado de seguridad de la vida.**

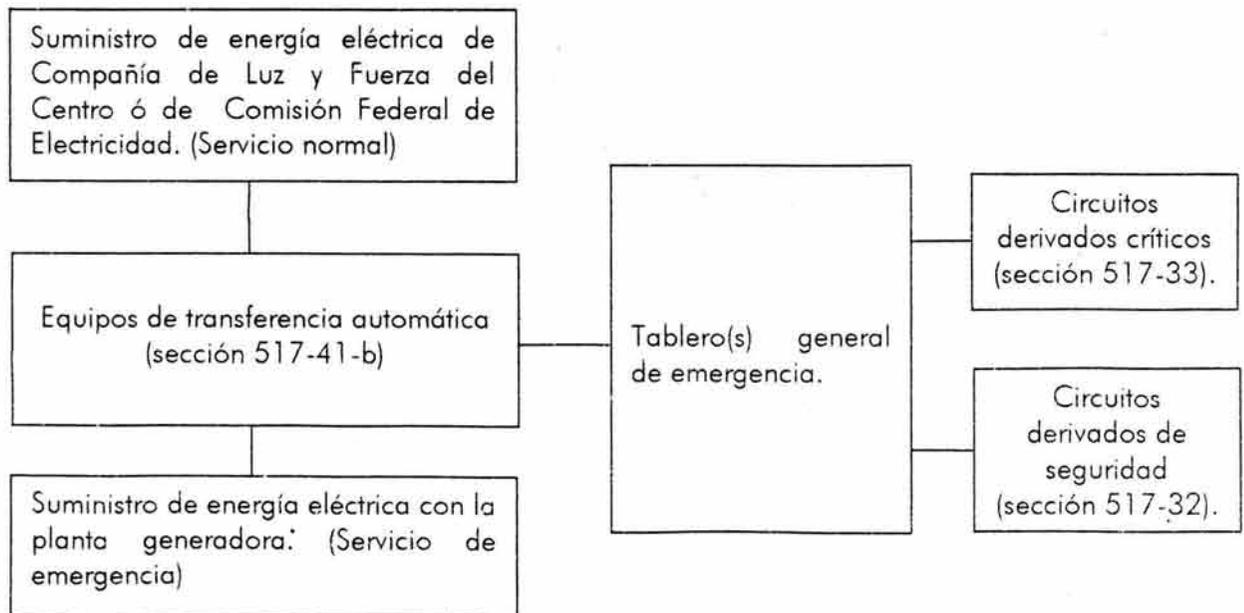
El circuito derivado de seguridad de la vida del sistema de emergencia deberá alimentar a los siguientes conceptos:



### **Sistema eléctrico esencial.**

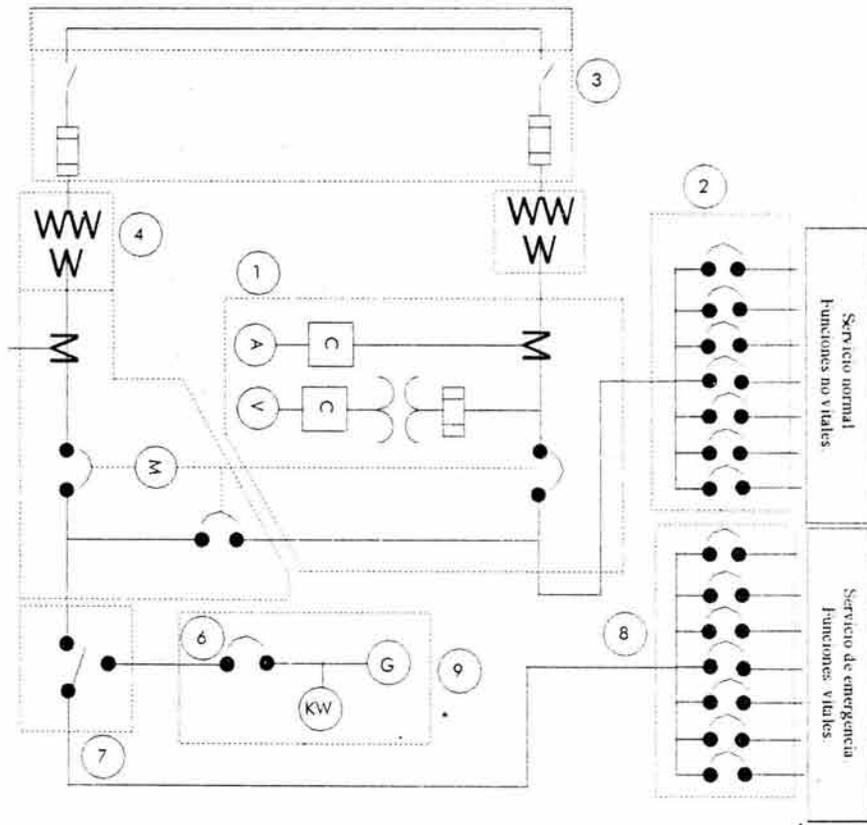
Es un sistema constituido por fuentes alternas de energía así como todos los sistemas de distribución conectados y equipo auxiliar destinado para asegurar la continuidad de la energía eléctrica para áreas específicas y funciones e instalaciones del cuidado de la salud durante la interrupción de la fuente normal de energía y también destinado para minimizar disturbios dentro de los sistemas internos de la instalación eléctrica.

Enseguida, se muestra por medio de un diagrama a bloques la estructura básica de un sistema eléctrico esencial.



Se muestra a continuación como ejemplo de un sistema eléctrico esencial el diagrama unifilar de una instalación de emergencia con dos transformadores de distribución.

Diagrama unifilar de un sistema típico de emergencia con instalación de dos transformadores de distribución y un interruptor de enlace con bloqueo mecánico en los interruptores de enlace.



De donde:

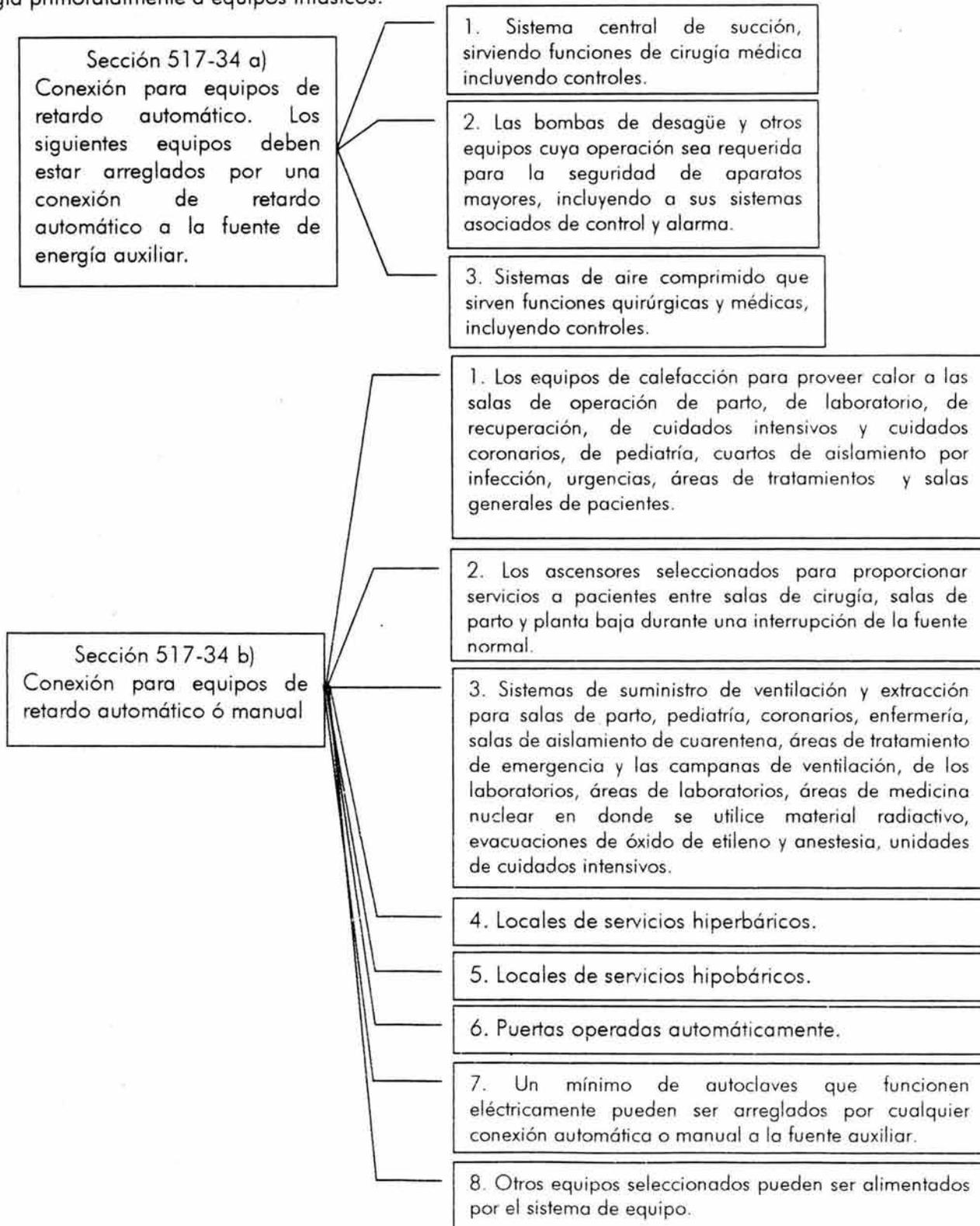
- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| - Sistema normal:                   | - Sistema de emergencia:              |
| 1. Tablero general                  | 6. Tablero general                    |
| 2. Circuitos a tableros de zona     | 7. Equipo de transferencia automática |
| 3. interruptor general del primario | 8. Circuitos a tableros de zona       |
| 4. transformador.                   | 9. Planta generadora de emergencia.   |

Notas:

- 1) El interruptor de enlace no podrá ser cerrado cuando los dos interruptores generales de los secundarios de los transformadores estén cerrados.
- 2) El interruptor de enlace podrá cerrarse solo cuando uno de los interruptores del secundario de los transformadores esté cerrado, y el otro interruptor esté abierto.

### **Sistemas de equipamiento.**

Están constituidos por los sistemas de alimentadores y circuitos derivados cuya función es retrasar la conexión automática o manual a las fuentes de energía alterna y que suministra energía primordialmente a equipos trifásicos.



## **5.5.2 Análisis de la sección del artículo 517 referente a sistemas de emergencia.**

### **C. Sistema eléctrico esencial**

**517-25 Alcance.** El sistema eléctrico esencial para estos lugares comprende un sistema capaz de alimentar energía eléctrica a una cantidad limitada de servicios para alumbrado y fuerza, los cuales son considerados esenciales para la seguridad de la vida y cesan sus funciones como consecuencia de que el servicio eléctrico normal es interrumpido por cualquier razón; por tanto las labores no deben ser suspendidas. Esto incluye clínicas y oficinas médicas y dentales, enfermerías, áreas de atención limitada, hospitales y otras instalaciones para el cuidado de pacientes.

Los sistemas eléctricos esenciales abarcan hospitales, clínicas, consultorios médicos y dentales, atención pacientes externos, casas de enfermeras, instalaciones de custodia residencial y otros lugares de atención a la salud para el cuidado de pacientes.

#### **517-30 Sistema eléctrico esencial**

**a) Aplicación.** Los requerimientos de la Parte C, Secciones 517-30 a 517-35 aplican en hospitales en donde es requerido el sistema eléctrico esencial.

#### **b) Disposiciones generales**

1) El sistema eléctrico esencial para hospitales debe estar compuesto por dos sistemas independientes capaces de suministrar una cantidad limitada de energía eléctrica para el servicio de alumbrado y fuerza, considerado esencial para la vida, segura y efectiva durante el tiempo que el servicio eléctrico normal se interrumpe por cualquier razón. Estos dos sistemas deben ser el sistema de emergencia (circuitos para seguridad de la vida, circuitos de carga crítica), circuitos de reserva y el sistema para equipos.

2) El sistema de emergencia debe estar limitado a circuitos para la seguridad de la vida y para atención crítica. Estos están designados como circuitos derivados para la "seguridad de la vida" y circuitos derivados para la "carga crítica".

3) El sistema debe suministrar energía al equipo eléctrico principal necesario para la atención de pacientes y para la operación básica del hospital.

4) El número de desconectores de transferencia debe estar basado en la confiabilidad, diseño y consideraciones de carga. Cada circuito derivado del sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por uno o más desconectores de transferencia como se muestra en el diagrama de la Figura 517-30. Se permite que un desconector de transferencia alimente a uno o más circuitos o sistemas eléctricos esenciales.

5) **Otras cargas.** Las cargas alimentadas por el equipo generador no especificadas en 517-33 y 517-34 deben ser alimentadas por su propio desconector de transferencia de tal forma que:

- a. El interruptor de transferencia no debe operar si se sobrecarga el equipo generador.
- b. Debe desconectar automática o manualmente al equipo que genera la sobrecarga.

#### **c) Requerimientos de alambrado**

1) **Separación de otros circuitos.** Los circuitos derivados de "seguridad de la vida" y los derivados de "carga crítica" del sistema de emergencia deben estar completamente independientes de cualquier otro alambrado o equipo y no deben ocupar las mismas canalizaciones, cajas, receptáculos o gabinetes.

*Excepción 1: Dentro del gabinete del equipo de transferencia.*

*Excepción 2: Dentro de las salidas o luminarias en emergencia que son alimentadas por las dos fuentes.*

*Excepción 3: En una caja de conexiones anexa a la salida de una luminaria en emergencia alimentada de dos fuentes.*

*Excepción 4: Alambrado de dos o más circuitos en emergencia alimentados desde el mismo circuito derivado, se permite el mismo recorrido, conductor, caja o gabinete.*

Está permitido que el alambrado de los equipos ocupe la misma canalización, caja o gabinete de otros circuitos que no sean parte del sistema de emergencia; por ejemplo circuitos de reserva.

2) **Sistema de energía aislado.** Cuando los sistemas de energía aislados estén instalados en algunas de las áreas dadas en 517-33 (a) (1) y (a) (2) cada sistema debe ser alimentado por un circuito individual sin alimentar otra carga.

3) **Protección mecánica del sistema de emergencia.** El alambrado de un sistema de emergencia para un hospital debe estar protegido mecánicamente por una canalización metálica o cable armado tipo MI.

**Excepción 1:** Las alimentaciones con cable flexible o armado de equipo conectado al sistema de emergencia no requieren alojarse en canalizaciones metálicas.

**Excepción 2:** Los circuitos secundarios de los transformadores de comunicación o de señalización no se requiere que estén alojados en canalizaciones según se especifica en los Capítulos 7 y 8.

**Excepción 3:** El tubo (conduit) no-metálico cédula 80 está permitido excepto para circuitos derivados en áreas de atención de pacientes.

**Excepción 4:** En donde esté ahogado en concreto no-menos de 51 mm de espesor se permite la utilización de tubo PVC cédula 40 o tubo (conduit) no-metálico excepto en circuitos derivados de áreas de atención de pacientes.

**Excepción 5:** Se permite utilizar cable tipo MI. Los conductores que se instalen en circuitos derivados que sirven para la atención de los pacientes deben cumplir con los requerimientos indicados en 517-13.

**Excepción 6:** Se permiten las canalizaciones metálicas flexibles y cables armados para el uso como conductos para la alimentación a equipo prefabricado o donde sea necesario para una conexión flexible al equipo.

La excepción no.2 exenta a la "llamada de enfermeras", teléfonos y circuitos de alarmas a correr en receptáculos de metal, a condición de que éstos cumplan con los artículos aplicables al respecto en el código. Aunque esto proporcione suficiente libertad en el método de alambrado, deben observarse las restricciones de la sección 300-22 ( ductos, cámaras de aire y en otros espacios de manejo de aire ambiental) concerniente a aplicaciones fijas, a menos de que a los conductores se les considere en base a sus parámetros de resistencia al fuego y características de baja producción de humo serán utilizados basándose en los requerimientos señalados por las secciones 725-51 a), 760-51 d) y 800-51 a).

**NOTA:** Véase 517-13 (b) para requerimientos de conexiones adicionales de puesta a tierra en áreas de cuidados intensivos.

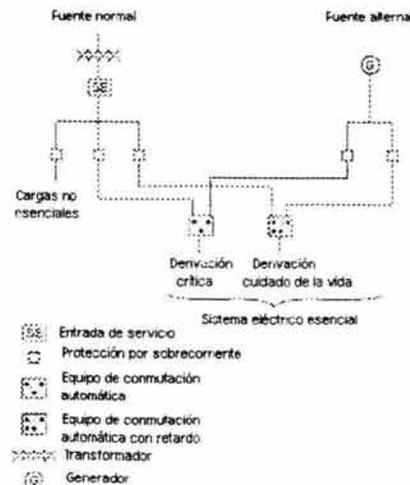
**d) Capacidades del sistema.** El sistema eléctrico esencial debe tener una capacidad adecuada para satisfacer la demanda para la operación de todas las funciones y equipos que se alimenten para cada sistema y para cada circuito derivado.

Los alimentadores deben dimensionarse de acuerdo con lo indicado en los Artículos 215 y 220. El(los) grupo(s) generador(es) debe(n) tener una capacidad suficiente y un alcance adecuado para enfrentar la demanda producida por la carga de los sistemas eléctricos esenciales en cualquier momento.

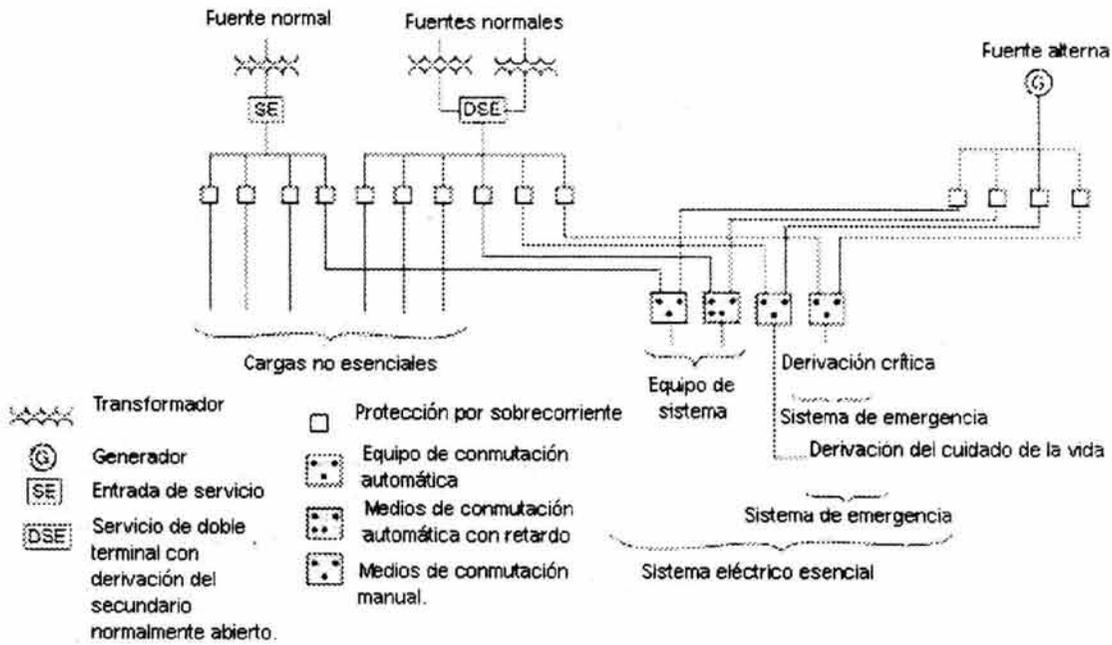
El cálculo de la demanda para dimensionar el(los) generador(es) se basa en lo siguiente:

- 1) factores prudentes de demanda y datos históricos,
- 2) carga conectada,
- 3) procedimiento de cálculos de alimentadores como se describe en el Artículo 220,
- 4) cualquier combinación de las anteriores.

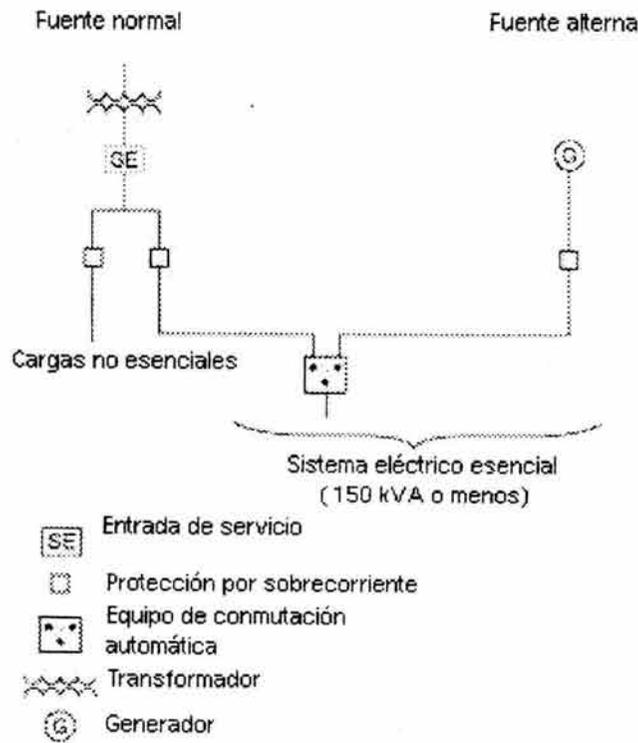
Los diagramas mostrados a continuación indican posibles conexiones de sistemas eléctricos para hospitales.



1. Sistema eléctrico pequeño para hospitales.



## 2. Sistema eléctrico típico grande para hospitales.



## 3. Sistema eléctrico pequeño para hospitales. (con un solo interruptor de transferencia)

En el diagrama no. 1 se ilustra una situación común donde la expansión de los servicios necesitan de la adición de una fuente normal en el lugar. Como se muestra en el diagrama, esto podría no necesariamente requerir la adición de otra fuente alterna. A condición de que la fuente alterna tenga una capacidad para todas las cargas proyectadas, ésta podrá atender a múltiples servicios.

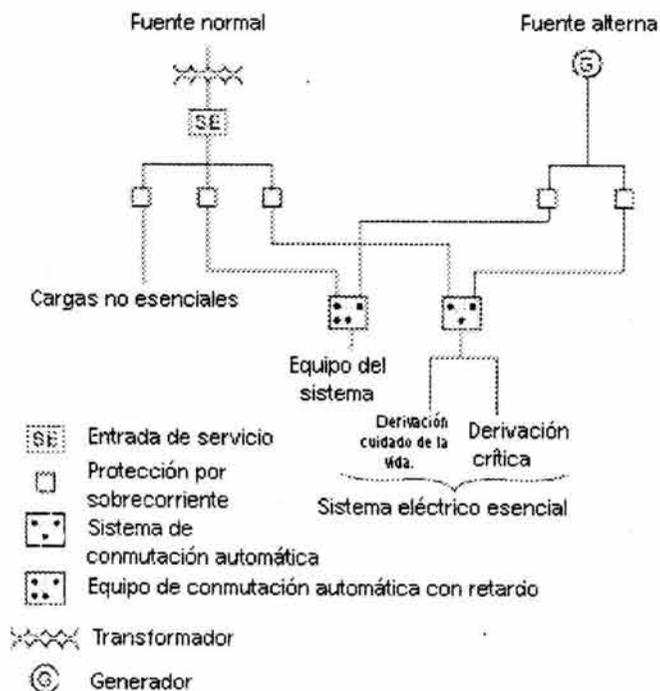
Para un sistema eléctrico pequeño que tenga una demanda máxima en el sistema eléctrico esencial de 150 kVA, observe el diagrama no.3. Una carga pequeña puede ser atendida por un solo interruptor de transferencia que pueda manejar las cargas asociadas con ambas, el sistema de emergencia y el equipo de servicio. Esto, por supuesto, está basado en el hecho de que el interruptor de transferencia tenga la suficiente capacidad para manejar las cargas combinadas, y de que la fuente alterna de energía es lo suficientemente grande para soportar el impacto de la transferencia simultánea de ambos sistemas en el caso de la pérdida de la fuente normal.

**517-31 Sistemas de emergencia.** Aquellas funciones de atención de pacientes que dependan del alumbrado o equipos que son conectados al sistema de emergencia, deben estar divididos en dos circuitos obligatorios: El circuito de "seguridad de la vida" y el circuito de "carga crítica", descritos en 517-32 y 517-33.

Los circuitos derivados del sistema de emergencia deben estar instalados y conectados a la fuente alterna de alimentación, de manera que las funciones aquí especificadas para el sistema de emergencia deben ser automáticamente restablecidas para operar dentro de diez segundos después de la interrupción de la fuente normal.

**NOTA:** Los circuitos derivados de reserva (alumbrado, receptáculos y equipos), también se alimentan de esta fuente y se permite que los conductores estén alojados en la misma canalización del sistema normal.

Los diagramas siguientes aclaran las interconexiones y los interruptores de transferencia requeridos.



1. Sistema eléctrico pequeño – Casa de enfermeras e instalaciones de atención limitada-

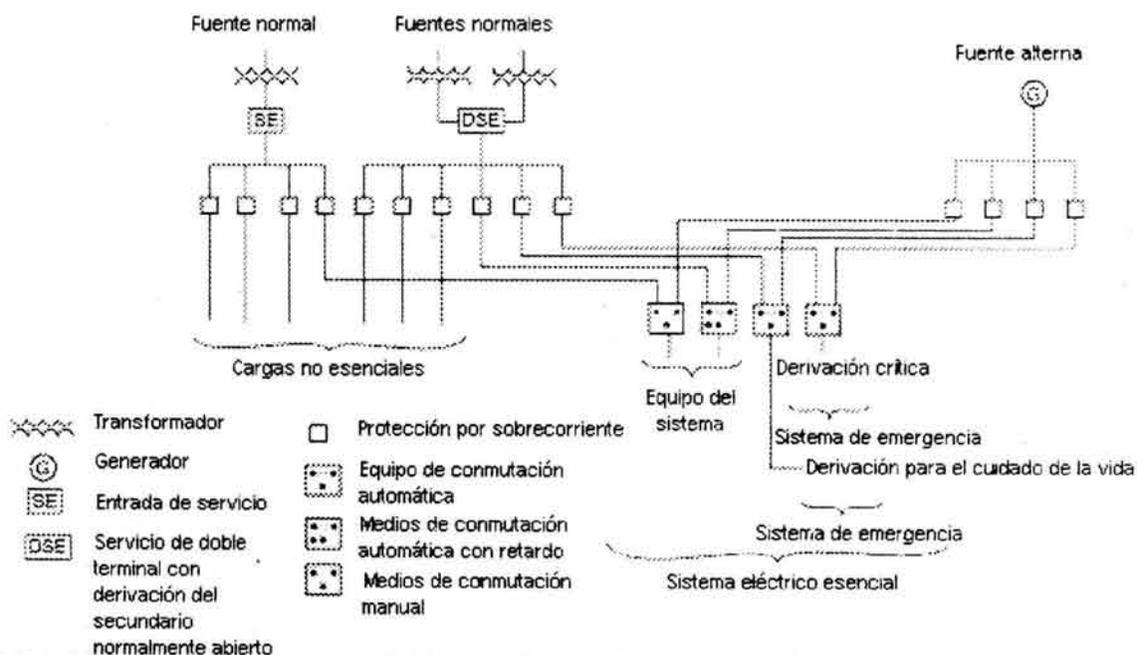


Fig.2 Típico sistema eléctrico grande – Casa de enfermeras e instalaciones de atención limitada.

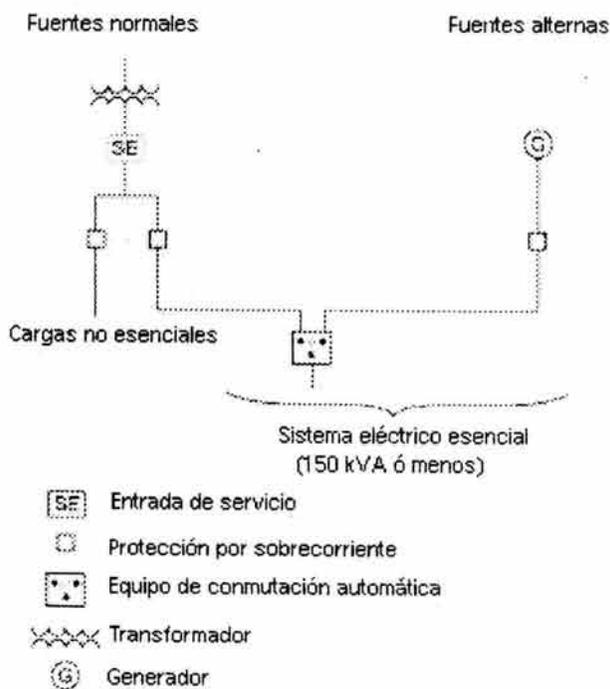
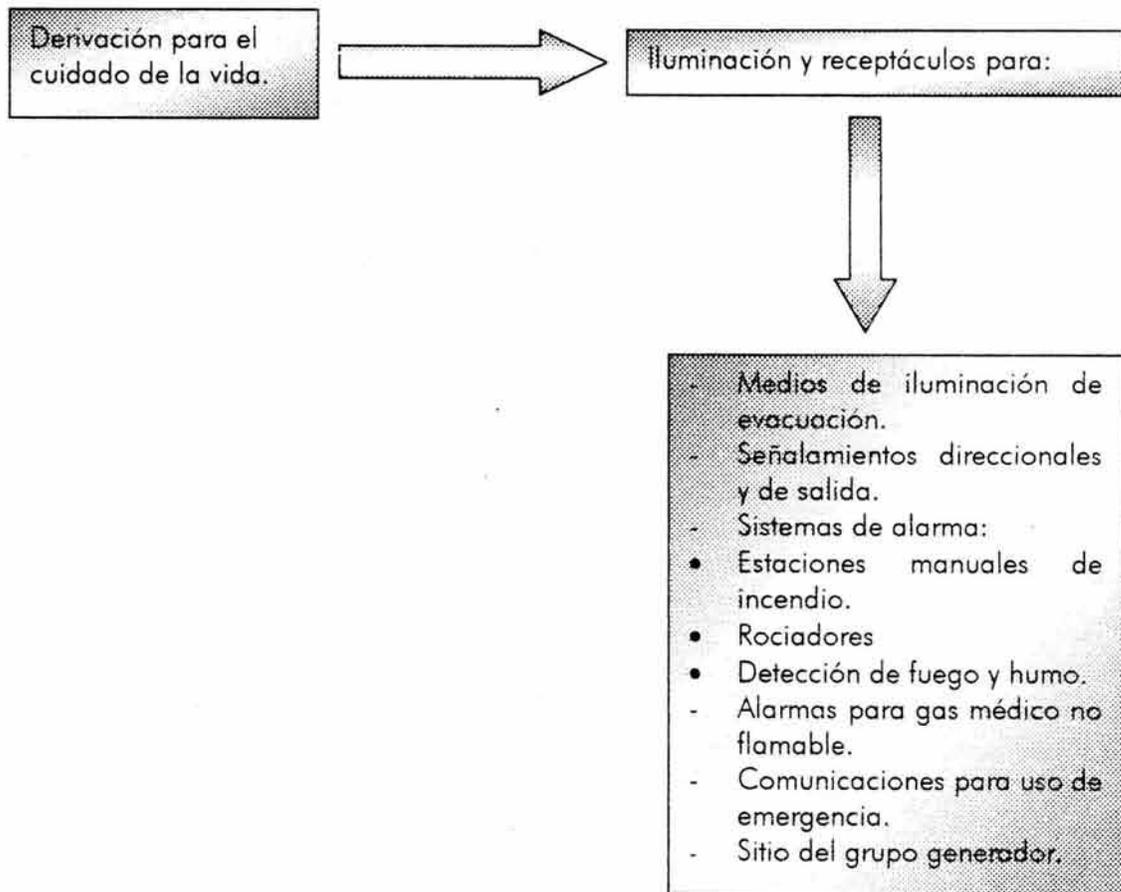


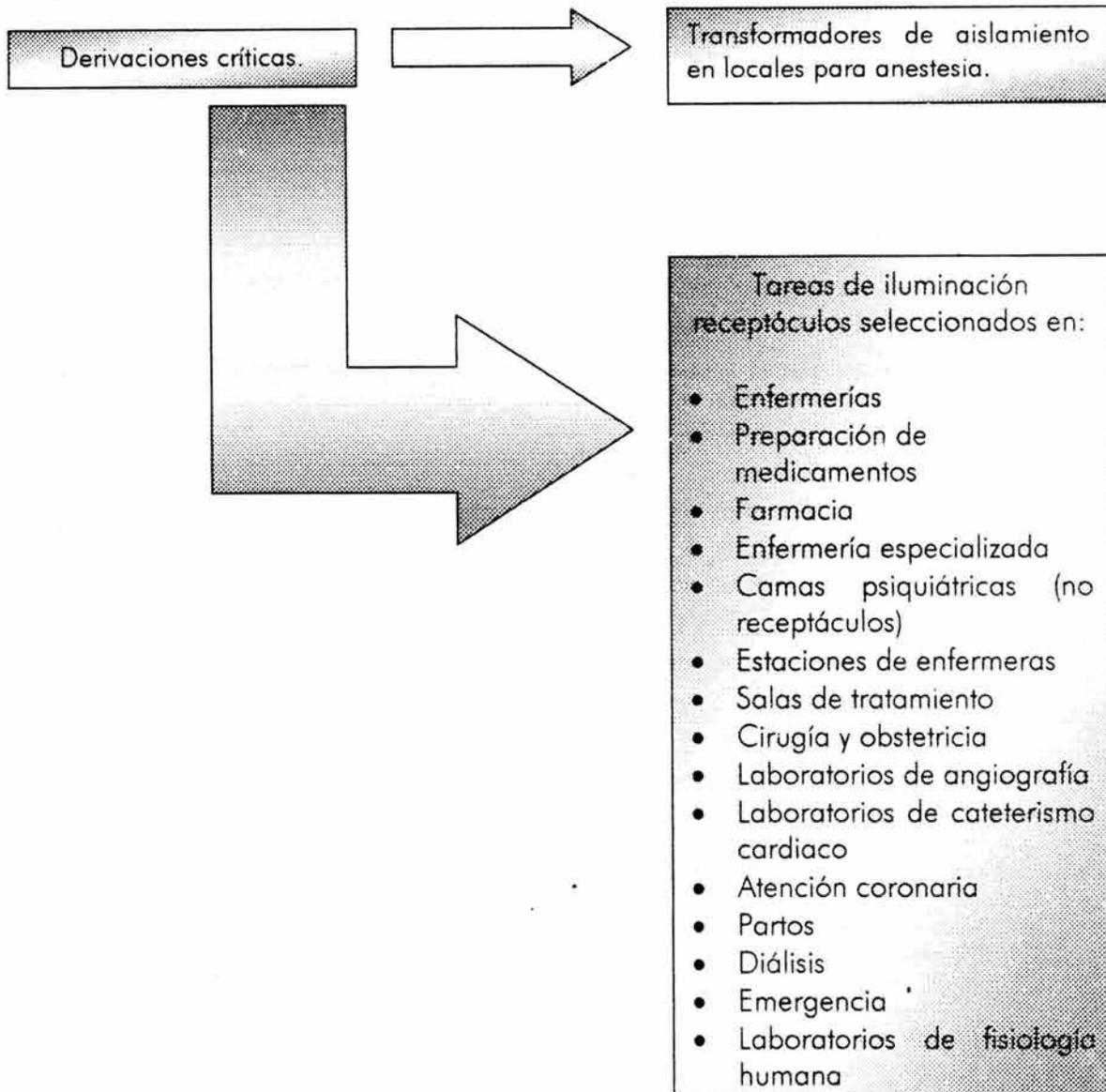
Fig. 3 Sistema eléctrico pequeño – Casa de enfermeras e instalaciones de atención limitada. (Un solo interruptor de transferencia).

La tabla que se muestra a continuación resume las cargas alimentadas por el sistema de emergencia del hospital, el cual debe restablecer el suministro eléctrico hacia las cargas dentro de 10 segundos de la pérdida del suministro normal.

### **Cuadros de resumen**

El sistema de emergencia de un hospital debe atender las siguientes cargas:





**517-32 Circuito derivado de seguridad de la vida.** Ninguna otra función que la mencionada en los incisos a) al f), debe estar conectada al circuito derivado de seguridad de la vida. El circuito derivado de seguridad de la vida del sistema de emergencia debe alimentar los siguientes conceptos: alumbrado, receptáculos y el siguiente equipo:

**a) Iluminación de los medios de escape.** La iluminación de los medios de escape, tales como el alumbrado requerido para circulaciones, pasillos, escaleras y accesos a puertas de salidas y todas las vías necesarias para llegar a las salidas. Se permite un arreglo de cambios para transferir alumbrado de pasillos de encamados del circuito de alumbrado general al de alumbrado nocturno, siempre que uno de los dos circuitos pueda ser seleccionado y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse a la vez.

**b) Señalización de salidas.** Señales de salidas y señales hacia las salidas.

**c) Sistemas de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta incluyen:

- 1) Alarmas de incendio
- 2) Dispositivos de alarma.

**d) Sistemas de comunicación.** Sistemas de comunicación en hospitales, donde se usan para transmitir instrucciones durante condiciones de emergencia.

**e) Local del grupo generador.** Iluminación en el cargador de baterías para las unidades de alumbrado en emergencia alimentados por baterías y receptáculos seleccionados en el local del grupo generador.

**f) Elevadores.** Iluminación en cabinas de elevadores, sistemas de control, señalización y comunicación.  
**517-33. Circuito derivado crítico**

**a) Iluminación de áreas de trabajo y receptáculos seleccionados.** El circuito derivado crítico del sistema de emergencia debe abastecer energía para el alumbrado del lugar de trabajo y para equipo fijo y circuitos especiales de alimentación y receptáculos seleccionados que sirvan a las siguientes áreas y tengan funciones relacionadas con la atención de pacientes.

- 1) Áreas de atención crítica que utilicen gases de anestesia, vacío, alumbrado del lugar de trabajo, receptáculos seleccionados y equipo fijo.
- 2) Los sistemas de energía aislados requeridos en ambientes especiales.
- 3) Áreas de atención para el paciente, iluminación del lugar de trabajo y receptáculos seleccionados en:
  - a. Áreas de pediatría
  - b. Áreas de preparación médica
  - c. Farmacias
  - d. Áreas seleccionadas de recién nacidos
  - e. Áreas de camas de psiquiatría (omitir los receptáculos)
  - f. Salas de tratamientos (excepto consultorios)
  - g. Estación de enfermeras (a menos que estén adecuadamente iluminadas por luminarias de los corredores)
- 4) Iluminación adicional especial y receptáculos en lugares de atención de pacientes, donde se necesiten.
- 5) Sistema de "llamadas de enfermeras".
- 6) Banco de sangre, de huesos y de tejidos.
- 7) Salas y armarios para centrales telefónicas.
- 8) Iluminación de áreas de trabajo, receptáculos y circuitos especiales de energía para:
  - a. Camas de atención general (al menos un receptáculo doble por cada cuarto de pacientes)
  - b. Laboratorios angiográficos
  - c. Laboratorios de cateterización cardíaco.
  - d. Unidad de atención coronaria.
  - e. Áreas o salas de hemodiálisis.
  - f. Áreas de tratamientos en salas de urgencias (seleccionados).
  - g. Laboratorios de fisiología humana.
  - h. Unidad de terapia intensiva.
  - i. Salas de recuperación postoperatoria (seleccionados).
- 9) Iluminación adicional del lugar de trabajo, receptáculos y circuitos especiales de alimentación necesarios para la efectiva operación del hospital. Los motores de ventiladores de extracción monofásicos fraccionarios, los cuales están interconectados con motores trifásicos en el equipo, se permiten que estén conectados al circuito derivado crítico.

El objetivo de las derivaciones críticas es el atender a un número limitado de receptáculos y sitios para reducir la carga y minimizar las posibilidades de condiciones de falla. Los receptáculos en corredores de áreas para atención general de pacientes están permitidos en los circuitos derivados críticos, pero éstos requieren ser identificados de alguna manera (código de colores ó etiquetas) como parte del circuito derivado crítico de acuerdo con la sección 3-4.2.2.4 b)(2) de la norma 99-1990 de la NFPA "Standard for Health Care Facilities".

**b) Subdivisión del circuito derivado crítico.** Está permitido dividir el circuito derivado crítico en dos o más circuitos derivados.

**NOTA:** Es importante analizar las consecuencias de alimentar un área solamente con un circuito derivado. Se permite en consecuencia utilizar otro circuito derivado.

**517-34. Conexión del sistema de equipo a la fuente alterna de energía.** El sistema de equipo debe ser instalado y conectado a la fuente alterna de energía, de tal manera que el equipo descrito en 517-34 (a) sea puesto automáticamente en operación en un intervalo de tiempo apropiado, siguiente a la energización del sistema de emergencia. Estos arreglos también proveen la conexión subsecuente del equipo descrito en 517-34 (b).

**a) Conexión para equipo de retardo automático.** El siguiente equipo debe estar arreglado para una conexión de retardo automático a la fuente alterna de energía.

- 1) Sistema central y equipo distribuidor para el acondicionamiento del aire. Este equipo está permitido en los circuitos derivados críticos.
- 2) Las bombas de desagüe u otro equipo cuya operación sea requerida para la seguridad de aparatos mayores, incluyen sus sistemas asociados de control y alarma.
- 3) Sistemas de aire medicinal que sirvan a funciones quirúrgicas y médicas, incluyen controles.
- 4) Control de humos y sistema de presurización de escaleras.
- 5) Equipo de campanas de estufas o sistemas de salidas de humos requeridos para operar durante un incendio en o abajo de la campana.

**Excepción.** Los estudios de ingeniería deben definir la conexión secuencial automática previendo una sobrecarga en el generador.

**b) Conexión para equipo de retardo automático o manual.** El siguiente equipo debe proveerse de conexión, bien sea de retardo automático o manual a la fuente alterna de energía:

- 1) Equipo para calefacción en salas de cirugía, de expulsión (parto), de laboratorio, de recuperación, de terapia intensiva y coronaria, de pediatría, cuartos de aislamiento por infección, urgencias, áreas de tratamiento de urgencias y salas generales de pacientes.

**Excepción:** En los cuartos de pacientes y habitaciones de aislamiento por infecciones, durante las interrupciones del suministro de la fuente normal, no se requerirá calefacción en las condiciones siguientes:

- a. Si la temperatura externa de diseño es mayor de 0 °C.
- b. Si la temperatura externa de diseño es menor que 0 °C, pero se dispone de un(os) local(es) para cubrir las necesidades médicas de todos los pacientes hospitalizados, entonces solamente este(os) local(es) necesita(n) calefacción.

En algunas áreas del país, es una práctica común la instalación en habitaciones de unidades individuales de aire acondicionado y calefacción antes que instalar una planta central de aire acondicionado y calefacción. Donde éstas unidades son eléctricamente energizadas, puede resultar poco práctico el aplicar esta carga de alta demanda hacia el generador. Donde el cuerpo de administración de la casa de enfermeras tenga personal de tiempo completo que pueda desplazar a las personas hacia una habitación la cual pudiera calentarse cuando esta pequeña carga es tomada por el generador, satisface la intención del artículo. Las provisiones para limitar el calentamiento durante condiciones de emergencia están basadas en consideración de la temperatura exterior de diseño.

c. Las instalaciones que cuentan con doble fuente de energía como se describe en 517-35 (c)  
NOTA.

2) Los elevadores seleccionados para proporcionar servicios a pacientes entre salas de cirugía, salas de expulsión (parto) y planta baja durante una interrupción de una fuente normal.

En los casos de una interrupción tal que la fuente normal provoque un paro de elevadores entre pisos se debe proveer de desconectores de transferencia que permitan el funcionamiento temporal de cualquier elevador para poder sacar a los pacientes u otras personas que hayan quedado atrapadas.

3) Sistema de suministro de ventilación y extracción para salas de cirugía, salas de expulsión, pediatría, terapia intensiva y coronaria, enfermerías, salas de aislamiento de cuarentena, áreas de tratamiento de urgencias y las campanas de ventilación de los laboratorios, áreas de medicina nuclear en donde se use material radiactivo, evacuación de óxido etileno y de anestesia, y unidades de terapia intensiva especial.

4) Locales de servicios hiperbáricos.

5) Locales de servicios hipobáricos.

6) Puertas operadas automáticamente.

7) Un mínimo de autoclaves que funcionen eléctricamente puede ser arregladas por cualquier conexión automática o manual a la fuente alterna de energía.

8) Otros equipos seleccionados pueden ser alimentados por el sistema de equipo.

#### 517-35. Fuentes de energía

**a) Dos fuentes de energía independientes.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes de energía independientes. Una fuente normal que generalmente alimenta a todo el sistema eléctrico y una o más fuentes alternas para uso cuando el servicio normal sea interrumpido.

**b) Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe estar formada por uno o varios grupos de generadores asociados por alguna clase de fuerza motriz y ubicados en las instalaciones del usuario.

**Excepción:** Donde la fuente normal esté formada por unidades generadoras ubicadas en las instalaciones del usuario, la fuente alterna de energía puede ser otro grupo generador interno o un servicio de energía eléctrica externo.

**c) Ubicación de los componentes del sistema eléctrico esencial.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los locales donde se encuentren los componentes del sistema eléctrico esencial, para minimizar interrupciones causadas por fuerzas naturales comunes en el área (por ejemplo: tormentas, inundaciones, terremotos y riesgos creados por estructuras o actividades contiguas).

También debe considerarse la posible interrupción de los servicios eléctricos normales, como resultado de causas similares, así como la interrupción del servicio eléctrico normal debido a las fallas internas del alambrado o de los equipos.

**NOTA:** Las instalaciones cuya fuente de energía normal estén alimentadas por dos o más acometidas de los servicios públicos tienen mayor confiabilidad en su servicio eléctrico normal que aquellas que tengan una sola acometida. Tal fuente doble de energía normal puede consistir en dos o más acometidas de servicios eléctricos alimentados desde grupos de generación independientes o por una red de distribución de energía que tengan múltiples fuentes de alimentación y estén mecánica y eléctricamente separadas de tal manera que una falla entre las instalaciones de la compañía suministradora y las fuentes generadoras tenga pocas probabilidades de provocar la interrupción de más de una de las acometidas.

#### **517-40. Sistemas eléctricos esenciales para enfermerías y de atención limitada**

**a) Aplicación.** Los requisitos de la Parte C, Secciones 517-40 (c) a 517-44, se aplican a enfermerías e instalaciones de atención limitada.

**Excepción:** Edificios independientes que se usen como enfermerías e instalaciones de atención limitada, previendo:

*a. Que se apoyen con políticas de admisión, permitiendo la atención para cualquier paciente que necesite ser atendido con equipo eléctrico de soporte a la vida.*

*b. Que no ofrezca un tratamiento quirúrgico que necesite anestesia general.*

*c. Que provea sistema(s) automático(s) operado por baterías o equipo que sea efectivo al menos por 1,5 horas y esté por otro lado de acuerdo con lo indicado en 700-12, y que sea capaz de ofrecer iluminación para salidas, circulaciones, escaleras, estaciones de enfermeras, áreas de preparación médica, cuarto de calderas y áreas de comunicación. Este sistema también deberá proveer energía para funcionamiento de todos los sistemas de alarma.*

La norma de la NFPA 99-1990 "Standard for Health Care Facilities", reconoce dos tipos de casas de enfermeras o instalaciones de atención limitada. Para las pequeñas, instalaciones poco complejas, solo un mínimo de iluminación alterna y se necesita proveer de un servicio de alarma.

Donde sea provisto el tratamiento de pacientes, los requerimientos de las secciones 517-41 hasta 517-44 requiere que sean aplicados. Las derivaciones del sistema de emergencia para este tipo de aplicación soportan títulos idénticos de sus contrapartes para aplicaciones de tipo hospital.

**b) Centro de hospitalización.** Las enfermerías e instalaciones de atención limitada que proporcionen servicios de hospitalización deben cumplir con lo requerido en la Parte C, Secciones 517-30 a 517-35.

Sin tener en cuenta el nombre tomado por la instalación, el tipo de sistema eléctrico depende del tipo de atención provista al paciente. Donde dicha atención es prestada en un hospital de pacientes internos, un sistema eléctrico de tipo hospital requiere que sea instalado.

**c) Instalaciones adyacentes a hospitales.** A las enfermerías y a las instalaciones de atención limitada que estén adyacentes a un hospital les es permitido tener un sistema eléctrico esencial alimentado por el equipo instalado en el hospital.

En donde una casa de enfermeras ó instalaciones de atención limitadas se encuentren en el mismo edificio que ocupa el hospital, la casa de enfermeras no requiere tener su propio sistema eléctrico esencial, sin embargo dicha alimentación puede derivarse del hospital. Esto se señala, ya que ésta norma aplica solo en el suministro eléctrico y no permite la actuación de dispositivos de transferencia.

#### **517-41. Sistemas eléctricos esenciales**

**a) Disposiciones generales.** Los sistemas eléctricos esenciales para enfermerías e instalaciones de atención limitada deben estar formados por dos circuitos derivados separados capaces de suministrar

energía a una carga limitada de alumbrado y fuerza, la cual es considerada esencial para la protección y la seguridad de la vida, así como para la operación efectiva de la instalación durante el tiempo en el cual el servicio normal de energía se interrumpa por cualquier razón. Estos dos circuitos separados deben ser, el "circuito derivado de seguridad de la vida" y el "circuito derivado crítico".

**b) Desconectores de transferencia.** El número de desconectores de transferencia por usar debe basarse en la confiabilidad, el diseño y las consideraciones de carga. El sistema eléctrico esencial debe estar alimentado por un desconector de transferencia como se muestra en el diagrama de la Figura 517-30. Se permite que el desconector de transferencia sirva a uno o a más circuitos derivados o sistemas.

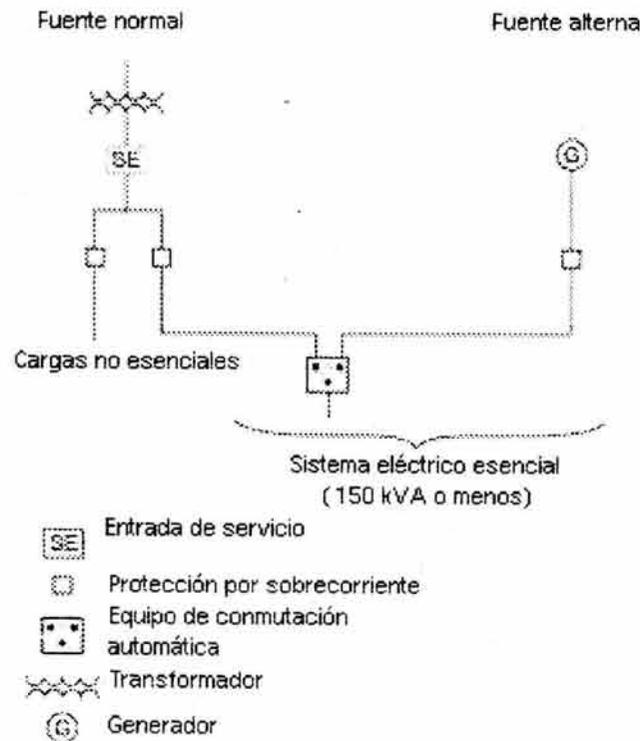
**c) Capacidad del sistema.** El sistema eléctrico esencial debe tener una capacidad adecuada para la operación de todos los servicios y equipos que sean alimentados por cada circuito derivado a un mismo tiempo.

**d) Separación de otros circuitos.** El circuito derivado de seguridad de la vida debe estar totalmente independiente de otros equipos, y no ocupar la misma canalización, cajas o gabinetes de otros alambrados, excepto en los casos siguientes:

- 1) En desconectores de transferencia.
- 2) En luminarias de emergencia o salidas alimentadas desde dos fuentes.
- 3) En cajas de conexiones comunes a luminarias de emergencia o salidas alimentadas desde dos fuentes.
- 4) Circuitos de reserva

Al alambrado del circuito derivado crítico se le permite ocupar las mismas canalizaciones, cajas o gabinetes de otros circuitos que no sean parte del circuito derivado de seguridad de la vida.

En la parte b), un solo interruptor de transferencia puede ser utilizado para el sistema eléctrico esencial entero en vez de utilizar un interruptor de transferencia separado para cada derivación, como se muestra en el siguiente diagrama:



517-30 Sistema eléctrico pequeño para hospitales.  
(con un solo interruptor de transferencia)

Un interruptor de transferencia puede alimentar una o más derivaciones del sistema eléctrico esencial en una casa de enfermeras o en instalaciones de cuidado y custodia residencial,

donde el sistema eléctrico esencial tenga una demanda máxima de 150 Kva. Las consideraciones de la carga dictan el requerimiento de interruptores de transferencia separados. Para instalaciones pequeñas, el sistema eléctrico esencial generalmente consiste de la derivación del cuidado de la vida y de la derivación crítica. Para grandes sistemas, la derivación crítica es dividida dentro de tres derivaciones separadas para pacientes, calefacción, bombas de succión y alarmas. Los diagramas siguientes ilustran instalaciones típicas.

**517-42 Conexión automática al circuito derivado de seguridad de la vida.** El circuito derivado de seguridad de la vida debe ser instalado y conectado a una fuente alterna de energía de manera que todas las operaciones de los servicios especificados en este Artículo se restablezcan automáticamente para su funcionamiento en un lapso menor de diez segundos después de la interrupción de la fuente normal. El circuito derivado de seguridad de la vida debe suministrar energía para alumbrado, receptáculos y equipos de la siguiente manera:

**a) Iluminación de los medios de evacuación del edificio.** La iluminación de los medios de evacuación, tal como el alumbrado requerido para circulaciones, pasillos, escaleras, pistas de aterrizaje y acceso a puertas de salida y de las vías necesarias para llegar a las salidas. Se permite un arreglo para transferir el alumbrado de pasillos de encamados a los circuitos generales de alumbrado, siempre que uno de los dos circuitos se seleccione y que ambas fuentes de energía no puedan interrumpirse a la vez.

La parte a) describe los arreglos de conmutación para la transferencia de la iluminación nocturna del corredor. La norma tiene como objetivo el asegurar que alguna iluminación podrá siempre ser proporcionada en el corredor no importando el modo de operación.

**b) Señalización de salidas.** Señales de salidas y avisos direccionales.

**c) Sistemas de alarma y alerta.** Los sistemas de alarma y alerta incluyen:

1) Alarmas de incendio.

2) Alarmas requeridas por los sistemas de distribución de gases medicinales no inflamables.

**d) Sistemas de comunicación.** Los sistemas de comunicación, cuando éstos se usen para transmitir instrucciones durante las situaciones de emergencia.

**e) Comedores y áreas de recreación.** Iluminación suficiente en comedores y áreas de recreación para proveer iluminación en las vías de salida.

**f) Local del grupo generador.** El alumbrado y receptáculos seleccionados en el lugar destinado para el grupo generador.

**g) Elevadores.** Iluminación de la cabina, sistemas de control, comunicación y señalización.

**517-43 Conexión a un circuito derivado crítico.** El circuito derivado crítico debe instalarse y conectarse a la fuente alterna de energía, de forma que el equipo citado en 517-43 (a) se restablezca automáticamente a intervalos de tiempo apropiados siguiendo la secuencia de restablecimiento del circuito derivado de seguridad de la vida. Su arreglo debe contemplar la conexión adicional del equipo mencionado en 517-43 (b), ya sea mediante operación manual o automática con retardo.

**a) Conexión automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse para una conexión automática con retardo a la fuente alterna de energía.

1) **Áreas de atención de pacientes.** Iluminación de trabajo y receptáculos seleccionados en:

a. Áreas de preparación de medicamentos.

b. Áreas de despacho en farmacias.

c. Estaciones de enfermeras (a menos de que se encuentren adecuadamente iluminadas por las luminarias del corredor).

2) Bombas y otro equipo requerido para la seguridad de la vida con aparatos principales y asociados con alarmas y sistemas de control.

3) Sistemas de control de humos y presurización en las escaleras.

4) Sistemas de campanas de cocinas y extracción de humos, que requieran operar durante un incendio en o bajo la campana.

**b) Conexión manual o automática con retardo.** El siguiente equipo debe conectarse al circuito derivado crítico y adecuarse ya sea para una conexión manual o automática con retardo de tiempo a la fuente alterna de energía.

1) Equipo de calefacción para cuartos de pacientes.

**Excepción:** La calefacción de cuartos de pacientes durante la interrupción de la fuente normal no se requiere bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

a. La temperatura exterior de diseño es mayor a 0 °C.

*b. La temperatura exterior de diseño es menor de 0 °C y existe(n) un(os) local(es) seleccionado(s) para las necesidades de pacientes confinados, y sólo tal local necesita calefacción.*

*c. La instalación está alimentada por una fuente doble de energía como la descrita en 517-44 (c).*

**2) Elevador de servicio.** En los casos en que la interrupción de energía provoque el paro de elevadores entre pisos, la instalación debe permitir la operación temporal de cualquier elevador para liberar a los pasajeros. Para los requerimientos de alumbrado de la cabina del elevador, control y sistemas de señalización, véase 517-42 (g).

**3)** Se permite la conexión solamente al circuito derivado crítico, de iluminación, receptáculos y equipo adicional.

Esta sección detalla los requerimientos de las cargas para ser transferidas de la fuente normal hacia la fuente alterna de energía. En la parte (b)(2), la operación del elevador no debe dejar atrapados a los pasajeros en medio de dos pisos. Esta regla, la cual se presentó como una recomendación en el Código de 1978, actualmente se presenta como obligatoria.

#### **517-44. Fuentes de energía**

**a) Dos o más fuentes independientes de energía.** Los sistemas eléctricos esenciales deben tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía: una fuente normal generalmente alimentando al sistema eléctrico total y una o más fuentes alternas para su uso cuando la fuente normal se interrumpe.

**b) Fuente alterna de energía.** La fuente alterna de energía debe ser un generador accionado por cualquier forma de primo-motor(es) y localizado en las instalaciones del usuario.

*Excepción 1: Cuando la fuente normal consiste en unidades generadoras de energía en el mismo inmueble la fuente alterna puede ser cualquier otra unidad generadora de energía o un suministro externo.*

*Excepción 2: Los sanatorios o clínicas privadas que cumplan los requisitos indicados en la Excepción de 517-40 (d), pueden usar un sistema de baterías o una batería integral auto contenida dentro de cada equipo.*

**c) Ubicación de los componentes de sistemas eléctricos esenciales.** Se debe considerar cuidadosamente la ubicación de los lugares destinados a los componentes del sistema eléctrico esencial para minimizar las interrupciones por siniestros propios del área (por ejemplo, tormentas, inundaciones, terremotos o peligros creados por estructuras o movimientos colindantes). Se debe considerar la posible interrupción de los servicios eléctricos normales que resulten por causas similares, así como posibles interrupciones del suministro normal debido a fallas del equipo y del alambrado interno.

**NOTA:** Las instalaciones alimentadas por dos o más centrales de distribución o doble acometida tienen una confiabilidad mayor a aquéllas con un solo servicio o acometida. Tal fuente doble de suministro normal puede consistir en dos o más servicios alimentados por transformadores, generadores separados o redes de distribución con múltiples fuentes de suministro conectadas y dispuestas para proveer separación eléctrica o mecánica de tal forma que una falla entre la instalación y las fuentes de generación no cause la interrupción de más de una acometida de servicio.

#### **517-45. Sistemas eléctricos esenciales para centros ambulatorios de la atención a la salud**

**a) Aplicación.** Los requerimientos de esta sección se deben aplicar a las instalaciones de la atención a la salud descrita en 517-45.

**b) Conexiones.** El sistema eléctrico esencial debe proporcionar energía para:

**1)** Iluminación para actividades relacionadas con la seguridad de la vida, las cuales son necesarias para el paro seguro de las labores en proceso.

**2)** Todos equipo de anestesia y recuperación utilizado en las áreas en donde la inhalación de anestésicos es administrada a los pacientes, incluyendo dispositivos de alarma y alerta.

**3)** Todos equipo electromédico en las áreas donde se lleven a cabo actividades de apoyo a la vida de los pacientes.

**c) Fuentes alternas de energía**

**1) Fuente de energía.** La fuente alterna de energía para el sistema debe estar diseñada específicamente para este propósito y puede ser un grupo generador, un sistema de baterías o una batería auto contenida en el equipo.

*Excepción: Si hay áreas de atención crítica presentes en la instalación, el sistema eléctrico esencial, debe estar de acuerdo con lo indicado en 517-30 a 517-35.*

**2) Capacidad del sistema.** La fuente alterna de energía debe estar separada e independiente de la fuente normal y debe tener una capacidad que sostenga las cargas conectadas por un mínimo de 1,5 horas después de la interrupción de la fuente normal.

**3) Operación del sistema.** El sistema debe estar arreglado de tal manera que en caso de una falla de la fuente normal, la fuente alterna de energía se conecte a la carga dentro de los siguientes diez segundos.

**517-50. Sistemas eléctricos esenciales para clínicas, oficinas médicas y dentales, consulta externa y otras áreas de atención de la salud no consideradas en 517-30, 517-40 y 517-45**

**a) Aplicación.** Los requerimientos de esta sección se aplican a las instalaciones de atención de la salud descrita en 517-50.

**b) Conexiones.** El sistema eléctrico esencial debe suministrar energía a:

- 1) La iluminación de trabajo relacionado con la seguridad de la vida, el cual es necesario para el paro seguro de las labores en proceso.
- 2) Todo equipo de anestesia y recuperación usado en áreas donde la inhalación de anestésicos se administre a pacientes incluyendo los dispositivos de alarma y alerta.

**c) Fuentes alternas de energía**

- 1) **Fuente de energía.** La fuente alterna de energía para el sistema debe estar diseñada específicamente para este propósito y puede ser, ya sea un grupo generador, un sistema de baterías, o una batería integrada y autocontenida en el equipo.

*Excepción: Si se requiere de equipo electromédico para el apoyo a la vida, el sistema eléctrico esencial debe estar de acuerdo con lo indicado en 517-30 a 517-35.*

- 2) **Capacidad del sistema.** La fuente alterna de energía debe estar separada y ser independiente de la fuente normal y tener una capacidad para sostener las cargas conectadas por un mínimo de 1,5 horas tras la pérdida de la fuente normal.

- 3) **Operación del sistema.** El sistema debe disponerse de tal forma que en caso de falla en el suministro normal de energía, la fuente alterna de energía se conecte automáticamente a la carga dentro de los siguientes diez segundos de la pérdida de energía.

---

## **Capítulo 6**

Aplicaciones.

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Capítulo 6.** **Aplicaciones**

### **6.1 Panorama general de los sistemas de emergencia**

El campo de aplicaciones de los sistemas de emergencia, es sin lugar a duda muy vasto. El tratar cada una de las aplicaciones de forma pormenorizada excedería por mucho los objetivos de éste capítulo, así como de todo este trabajo de tesis.

En este capítulo se presentan de forma general algunas de las aplicaciones que tienen los sistemas de emergencia principalmente en la industria y el comercio, aunque no se pueden eximir aplicaciones en otras áreas como las que corresponden a la atención a la salud y la vida humana, cuyos conceptos fueron introducidos oportunamente en el capítulo 5.

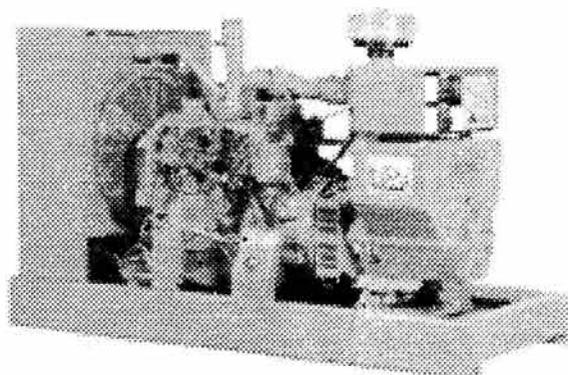


Fig. 1 Planta de emergencia marca SELMEC

Como hemos visto hasta este momento a los sistemas de emergencia los podemos ubicar de acuerdo con la clasificación que hace de ellos la Norma Oficial Mexicana dentro de dos esquemas básicos que son:

- 1) Sistemas de reserva legalmente requeridos.
- 2) Sistemas de reserva opcionales.

Los sistemas de reserva legalmente requeridos, como fue tratado en su momento, son aquellos sistemas que atienden cargas que por su ámbito de aplicación las autoridades correspondientes a través de normas y documentos legales exigen cuenten con un suministro de energía de

reserva que evite la pérdida de la continuidad en el servicio de suministro eléctrico, ya que de suceder, además de causar pérdidas de orden económico por la suspensión de la producción en el menor de los casos, podrían incluso, convertirse en una seria amenaza contra la integridad de la vida humana.

Los sistemas de reserva opcionales son aquellos cuya aplicación está sujeta a las necesidades y recursos con los que disponga el usuario. Su ámbito de utilización se restringe principalmente a aplicaciones de uso residencial y comercios a pequeña escala. El marco de responsabilidad que recae sobre este tipo de sistemas es sensiblemente mas reducido, ya que de su funcionamiento no dependerán procesos industriales complejos o bien, el cuidado y protección de la vida humana.

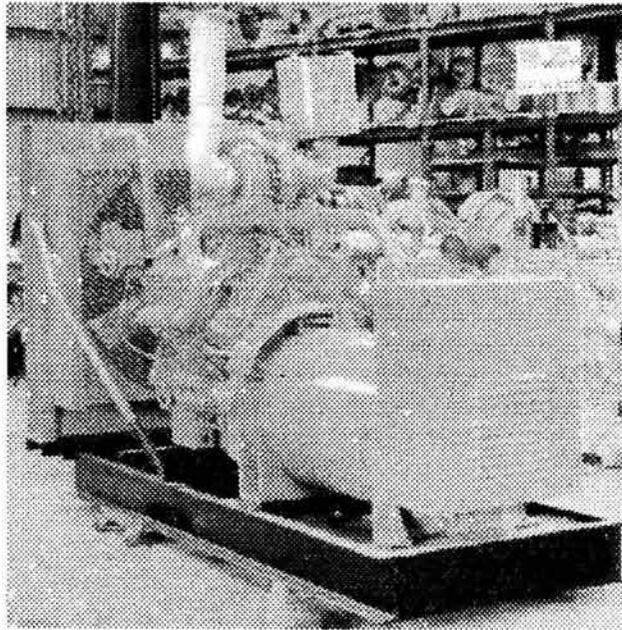


Fig. 2 Planta de emergencia marca PAMBER

A continuación se presentan 2 cuadros, los cuales contienen básicamente propósitos específicos de los sistemas de emergencia y el tipo de energía de reserva o emergencia requerida.

**Cuadro no.1**  
**Categorías de los propósitos de la energía de emergencia o reserva.**

1. Atención humana y salud.

Este rubro incluye la prevención de lesiones o la muerte a causa de varios factores como lo son: fallas, colisiones, operaciones del equipo o malfuncionamiento del mismo, explosiones, incendios, liberación de sustancias tóxicas o explosivas, fallas de equipo de seguridad o de dispositivos para el soporte de la vida entre otros muchos factores. Los usos de la energía de emergencia incluyen señalización, iluminación, procesos de evacuación, control de maquinaria, combate a incendios y dispersión de humo o vapor.

2. Protección al medio ambiente.

En este concepto se incluye la prevención de daños al medio ambiente (temporales o permanentes), los cuales incluyen efectos sobre la calidad del agua, la vida animal o vegetación que no de forma inmediata y significativa amenacen la vida humana o la salud.

3. Evacuación de emergencia.

Este renglón cubre los requerimientos de evacuación por conveniencia o por razones de precaución en donde no existen peligros inmediatos o urgencias, y puede además incluir conceptos de iluminación y rutas de escape.

4. Protección de equipo, producto, material y propiedad.

Esta parte cubre las necesidades por cortes programados, operación limitada ó seguridad que a falta de tales podría resultar en pérdidas económicas a causa de costos por reparación o reemplazo así como falta de disposición de equipo o material.

5. Continuación de producción parcial o total.

Este concepto cubre la necesidad en donde el cese de producción podría resultar en excesivas pérdidas económicas a causa de largos tiempos de restablecimiento ó requerimientos de oportunas entregas de productos.

**Cuadro no.2**  
**Categorías de los tipos de energía de reserva o emergencia**  
**requerida.**

1. Energía de AC ininterrumpible.

Adecuada para uso en computadoras.

2. Energía de AC interrumpible.

Especialmente condicionada para eliminar caídas de tensión, picos de tensión, flameos, armónicas o ruido tal como pudiera ser el producido por acondicionadores rotatorios ó estáticos de energía. Es requerida para energizar equipo con inmunidad no inherente a estos defectos del sistema de energía.

3. Energía de AC interrumpible.

Adecuada para equipo energizado satisfactoriamente de la fuente convencional de servicio público. El rango tolerable de tiempo de salida de energía dictará si es fija o portátil, automática o no automática.

4. Energía de DC permanentemente instalada mantenida a máxima capacidad.

Incluye fuentes de iluminación de emergencia o baterías externas de reserva para comunicaciones, computadoras y procesadores.

5. Energía DC portátil.

Incluye fuentes de energía en linternas, faros y dispositivos portátiles de comunicación, cada uno instalado o mantenido de reserva.

Ahora bien, bajo las estructuras anteriormente planteadas en cuanto al campo de aplicaciones de los sistemas de emergencia podemos decir que existen ciertos tipos de industrias, que en específico no permiten un tiempo importante sin el servicio de suministro eléctrico.

Una vez presentado este panorama respecto al campo de operación de los sistemas de emergencia, pasaremos a tratar más en específico algunos de los tipos de industrias a las cuales sirven los sistemas de emergencia, dentro de esta parte observaremos las actividades en específico sobre las que actúan los mencionados sistemas y los tiempos que por experiencia, las empresas consideran como "tolerables" en cuanto a los cortes que se puedan producir y

afectar a su producción de forma grave, con objeto de sensibilizar al lector en cuanto a la importancia que conlleva la utilización de un sistema de emergencia.

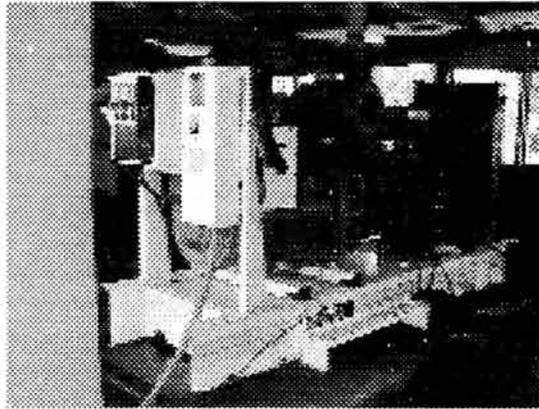


Fig.3 Planta de emergencia utilizada en un Sistema de captación de agua.

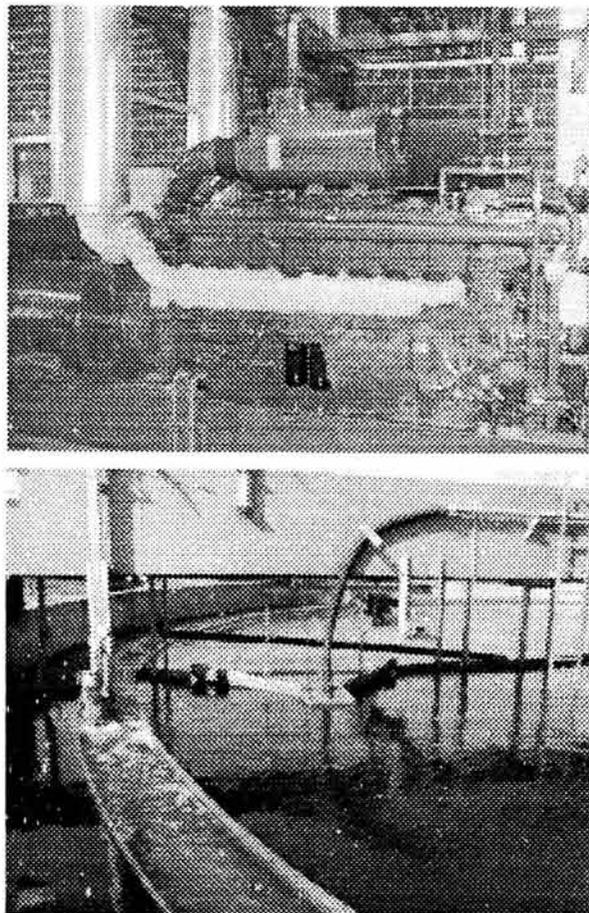


Fig. 4 Planta de emergencia tipo diesel utilizada en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

**6.2 Aplicaciones específicas de los sistemas de emergencia en la industria.**

**1. Industria agrícola.**

Dentro de esta industria, las aplicaciones que tienen los sistemas de emergencia son:

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Ventilación	Lugares de almacenamiento de alimentos.	1 hora o menos	Duración del corte	
Ventilación, Calefacción, Incubadoras de huevos, iluminación	Producción de aves de corral	10 minutos	Duración del corte	La producción se verá afectada después de los 10 minutos. Las pérdidas de producción se pueden presentar después de 30 minutos.
Computadoras	Control de datos o procesos	0 a 1 hora	Duración del corte	
Máquinas de ordeña	Producción de leche	1 a 2 horas	2 a 4 horas, dos veces diariamente	Las vacas deben ser ordeñadas aunque la producción de leche no sea almacenada.
Refrigeración	Almacenamiento de carne	30 minutos a 15 horas	Duración del corte	La temperatura puede ser mantenida por muchas horas si las puertas de los contenedores no son abiertas.
Bombas, Calentador.	Sistemas de suministro de agua	2 a 6 horas	Duración del corte	Soluciones alternas disponibles no requieren energía eléctrica.

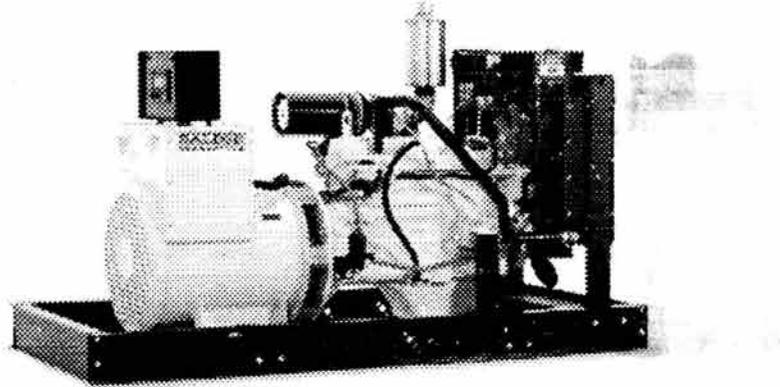


Fig. 5 Los Generadores Industriales con motor diesel para aplicaciones en la industria, incluyendo Agricultura, aplicaciones domesticas, Invernaderos, Ganadería, etc., se usan también en Sistemas y aplicaciones de servicios Municipales como Plantas de Tratamiento de Aguas, centros de emergencia, etc. En la gráfica se muestra un generador marca BALDOR.

## 2. Industria cementera.

Para este tipo de industria, la aplicación de los sistemas de emergencia se presentan de la siguiente forma:

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Impulsor de hornos	Rotación	5 minutos	Indefinido, intermitente o ambos	Frecuentemente se ve realizado por energía mecánica.
Control	Apagones y continuidad	0	Corto o indefinido	
Planta	Producción	0 a 10 minutos	Duración del corte	La cogeneración utilizando el calor remanente puede ser económicamente justificada, particularmente con una insuficiente alimentación comercial.



Fig.6 Aplicación de los sistemas de emergencia en inmuebles industriales.  
En la gráfica se aprecia parte de la instalación eléctrica de "The home depot" Tlanepantla obra a cargo de Electro sistemas mexicanos.

### 3. Industria de edificios comerciales.

Las aplicaciones en este campo son las siguientes:

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Iluminación de emergencia	Hoteles, apartamentos, almacenes, teatros, oficinas, salas de convenciones	10 a 60 segundos o lo que marquen los requerimientos de las normas aplicables.	1.5 horas o lo que marquen los requerimientos de las normas aplicables ó según se necesite.	La gerencia del edificio o las autoridades de seguridad determinarán el carácter de necesario de los requerimientos.
Elevadores	Hoteles, apartamentos, almacenes, oficinas	10 segundos a 5 minutos	Duración del proceso de evacuación	Otros métodos de evacuación pueden ser dispuestos.
Teléfonos en elevadores	Señalización, conmutación, comunicación	10 a 60 segundos	Duración del proceso de evacuación o un lapso mayor de ocupación	
Computadoras	Varios	Negociable	Negociable	Negociable con los usuarios
Combate de incendios y	Bombas para incendio y control	10 segundos	2 horas o más	Las bombas se necesitan cuando una alta

control de humo	de ventilación			demanda excede la capacidad de la presión del agua.
Seguros eléctricos de seguridad	Controles de acceso	0 a 10 segundos	Hasta que se efectúe el bloqueo manual	La pérdida de energía no podrá evitar la salida.
Iluminación de emergencia	Iluminación de almacenes	10 a 60 segundos	Duración del proceso de evacuación	Protección por robo de mercancías y evacuación
Iluminación de emergencia	Iluminación en casinos y zonas aledañas	1 a 10 segundos	Duración del corte	Protección por robo y continuidad de operaciones que son económicamente importantes.

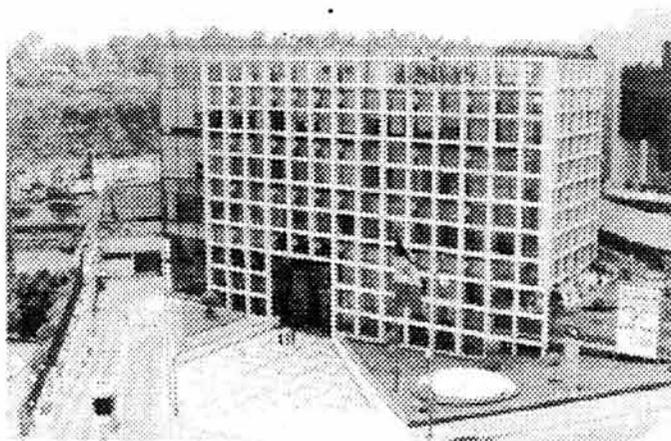
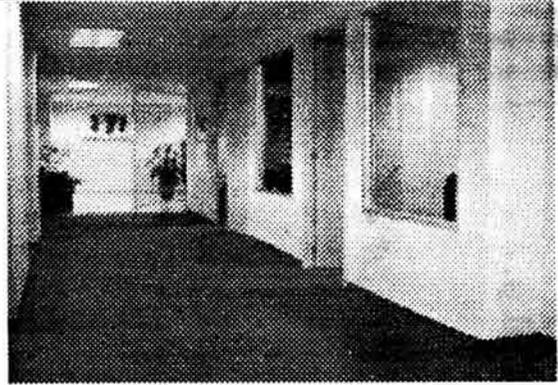


Fig. 7 Aplicación de los sistemas de emergencia en edificios comerciales.  
En la gráfica se muestra el corporativo CYGNY del grupo CAMASIL & LESIN.



a)



b)



c)



d)

Fig. 8 a),b),c) y d) Ejemplos de la aplicación de los sistemas de emergencia en edificios comerciales. En las gráficas podemos apreciar algunas de las áreas en las que la energía deberá estar disponible para el óptimo desarrollo de las actividades dentro del edificio comercial.

#### 4. Industria de comunicaciones.

La industria de las comunicaciones incluye dos tipos de canales de transmisión: canales comunes y privados, y ambas, instalaciones de enlaces punto a punto e instalaciones emisoras. El tráfico de señales de información puede incluir emisiones de radio y televisión, transferencia de datos, transmisiones de voz domésticas y comerciales, seguridad pública y defensa nacional. Estas facetas de las comunicaciones son agrupadas, ya que en muchos casos todos los conceptos de la lista de tráfico de información previamente mencionada pueden ser transmitidos a través del mismo canal común; quienes interpreten las normas deberán conocer las normas del tráfico más severo.

El propósito inmediato de la energía de reserva desde el punto de vista del canal de comunicación es continuar la entrega oportuna del producto. El propósito de la entrega oportuna incluye la protección de la vida, propiedad o medio ambiente por los departamentos de policía bomberos o defensa. El propósito puede incluir cualquier aspecto de operaciones comerciales, tales como mercadeo, producción, adquisiciones o transacciones financieras.

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Oficina central, estaciones de conmutación y repetidoras	Tráfico de transmisiones	0	Duración del corte	La batería es la fuente primaria con el generador de reserva.
Estaciones terrenas de satélite	Tráfico de transmisiones	0	Duración del corte	Los requerimientos de energía de AC son grandes
Seguridad pública, vínculos de radio y terminales	Comunicación de bomberos y policías	0 a 10 segundos	Duración del corte	Usualmente se utilizan máquinas generadoras
Enlaces militares y terminales	Defensa y asuntos diplomáticos	0	Duración del corte	Normalmente se requiere una confiabilidad del 99.6%
Iluminación preventiva para aviones	Torres	0	Duración del corte	

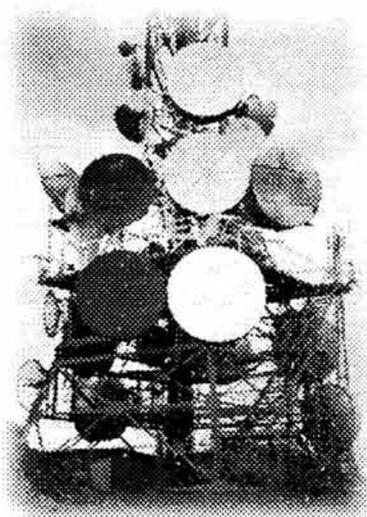


Fig. 9 Aplicaciones de los sistemas de emergencia en el área de las comunicaciones.

## 5. Industria de procesamiento de datos financieros.

Esta es una industria donde los beneficios económicos de una producción continua son suficientemente importantes para justificar la alimentación ininterrumpible de energía, y usualmente, fuentes alternas de energía que puedan mantener la operación más allá de la capacidad de la energía almacenada en la fuente ininterrumpible de energía (UPS). El monto del costo de grandes equipos de procesamiento de datos es justificado solo con un uso óptimo, y la completa dependencia de la industria sobre este equipo por una dirección oportuna de negocio podrían hacer imposible un gasto excesivo.

La primera premisa en la consideración del sistema de energía de reserva es la necesidad que se presenta cuando ocurre la pérdida de la energía de servicio público. Esto llega a ser más evidente en el caso de presentarse problemas eléctricos sobre todo si se parte de la premisa de que también se puede interrumpir la energía hacia el equipo de procesamiento de datos. Este tipo de problemas se pueden ver enfatizados y proliferar a menos que se lleve a cabo un programa de mantenimiento y reparación.

Los hechos anteriores ilustran la necesidad de recurrir a circuitos redundantes y fuentes de alimentación así como de energía que pueda ser mantenida durante los trabajos de mantenimiento en el caso de presentarse fallas. En la última situación, el sistema podría ser diseñado y aplicar dispositivos de protección así como proveer una capacidad realista para librar fallas selectivamente.

Esta categoría industrial incluye no solo a estos miembros obvios, tal como bancos e instituciones de ahorro sino además, cualquier industria que venda, compre o realice cualquier otra operación de índole financiera que reúna un comparable sistema de procesamiento de datos.

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Equipo de procesamiento de datos	Cualquier aplicación crítica	0	Más de la duración del corte	Los sistemas UPS pueden ser soportados con energía de reserva
Sistemas UPS	Alimentación de energía para equipos de procesamiento de datos	10 a 30 minutos (usualmente)	Más de la duración del corte	Esta fuente podría satisfacer por 10 segundos los requerimientos si también es utilizada para funciones de emergencia
Sistema UPS de desvío	Energía para equipo de	0	Muy superior	Revisar el artículo 250 para un correcto

procesamiento de  
datos si el  
sistema UPS falla

aterrizamiento.  
La conexión de  
desvío puede  
causar que  
sistemas UPS  
pequeños sean  
definidos como  
fuentes derivadas  
separadas.

## 6. Industria de la salud.

En el siguiente cuadro se mencionan algunas de las aplicaciones de los sistemas de emergencia dentro del rubro de la industria de atención a la salud.

<i>Uso de la energía</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios.</i>
Equipo para el cuidado de la salud	10 segundos	Energía de emergencia legalmente requerida
Equipo crítico	10 segundos	Energía de emergencia legalmente requerida
Equipo esencial	1 minuto	Energía de reserva legalmente requerida.

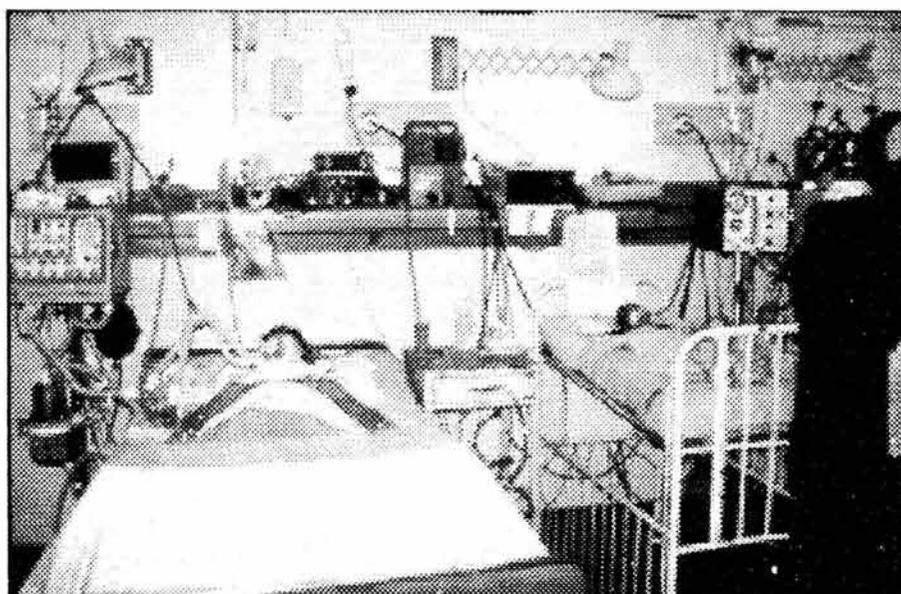


Fig. 10 Aplicación de los sistemas de emergencia en la Industria de atención a la salud.

## 7. Industria minera.

Para el caso de la industria minera presentamos en el siguiente cuadro algunas de las áreas en las cuales tienen injerencia los sistemas de emergencia.

<i>Uso de la energía</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Rango de tiempo de corte tolerable</i>	<i>Duración del respaldo</i>	<i>Comentarios</i>
Grúa	Personal	1 a 10 minutos	±1 hora	Los requerimientos varían de forma importante entre sitios
Ventiladores	Ventilación	1 minuto	1 hora o más	
Bombas	Drenaje	1 a 60 minutos	indefinido	

### **6.3 Otras aplicaciones de los sistemas de emergencia.**

#### **6.3.1 Introducción.**

Bajo el esquema en el que hemos circunscrito la aplicación de los sistemas de emergencia, el objetivo que hemos trazado hasta ahora es básicamente garantizar el suministro de energía eléctrica hacia ciertas cargas que se consideran críticas, ya que la falta de continuidad en su operación, puede causar severos problemas.

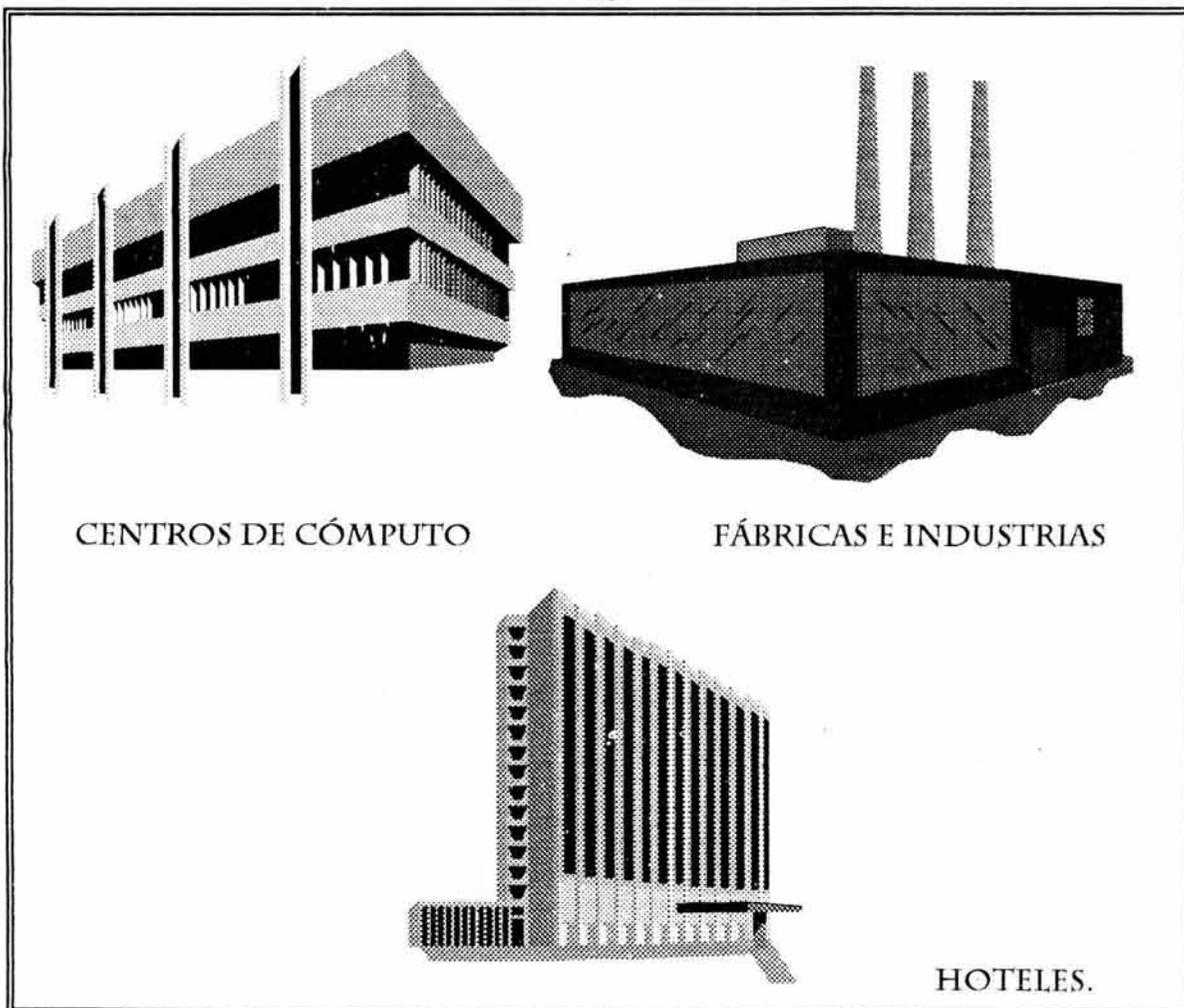
Sin embargo, el ámbito de aplicación de los sistemas de emergencia puede ser todavía aún muy amplio. En esta parte del capítulo mostraremos otra de las facetas de los sistemas de emergencia que si bien, es económicamente muy atractiva, desafortunadamente es en la actualidad poco utilizada y poco conocida. La aplicación a la que hacemos referencia es a la operación de generadores en paralelo y en sincronía con la red para generación en horario punta.

#### **6.3.2 Plantas de emergencia y esquemas de transferencia.**

Un sistema de emergencia está compuesto entre otros elementos importantes, que ya se han mencionado en capítulos anteriores, por una planta eléctrica que genera la energía necesaria

para abastecer a las cargas conectadas al sistema de emergencia. La planta eléctrica de emergencia puede estar sujeta a dos esquemas de operación:

1. Operación manual. Aplicado en donde el servicio de la planta es continuo, por ejemplo en constructoras y en general en aquellos lugares en donde el servicio público de energía normal no exista.
2. Operación automática. El marco de aplicación se restringe a servicios de frecuencia intermitente o para casos de emergencia, por ejemplo, su uso lo podemos encontrar en hospitales, supermercados, centros de cómputo, bancos, etcétera y en general en toda aquella instalación que requiera alimentación de respaldo.



Desde el punto de vista de transferencia, las plantas generadoras operando de forma automática, se pueden considerar:

1. Operación automática en servicio de emergencia con el control de transferencia en transición cerrada, es decir en sincronía, para evitar cortes o parpadeos al realizar el proceso de transferencia de la carga.
2. Operación automática en sincronía continua con la red normal para suministro de energía en horarios punta (base load).

Ahora bien, una vez conocidas estas características de las plantas de emergencia, pasemos a describir la aplicación de las plantas eléctricas de emergencia operando en paralelo con objeto de una vez descrita la función de forma general del equipo, analizar la aplicación del mismo en autogeneración en horas punta.

La creciente demanda en el consumo de energía eléctrica y la falta de capacidad en el suministro por parte de las compañías suministradoras, así mismo la alta confiabilidad y continuidad buscada en el servicio por parte de los clientes, han originado un incremento de aplicaciones con equipos operando en paralelo.

Desde la óptica del proceso de transferencia de carga, el esquema mayormente utilizado es el de transición cerrada o sincronía, este esquema tiene grandes ventajas con respecto a otros como el de transición abierta, debido a la poca o nula falta de continuidad en el suministro de energía eléctrica hacia las cargas mientras se realiza el proceso de transferencia.

Por sincronía dentro del marco de transferencia de carga y autogeneración deberemos entenderlo como un término aplicado cuando se tiene la operación de dos o más fuentes de corriente alterna en paralelo para alimentar a una carga común. Así mismo, en relación a la operación de fuentes en paralelo, podemos encontrar los siguientes casos:

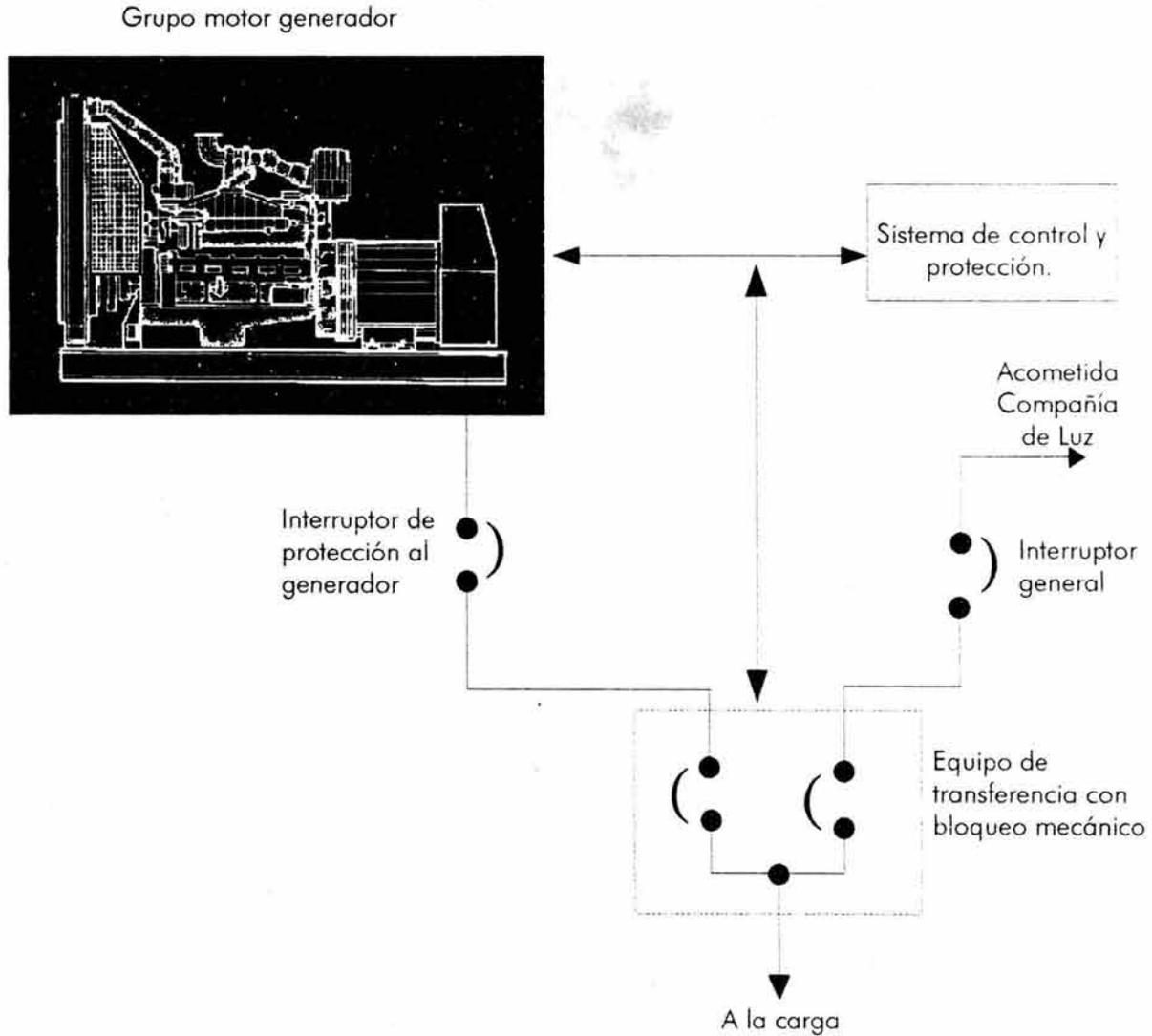
- a) Dos o más generadores entre sí.
- b) Un generador con la red comercial
- c) Dos o más generadores con la red comercial.

Los equipos a sincronizar deben de cumplir una serie de requisitos para poder tener un buen desempeño en su función en paralelo, los cuales son:

- 1) Misma secuencia de fases, por ejemplo ABC
- 2) Misma frecuencia de operación, por ejemplo 60 Hz.
- 3) Misma amplitud de voltaje, por ejemplo 480 Volts.
- 4) Mismas características de operación de gobernador de velocidad y regulador de voltaje.

A continuación, a modo de ejemplo presentamos el diagrama de un sistema típico de alimentación de emergencia con planta eléctrica de respaldo.

### Sistema de alimentación de emergencia con planta eléctrica de respaldo.



El sistema de control y protección incluye:

1. Sistema de control de velocidad
2. Sistema de control de voltaje.
3. Sistema de control de transferencia
4. Sistema de protección de equipo.

Fig. 11 Diagrama típico de alimentación de emergencia con planta eléctrica de respaldo.

En la figura anteriormente presentada, podemos observar que el esquema de transición utilizada es el de transición abierta. En el esquema de transición abierta el proceso de transferencia de carga se lleva a cabo por medios mecánicos de conexión, por lo cual se tiene presente un cierto tiempo de retraso en cuanto al restablecimiento del suministro eléctrico. El esquema siguiente muestra el proceso de transferencia en transición abierta, en donde es posible identificar el tiempo de retardo que se menciona.

**Transferencia en transición abierta (standard)  
(break before make)**

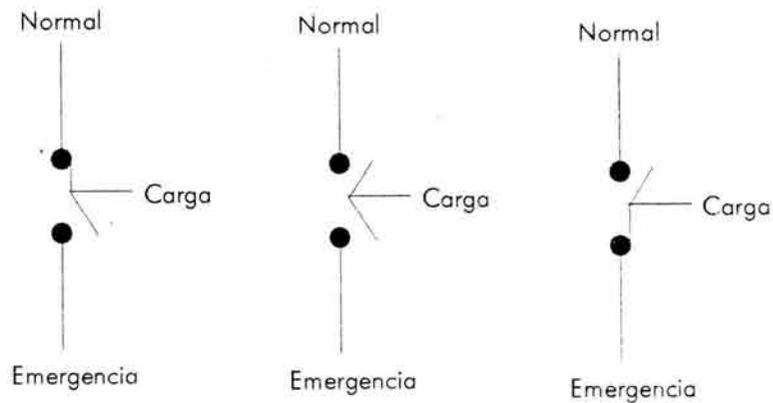
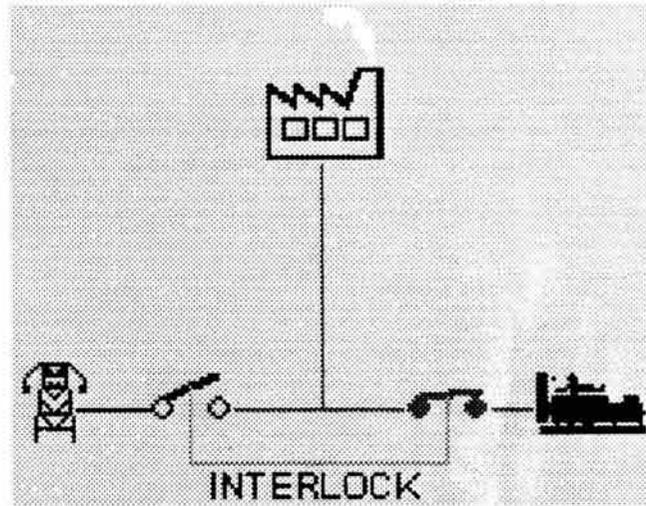


Fig. 12 Proceso de transferencia de carga en el esquema de transición abierta.

Como es posible visualizar en la figura 12, el proceso de transferencia en transición abierta conlleva un tiempo de retraso que podrá impactar fuertemente, dependiendo del grado de importancia de la aplicación, en la carga a la cual alimenta. En la primer figura se observan las terminales del interruptor hacia las fuentes normal y de emergencia, así como la selección en la cual se encuentra el interruptor que alimenta las cargas; en esta primer figura se observan las condiciones normales antes de la interrupción de la fuente normal. En el segundo esquema observamos el inicio del proceso de transferencia de la carga, en el cual el interruptor ante la pérdida de la fuente normal, desconecta ese polo del interruptor para proceder a conectar la fuente disponible de emergencia. Finalmente en la tercer figura se muestra ya la conexión realizada hacia la fuente de emergencia que será la que abastezca de energía eléctrica a la carga, mientras se restablece la energía de la fuente normal.

Como es evidente, el proceso entre la desconexión de la fuente normal –ante su pérdida- y la conexión de fuentes auxiliares o de respaldo, lleva consigo un determinado tiempo, mismo en el cual la carga queda sin alimentación de fuente alguna. Durante este tiempo, se tendrían que utilizar sistemas UPS para soportar el tiempo que tarde la conexión, así como el tiempo inherente de puesta en marcha del grupo generador.

### Sistema típico de alimentación de energía eléctrica (emergencia)



Transferencia en transición abierta.

Fig. 13 Esquema en donde se representa la transferencia en transición abierta. Cortesía de Ottomotores.

Ahora bien, se presenta otro esquema de transferencia conocido como transición cerrada. Este esquema presenta enormes ventajas frente a la transición abierta. En la transición cerrada no se presentan cortes intermitentes cuando se lleva a cabo la transferencia de carga, esto se debe a que el grupo generador siempre permanece en espera conectado en paralelo a la línea por la cual se recibe alimentación de la fuente normal. Por lo tanto, en el momento en que ocurre la falla de la fuente normal, solo bastará abrir el interruptor de la fuente normal y el grupo generador de reserva, recibirá la carga sin perder tiempo en la apertura y cierre de interruptores, como se muestra en la siguiente figura.

#### Transferencia en transición cerrada (make before break)

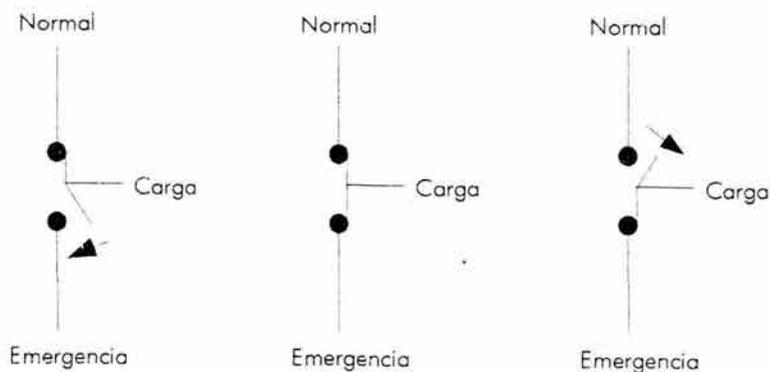


Fig. 13 Proceso de transferencia de carga en el esquema de transición cerrada.

En la siguiente figura, se muestra un sistema típico de alimentación de emergencia utilizando el concepto de transferencia con transición cerrada.

### Sistema de alimentación de emergencia en sincronía con la red comercial.

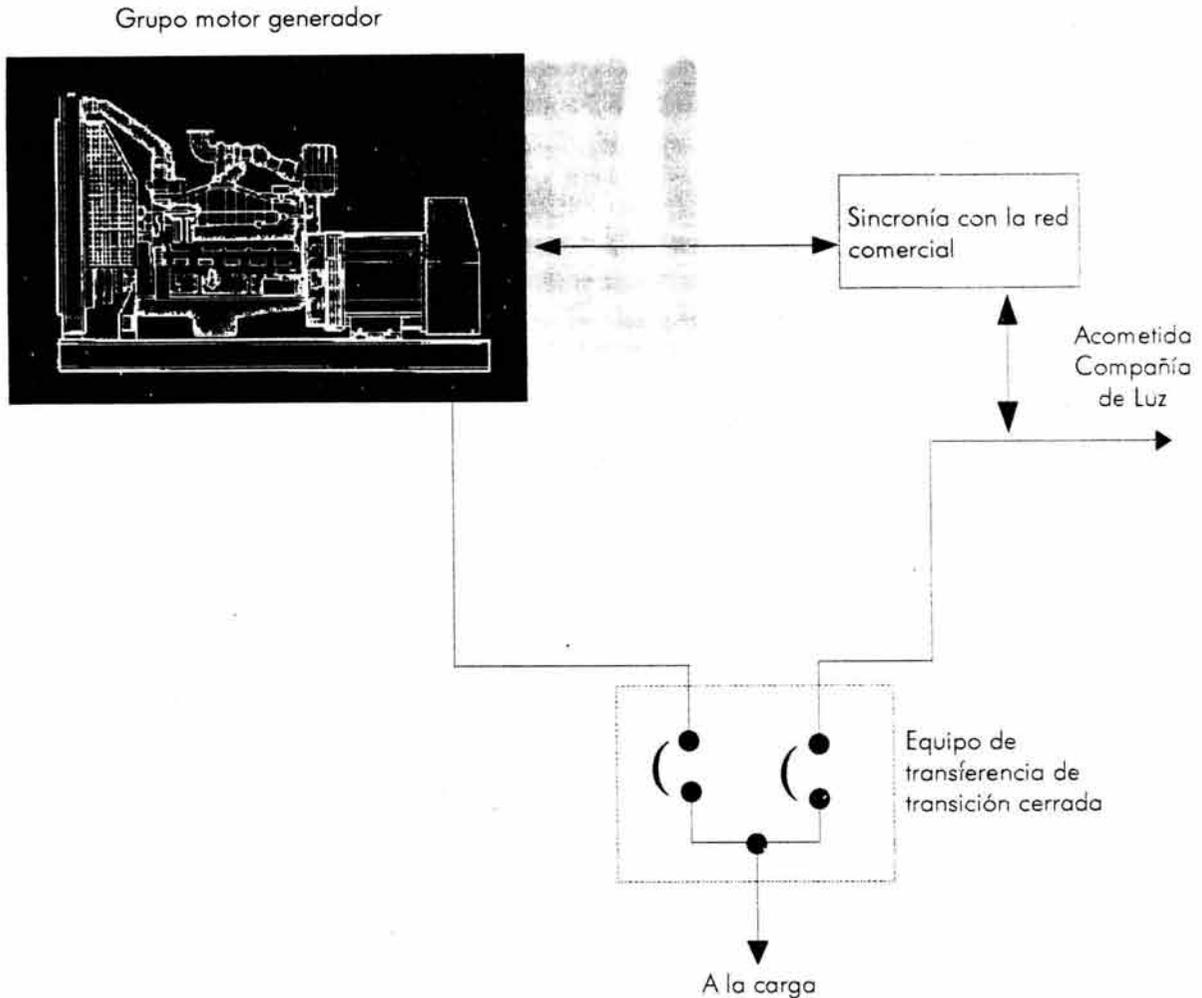


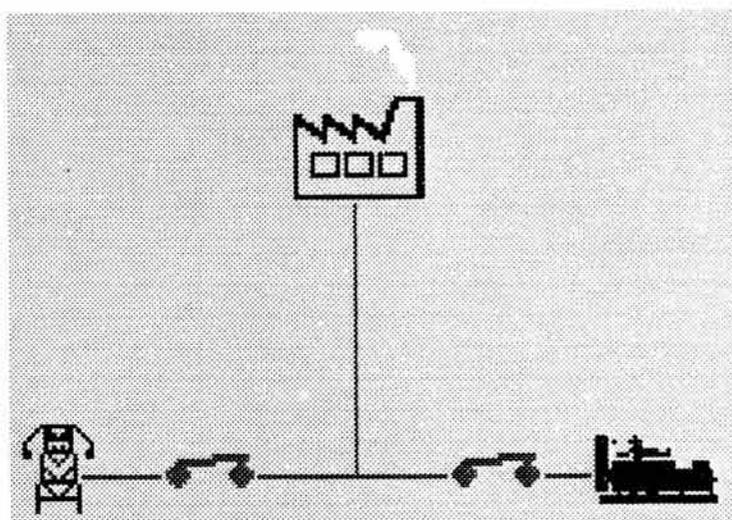
Fig. 14 Esquema típico de un sistema de alimentación de emergencia en sincronía (transición cerrada).

Como se puede observar, sobre cada una de las líneas de alimentación proveniente tanto de la fuente normal así como del grupo generador, no se tienen interruptores de protección, por lo que en todo momento se tienen presentes ambas fuentes, siendo el equipo de transferencia, el único medio de conexión y desconexión entre ambas fuentes, reduciendo con ello el tiempo de retardo en la transferencia de carga entre fuentes ante la ocurrencia de una falla en el

suministro eléctrico de la compañía suministradora. El único equipo adicional que requiere este esquema es un sistema de sincronización con la red comercial.

De hecho, este equipo es la parte más importante dentro del esquema de transición cerrada, ya que este sistema será el encargado de monitorear que ambas fuentes de alimentación tanto la normal como la de emergencia, cumplan con los requisitos para poder conectarlas en paralelo. Requisitos tales como : misma secuencia de fases, misma frecuencia de generación, misma amplitud de voltaje son críticos y necesarios para adoptar el diseño de transición cerrada.

A continuación, se muestra la secuencia de la transferencia bajo el esquema de transición cerrada, como puede observarse este arreglo no requiere de interlocks entre interruptores de fuentes.



Transferencia en transición cerrada.

Fig. 15 Esquema en donde se representa la transferencia en transición cerrada. Cortesía de Ottomotores.

### **6.3.3 Otras perspectivas de los sistemas de emergencia.**

#### **6.3.3.1 Autoenergación.**

El campo de aplicación de las plantas de emergencia no tiene por que estar solamente circunscrito en suministrar energía eléctrica a cargas críticas en situaciones de falla de la red comercial, es posible utilizar el equipo del sistema de emergencia para generar energía eléctrica para autoconsumo en horarios en los cuales las tarifas de la energía que provee la compañía suministradora son elevadas, con lo que estaremos dando al sistema de emergencia una doble función: además de servir como una fuente de respaldo que suministrará la energía necesaria a las cargas críticas en el evento de falla de la fuente normal, se contará con un equipo que también generará la energía que necesita el usuario en horarios en los cuales representará, a mediano plazo, un importante ahorro económico para el usuario, y que hará enormemente rentable el uso del esquema de un sistema de emergencia.

Sin lugar a duda, la planta de emergencia es uno de los equipos mas caros dentro de toda la estructura del sistema de emergencia. El encontrar aplicaciones que hagan que el sistema de emergencia adquiera características que lo hagan útil en otras áreas resulta muy atractivo, máxime si como se ha comentado, estas características además de proporcionar ventajas de tipo técnico se ven envueltas en ahorros económicos tangibles a corto y mediano plazo para el usuario, que den a todo el sistema de emergencia un valor agregado, y sobre todo, que propicie que a los ojos del usuario la adopción del esquema de un sistema de emergencia se vea no como un gasto sino como una inversión, inversión que además tendrá un corto tiempo de amortización y que finalmente le reeditará en beneficios productivos y fiscales.

Los esquemas que a este respecto se manejan son los siguientes:

1. **Suministro con planta de emergencia.** En este esquema la planta de emergencia surtirá de energía al usuario en horarios establecidos por el mismo. Durante el periodo en el que la planta servirá como única fuente primaria de alimentación, por lo que la energía de la compañía suministradora no estará presente. Gráficamente lo podemos ver en la figura siguiente, en el esquema, se muestra la gráfica del consumo típico de energía que tiene un usuario y el periodo de tiempo a lo largo de todo un día laboral, en el cual estuvo presente la energía de la compañía suministradora y en el cual la alimentación se tuvo a partir de la planta de emergencia.

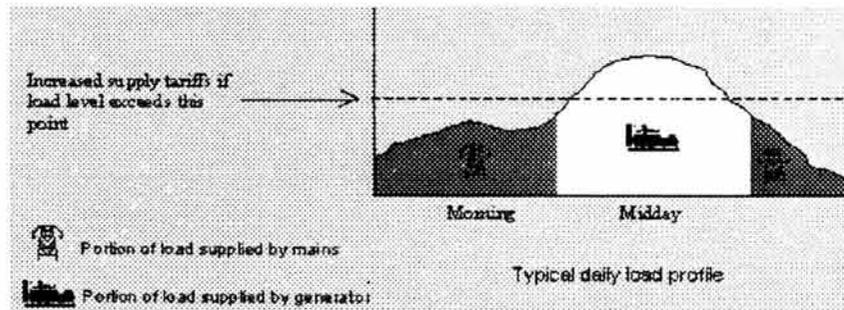


Fig. 16 Suministro con planta de emergencia . Cortesía de Ottomotores.

2. **Absorción de picos (peak looping).** A lo largo de todo el día, la gráfica del consumo de energía del usuario presenta picos o puntas, durante este periodo, el consumo energético del usuario es máximo. La empresa suministradora aplica tarifas extras durante este periodo de tiempo, mismas que representan un enorme gasto para el usuario. El esquema de absorción de picos plantea el hecho de utilizar a la planta de emergencia como fuente primaria en paralelo con la fuente normal, en los momentos de máximo consumo del usuario, en lugar de utilizar solo la energía de la compañía suministradora, eximiéndose por lo tanto del pago de tarifas extras por consumo de energía.

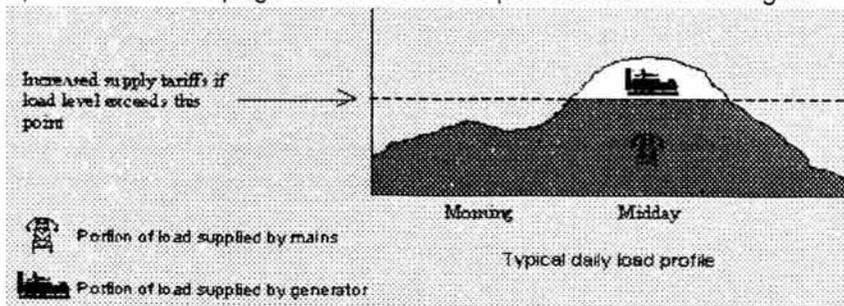


Fig. 17 Absorción de picos (peak looping). Cortesía de Ottomotores.

3. **Rasuramiento de picos (peak shaving).** En este esquema, la planta de emergencia surge a la carga, con la energía de la red comercial presente, una vez que el consumo del usuario aumenta en las horas en las que las tarifas aplicables de la compañía suministradora se incrementan, es decir, la planta comienza a suministrar la energía necesaria para el usuario en el momento de que se presentan las llamadas "horas punta de consumo". Estas horas punta de consumo son un determinado periodo de tiempo, que la empresa suministradora ha –por medio de datos y registros estadísticos- considerado que se tiene el mayor consumo por parte de los usuarios de la energía eléctrica, llegando a incrementar hasta en un 300% el valor base del kilowatt hora, dependiendo de la zona de consumo.

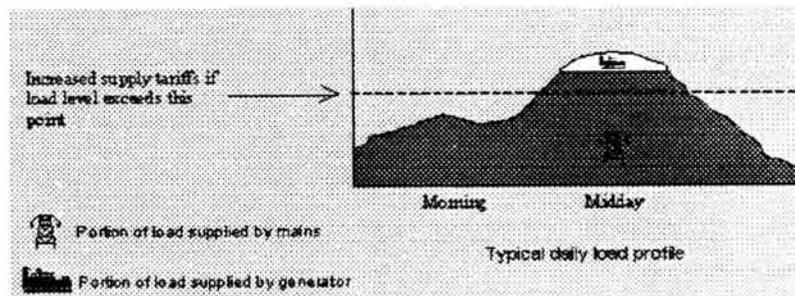


Fig. 18 Rasuramiento de picos (peak shaving). Cortesía de Ottomotores.

Una vez presentados los anteriores esquemas de operación de la planta de emergencia, podemos observar que el sistema de emergencia puede tener otras aplicaciones además de servir de fuente de reserva.

En general, la operación de la planta de emergencia operando en sincronía con la fuente normal de energía, presenta las siguientes ventajas:

- Facilidad de expansión futura adicionando un equipo a la instalación existente.
- Mayor eficiencia al realizar servicios de reparación y mantenimiento (suministro continuo).
- Menor consumo de combustible al operar solamente la(s) planta(s) requeridas por la carga.
- No existe dependencia de un solo equipo de generación.
- Mejor relación costo/ beneficio por kW hora generado.
- Se pueden sincronizar equipos de diferente capacidad.
- Disminuir los picos de demanda de la carga. (BASE LOAD)

En base a los puntos anteriormente descritos, la operación en sincronía con la fuente normal se puede presentar como lo muestra la figura no. 19, en la cual se puede observar que la alimentación no necesariamente debe ser proporcionada por una sola planta de emergencia, sino que puede ser provista de varias plantas que se tengan conectadas al sistema de emergencia, con una gran ventaja en términos de mantenimiento. La única condicionante para que puedan funcionar dentro del esquema en sincronía es que cumplan cada una con los requerimientos en los tres factores principales: secuencia de fases, frecuencia de generación y amplitud de voltaje; cumpliendo a cabalidad con estos requerimientos en cuanto a la igualdad que debe existir en relación a los parámetros de la fuente normal para poder llevar a cabo la

conexión en sincronía de fuentes, dichas plantas deben además, contar cada una con su equipo adicional de control para poder figurar dentro del mencionado esquema.

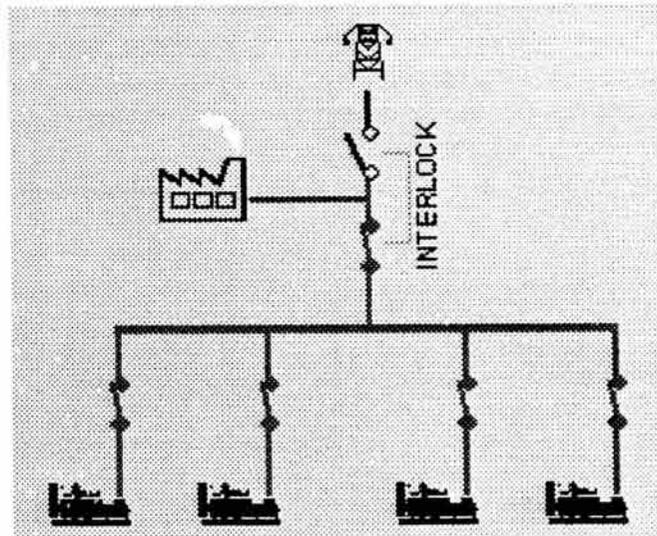


Fig. 19 Sistema de alimentación de emergencia en sincronía. Cortesía de Ottomotores.

Ahora bien, en relación a la operación de la planta de emergencia operando de forma paralela a la red comercial, presenta las siguientes ventajas:

- Ahorros considerables en el costo de la energía. ( Diferentes tarifas, Diferente horario )
- Evitar las multas por consumo excesivo.
- Eliminar los transitorios en la carga generados por los cortes de energía al efectuar la retransferencia.
- Transferencia y retransferencia de la carga con rampas.

### **6.3.3.2 Generación en horario punta.**

Para el cobro de la energía eléctrica, la compañía suministradora maneja varias tarifas. Estas tarifas varían dependiendo de la zona geográfica de consumo, de la potencia demandada y de las horas en los cuales se tenga la demanda de energía, manejando para ello tres horarios: hora base, hora intermedia y hora punta, cada uno de las cuales asocia un intervalo de horas durante el día y el nivel de energía que el usuario demandará para satisfacer sus necesidades de producción . Así por ejemplo, la hora base se toma en el transcurso de la madrugada y parte de la mañana, periodo en el cual el consumo de los usuarios apenas comienza, el horario intermedio se toma a partir de la media mañana.hasta la noche, tiempo en el cual los procesos industriales comenzaron con regular intensidad y, finalmente el horario punta, que abarca solo parte de la noche, periodo de tiempo durante el cual muchos de los procesos industriales ya se están realizando a plena capacidad aunado al alto consumo de tipo residencial que se registra en paralelo durante este horario, hacen que se encarezca el costo por kilowatt hora que cobra la empresa suministradora a cada usuario, principalmente usuarios de tipo industrial.

A continuación se muestran los datos para el caso de la Ciudad de México, ubicada en la zona central del país:

**TARIFAS PARA MEDIA TENSIÓN (HM) EN LA REGIÓN CENTRAL DEL PAÍS.**  
**(DATOS PARA FEBRERO DE 2003).**

**Hora base: \$ 0.3767 M.N. kW/ h**

**Hora intermedia: \$ 0.4509 M.N. kW/ h**

**Hora punta: \$ 1.53 M.N. kW/ h**

**HORARIOS ESTABLECIDOS PARA LA ZONA CENTRO DEL PAÍS.**

**Los horarios establecidos para la zona centro del país, comprenden del primer domingo de abril al último sábado de octubre de la siguiente forma:**

**Base: 0:00 a 6:00**

**Intermedia: 6:00 a 20:00 y de 22:00 a 24:00**

**Punta: 20:00 a 22:00**

**Sábados, domingos y días festivos no aplica el horario punta.**

**TOTAL DE HORAS: 290.**

**Del último domingo de octubre al primer sábado de abril.**

**De lunes a viernes:**

**Base: 0:00 a 6:00**

**Intermedia: 6:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00**

**Punta: 18:00 a 22:00**

**Sábados:**

**Base: 0:00 a 8:00**

**Intermedia: 8:00 a 19:00 y de 21:00 a 24:00**

**Punta: 19:00 a 21:00**

**Domingos y días festivos no aplica horario punta.**

**TOTAL DE HORAS: 506**

El concepto de generación en horario punta plantea el aprovechamiento de las plantas generadoras de energía eléctrica pertenecientes al Sistema de emergencia, para generación en horas en donde son elevados los costos de las tarifas de la compañía suministradora conocidos como horarios punta, que como se puede observar en los cuadros anteriores, pueden tener alzas de hasta un 300% con respecto a la tarifa de horario base.

Para la autogeneración en horario punta no hay que dejar de tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1. Calidad y costo del combustible diesel.**
- 2. Costo por kilowatt hora generado con la planta generadora de energía eléctrica de emergencia.**
- 3. Aplicación en servicio de emergencia y continuo.**

Puntos que a continuación analizaremos, con el propósito de dar un panorama mas claro y sobre todo, objetivo, de los grandes beneficios que tiene la aplicación del sistema de emergencia en el aspecto de autogeneración.

### **1. Calidad y costo del combustible diesel**

Para la aplicación mencionada, es importante el tomar en consideración el aspecto del combustible que se surtirá a la planta de emergencia. Enseguida se hace una recopilación de los costos del mismo, tomando en cuenta beneficios fiscales que harán aún más atractiva la aplicación.

#### **Combustible diesel Industrial bajo en azufre.**

<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>
Costo por litro	\$ 2.99
I.E.P.S. *	\$ 1.47
Total costo del combustible	\$ 4.46
15% de I.V.A.	\$ 0.67
Total con I.V.A.	\$ 5.12

- I.E.P.S. : Impuesto Especial sobre Producción y Servicios.
  - Datos a febrero de 2003.

En el cuadro superior se muestran los costos que se agregan al precio original del diesel por concepto de impuestos. Dos son los impuestos que se cobran: el I.V.A. (Impuesto al Valor Agregado) y el de reciente creación I.E.P.S., resultando que del precio original de \$ 2.99 se tiene, al agregar el pago de impuestos, un valor final de \$ 5.12.

Sin embargo, desde el año 2002 se establece en la publicación de los artículos de la Ley de Ingresos 2002 en el Diario Oficial de la Federación (DOF 1º I/2002), y como medida para impulsar la producción interna por parte del gobierno federal:

**Ley de ingresos 2002.**  
**Diario Oficial de la Federación, 1 enero 2002.**

Que:

1. **Se recupera el impuesto I.E.P.S. como estímulo fiscal.**
2. **Resultando por lo tanto en un costo real del combustible diesel de \$ 2.99 por litro para diesel bajo en azufre.**

Por lo tanto, observemos que tenemos un primer punto favorable para alentar la utilización de las plantas generadoras del sistema de emergencia en procesos de autogeneración.

Como se ha visto hasta este momento, por lo menos en lo que toca al aspecto económico, observemos que una parte importante de la aplicación como lo es el suministro de combustible para las plantas de generación resulta técnicamente viable y atractivo, máxime con el beneficio fiscal que se mencionó anteriormente.

**2. Costo por kilowatt hora generado con la planta generadora de energía eléctrica de emergencia.**

Revisado un primer punto, el suministro de combustible de la planta, pasemos ahora a revisar otro de los factores que planteamos al inicio y que irá estructurando el panorama acerca de la aplicación en autogeneración ya que se presentaran datos que harán obvias cualquier tipo de explicaciones al respecto.

**Eficiencia de una planta generadora.**

Con un litro de combustible se generan aproximadamente 4 kW/ h trabajando en el punto más eficiente, esto es, a un  $\pm 70$  a 80% de la capacidad máxima del equipo.

**Costos directos e indirectos de generación.**

- **Costo directo de generación por kW/ h generado: \$ 0.74 M.N. por kW/ h.**
- **Costos indirectos que incluyen depreciación, mantenimiento preventivo, cambios de aceite, refacciones, etcétera :  $\pm 20\%$  del costo directo, \$ 0.148 M.N.**

Entonces, como vemos en los cuadros anteriores cada litro de combustible resultará en 4 kW/ h generado por la planta a una eficiencia de aproximadamente un 80%, es decir, estaremos aprovechando casi al máximo el potencial de generación de la planta de emergencia. Ahora bien, este concepto generará dos tipos de costos que sin embargo serán pequeños a comparación de las enormes ventajas que en puntos subsecuentes se irán presentando, tales costos los podemos ubicar en dos grupos, costos directos de generación, que estarán

relacionados con el gasto en combustible y mantenimiento mayor al equipo, cuyos montos ascenderán a \$0.74 por cada kilowatt hora generado; así mismo, se presentan costos indirectos que abarcan gastos de manutención y valor del equipo cuyo monto será del 20% del costo directo de generación.

Con todo lo anterior, se tiene:

$$\mathbf{\$ 0.74 + 20\% (\approx \$ 0.148) = \underline{\$ 0.88 \text{ M.N.}}}$$

Ahora, el precio del kilowatt hora comprado a Comisión Federal de Electricidad o a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, que variará en función de la zona geográfica del país y del horario de consumo asciende a las siguientes cifras:

**TARIFAS PARA MEDIA TENSIÓN (HM) EN LA REGIÓN CENTRAL DEL PAÍS.**  
**(DATOS PARA FEBRERO DE 2003).**

Hora base: **\$ 0.3767 M.N. por kW/ h**

Hora intermedia: **\$ 0.4509 por kW/ h**

Hora punta: **\$ 1.53 M.N. por kW/ h**

Y con los datos presentados con anterioridad,

**HORARIOS ESTABLECIDOS PARA LA ZONA CENTRO DEL PAÍS.**

Los horarios establecidos para la zona centro del país, comprenden del primer domingo de abril al último sábado de octubre de la siguiente forma:

Base: 0:00 a 6:00

Intermedia: 6:00 a 20:00 y de 22:00 a 24:00

Punta: 20:00 a 22:00

Sábados, domingos y días festivos no aplica el horario punta.

**TOTAL DE HORAS: 290.**

**Del último domingo de octubre al primer sábado de abril.**

**De lunes a viernes:**

**Base: 0:00 a 6:00**

**Intermedia: 6:00 a 18:00 y de 22:00 a 24:00**

**Punta: 18:00 a 22:00**

**Sábados:**

**Base: 0:00 a 8:00**

**Intermedia: 8:00 a 19:00 y de 21:00 a 24:00**

**Punta: 19:00 a 21:00**

**Domingos y días festivos no aplica horario punta.**

**TOTAL DE HORAS: 506**

Como se puede observar el total de horas de operación anual en servicio de autogeneración será:

**Total de horas de operación anual en servicio de autogeneración.**

<b>Estación</b>	<b>Horas</b>
Verano	290
Invierno	506
<b>Total</b>	<b>796</b>

- **+ las horas de operación como planta de emergencia.**

Por lo tanto, contamos con 796 horas en servicio de autogeneración al año, sin contar por supuesto, con el servicio original de fuente de respaldo dentro del esquema del sistema de emergencia. Con lo que tenemos:

**796 horas de operación anual en horario punta.**

Lo que representa:

**\$ 1.53 Tarifa por kW/ h en horario punta pagada a Comisión Federal de Electricidad.**

Lo que equivale a:

**\$ 1, 217, 88 M.N. por kW/ h por año**  
**+ cargos por kW por demanda facturable (\$8.21 M.N. por kW) para la zona central.**

Contra:

**796 horas de operación anual en horario punta.**  
Lo que representa:  
**\$ 0.88 Tarifa por kW/ h generado por la planta generadora de energía eléctrica de emergencia.**  
Lo que equivale a:  
**\$ 700. 48 M.N. por kW/ h por año**

Lo que evidencia rotundamente la enorme ventaja económica de la utilización de la planta generadora del sistema de emergencia en el ámbito de la autogeneración. Ahora, pongamos como ejemplo un caso particular:

**Para una carga que tiene la capacidad de 500 kW, se tiene:**

- **Costo de la energía comprada a C.F.E.**  
**\$ 1, 217,88 M.N. por kW/ h anual por 500 kW**  
equivale a :  
**\$ 608, 940.00 M.N.**
- **Costo de la energía autogenerada con la planta eléctrica del Sistema de emergencia.**  
**\$ 700.48 M.N. por kW/ h anual por 500 kW**  
equivale a:  
**\$ 350, 240.00 M.N.**

Lo que representa una diferencia de:

**\$ 258, 700.00 M.N.**

Que tomando el precio de la planta de emergencia y la amortización que tendrá, observamos lo siguiente:

**Precio de una planta de emergencia de 500 kW.**

**\$ 50,000.00 U.S.D.**

**Tomando en cuenta la depreciación fiscal a 10 años.**

**Operando en horario punta con un ahorro anual de:**  
**\$ 258, 700 M.N. ≈ \$ 23, 518.00 U.S.D.**

Tomemos en cuenta lo siguiente,

<p><b><u>Precio de una planta de emergencia de 500 kW.</u></b></p> <p><b>\$ 50,000.00 U.S.D.</b></p> <p><b><u>Ahorro por generar en horario punta por año:</u></b></p> <p><b>\$ 23, 518.00 U.S.D.</b></p> <p><b>EL EQUIPO "SE PAGA SOLO" EN 2 AÑOS.</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lo anterior, sin considerar que exista:

1. Disminución en la demanda facturable.
2. Depreciación fiscal
3. Que ya se cuente con antelación con una planta de emergencia.

Sin embargo, existen aún otros factores que contribuyen al ahorro en horario punta, que son:

- a) La demanda facturable en kW disminuye.
- b) La energía consumida de la red normal en kW/ h disminuye
- c) Al desconectar la red normal, se incrementa automáticamente la capacidad de suministro por parte de la Comisión Federal de Electricidad.
- d) Se tiene una mejor calidad de energía generada por la planta generadora.

### **3. Aplicación en servicio de emergencia y continuo.**

Presentado el panorama anterior, en donde se incluyen datos enfocados en específico a las bondades económicas de la adopción del equipo del sistema de emergencia dentro de un esquema de autogeneración en horas punta, pasemos ahora a enfatizar los siguientes puntos:

<p><b><u>Factores a tomar en cuenta para la autogeneración de horas punta.</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Suministro de combustible diesel de calidad.</li><li>2. Mantenimientos periódicos y precisos acorde a las instrucciones del fabricante del motor diesel.</li><li>3. Empleo de convertidores catalíticos en el sistema de escape para reducir las emisiones contaminantes.</li><li>4. Prever la cantidad adecuada de combustible diesel que consumirá la planta de emergencia bajo esta condición.</li><li>5. Consideraciones respecto al ruido emitido.</li></ol>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cada uno de éstos factores señalados tendrán que considerarse, ya que si son revisados con cuidado podremos ver que cada uno de ellos, en mayor o en menor medida, impactarán de

forma directa al desempeño que presente la planta durante su operación ya sea como fuente alterna en el caso del servicio de emergencia o como fuente primaria en la caso de la autogeneración.

Así mismo, con respecto a la operación en paralelo con la red comercial, podemos apuntar lo siguiente:

**Operación en paralelo con la red.**

- a) **Se requiere de personal técnico capacitado para servicios de mantenimiento y operación del sistema.**
- b) **En algunos países se requiere la evaluación del proyecto y la aceptación de la compañía suministradora de energía eléctrica.**

Que, finalmente serán dos puntos muy importantes que habrá que cuidar, ya que la correcta operación del equipo de generación dependerá de que tan buena sea la capacitación del cuerpo de operadores y personal relacionado con el área ya sea para efectos de maniobra o de mantenimiento. Por otra parte, en el segundo punto, la empresa suministradora será la que en última instancia evalúe la capacidad del usuario para realizar actividades de cogeneración.

Y será la empresa suministradora, que en el caso de México es la Comisión Federal de Electricidad a través de la Secretaría de energía, la encargada de otorgar los permisos de cogeneración, ya que si nos remitimos a la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica del 22 de diciembre de 1975, al respecto se menciona:

**CAPITULO I  
Disposiciones generales**

***Artículo 1***

*Corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público, en los términos del Artículo 27 constitucional. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará, a través de la Comisión Federal de Electricidad, los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.*

***Artículo 3***

*No se considera servicio público:*

- I.-La generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción;*
- II.-La generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad;*
- III.-La generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción;*
- IV.-La importación de energía eléctrica por parte de personas físicas o morales, destinada exclusivamente al abastecimiento para usos propios; y*
- V.-La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.*

***Artículo 4***

*Para los efectos de esta Ley, la prestación del servicio público de energía eléctrica comprende:*

- I.-La planeación del sistema eléctrico nacional;*
- II.-La generación, conducción, transformación, distribución y venta de energía eléctrica, y;*
- III.-La realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico nacional.*

## CAPITULO II

### Del organismo encargado de la prestación del servicio público de energía eléctrica

#### Artículo 7

La prestación del servicio público de energía eléctrica que corresponde a la Nación, estará a cargo de la Comisión Federal de Electricidad, la cual asumirá la responsabilidad de realizar todas las actividades a que se refiere el Artículo 4o.

Por lo tanto, a pesar de la controversia legal en torno a la interpretación correcta de los artículos 1° y 3°, tenemos el sustento jurídico, momentáneamente, de poder realizar acciones de cogeneración sin tener más que presentar una forma, conteniendo los datos que se solicitan en una forma como la que se muestra a continuación, ante la autoridad encargada de dar el visto bueno.

 <b>SOLICITUD DE PERMISO DE COGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA</b>						
1. NOMBRE, DENOMINACION O RAZON SOCIAL DEL SOLICITANTE. R.F.C.						
<input type="text"/> <input type="text"/>						
EN CASO DE PERSONAS MORALES SE DEBEN INCLUIR LOS DATOS DE INSCRIPCION EN EL REGISTRO PUBLICO DE LA PROPIEDAD Y DEL COMERCIO						
Partida	Foja	Volumen	Libro	Sección	Fecha	o Folio real
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.3. NOMBRE DEL REPRESENTANTE LEGAL, EN SU CASO		<input type="text"/>				
1.2. DATOS DE INSCRIPCION EN EL REGISTRO PUBLICO DE LA PROPIEDAD Y DEL COMERCIO DEL DOCUMENTO EN QUE SE CONFIERE LA REPRESENTACION, EN SU CASO.						
Partida	Foja	Volumen	Libro	Sección	Fecha	o Folio real
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1.3. DOMICILIO PARA RECIBIR NOTIFICACIONES:						
Calle		Núm. Exterior		Núm. Interior		
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Colonia		Población		C.P.		
<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Municipio		Estado				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
2. RELACION DE ESTABLECIMIENTOS ASOCIADOS A LA COGENERACION Y DE LAS PERSONAS FISICAS O MORALES QUE DAN LUGAR AL PROCESO.						
Nombre		Dirección				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				

DE-385-063



5. DOCUMENTOS ANEXOS:

- a) Actas constitutive de la sociedad o de los copropietarios de las instalaciones, en su caso.
- b) Testimonios del poder notarial del representante legal, en su caso.
- c) Descripción en términos generales del proyecto, que deba incluir:
  - Características de la planta
  - Características de las instalaciones accesorias.
  - Datos estimados de generación anual.
  - Programa de abastecimiento de energéticos, incluyendo datos sobre su fuente, tipo sustituidos y costos.
  - Información respecto del uso de aguas nacionales.
  - Cumplimiento de normas en materia ecológica.
  - Información sobre uso del suelo.
  - Programa de construcción.
  - Sistema de seguridad de instalaciones y consideraciones de protección civil.
  - Diagrama del proceso y balance térmico en caso de plantas termoeléctricas.
- d) Croquis de las líneas de transmisión que se requieren, en su caso.
- e) Descripción general del proceso.
- f) Diagramas del proceso.
- g) Disponibilidad de excedentes de potencia y energía eléctrica esperada por día típico en forma mensual y anual.
- h) Documentación que acredite la propiedad, posesión o autorización para el aprovechamiento de la superficie que ocuparán las instalaciones o en su defecto, informe de los actos jurídicos previstos para tal fin.
- i) Copia certificada del instrumento en que consiste la sociedad constituida para realizar el proyecto (en el caso previsto por el artículo 106 del Reglamento).

Fecha 

--	--	--	--

Día      Mes      Año

Firma del solicitante: .....

Firma del operador del proceso, en su caso: .....

Esta forma se presenta por triplicado

DCRS-002

Forma de solicitud de permiso  
para llevar a cabo actividades  
de cogeneración ante  
Secretaría de Energía.

---

## **Capítulo 7**

Propuesta electrónica  
de un sistema de  
transferencia.

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

## **Capítulo 7.** **Propuesta electrónica de un sistema de transferencia.**

### **7.1 Introducción.**

El sistema de transferencia dentro de la estructura funcional del sistema de emergencia, representa uno de los elementos más importantes debido a que su función como interfase entre las fuentes normal y de emergencia asegurará en gran medida una operación en armonía entre la fuente normal y la fuente de emergencia, así como el buen desempeño de todo el sistema de emergencia ante el evento de la pérdida de la energía comercial. Ahora bien, tomando como base el nivel de importancia de la carga a la cual sirva el sistema de emergencia, podemos hablar de dos esquemas de transferencia:

- 1) Transferencia manual
- 2) Transferencia automática

Por supuesto, el sistema de transferencia manual es utilizado en aplicaciones en las cuales o se tiene garantizado a través de personal encargado de realizar la transferencia o bien, una breve interrupción en el suministro de energía eléctrica, mientras se pone en marcha al generador, no representa un problema importante para la carga a la cual alimenta el sistema.

Hablemos ahora del sistema de transferencia automática. Este esquema de transferencia se utiliza en aquellos lugares en los cuales, la falta de alimentación a la carga puede desencadenar graves trastornos ya sean pérdidas de tipo económico considerables o incluso, pérdida de vidas humanas. Básicamente, se utiliza el sistema de transferencia automática ya que se necesita:

- a) Arrancar la planta de emergencia cuando falle la energía de suministro normal de la compañía suministradora.
- b) Alimentar a la carga
- c) Sacar de operación a la planta de emergencia cuando la energía normal se restablece
- d) Realizar el paro de la planta generadora; todo, de forma automática.

El presente capítulo estará enfocado a los sistemas de transferencia automática, ya que en la actualidad es el esquema que se emplea con mayor frecuencia, no olvidando que existirán ciertos sistemas ya sea de tipo industrial o comercial que ya sea, por su arquitectura, por su falta de actualización o por el grado de importancia de la carga que debe atender el sistema de emergencia, empleen el sistema de transferencia manual. Sin embargo, dada la modernización tecnológica y la complejidad que por lo tanto revisten los procesos industriales, hacen ya casi imposible el tolerar la suspensión en el suministro eléctrico por muy corto que éste sea.



Fig. no. 1 Los actuales procesos industriales no toleran fallas en el suministro eléctrico.

## 7.2 Sistema de transferencia automática.

El sistema de transferencia automática se compone de dos partes:

- 1) El interruptor de transferencia
- 2) El circuito de control de transferencia.

### Interruptor de transferencia.

La función del interruptor de transferencia es la de conectar las líneas de energía eléctrica de emergencia para alimentar a la carga ante la pérdida de energía de la fuente normal; realizando el cambio de la fuente de emergencia a la fuente normal, una vez restablecido el suministro normal.

La arquitectura que tiene la unidad de transferencia, en la que se encuentra el interruptor de transferencia, lleva la forma de un tablero con un interruptor de carga única, operado ya sea por medios eléctricos o por medios mecánicos, el cual es capaz de manejar toda la energía de la planta generadora, así como la de la línea comercial. Así mismo, tiene la capacidad de interrumpir la corriente que fluye de forma continua, así como los transitorios sin resultar dañado.

Algunos modelos de interruptores de transferencia, disponibles en el mercado, están equipados con una protección térmica y magnética para proteger al generador, como también a las líneas y equipos en caso de presentarse un corto circuito o una sobrecarga constante.

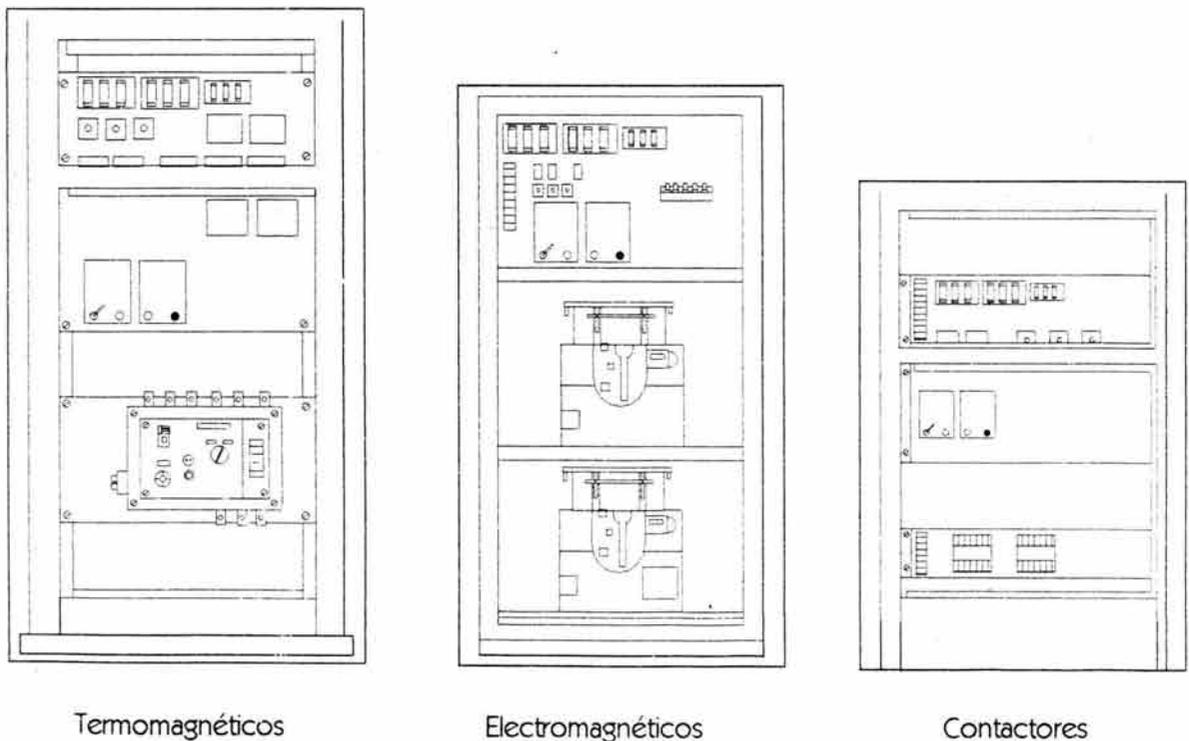


Fig. no.2 Diferentes tipos de interruptores de transferencia.

Según los fabricantes, a las unidades de transferencia las podemos clasificar en tres tipos, atendiendo a la capacidad del equipo para manejar ciertos niveles de corriente, tal clasificación se presenta a continuación:

1. **Unidad con interruptor de doble tiro automática.** Este interruptor posee una capacidad para manejar corrientes entre los 70 y los 630 A.
2. **Unidad con interruptor termomagnético.** Con una capacidad de 800 a 1250 A.
3. **Unidad con interruptor electromagnético.** Tiene capacidad para manejar corrientes dentro del intervalo de los 1250 a 6300 A.

A continuación se ilustran las unidades:

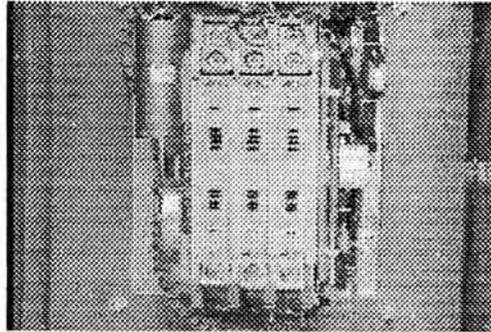


Fig. no. 3 Unidad de transferencia con interruptor de doble tiro automática.

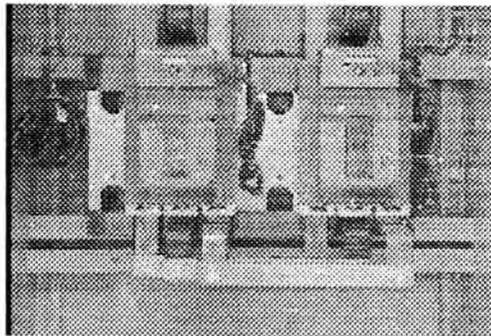


Fig. no. 4 Unidad con interruptor termomagnético.

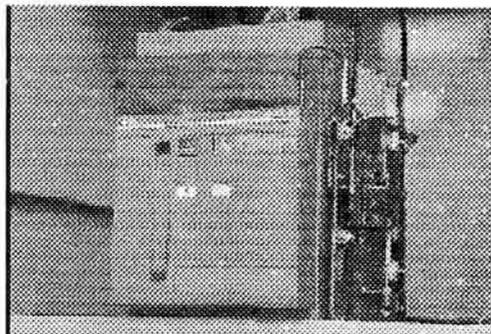


Fig. no. 5 Unidad con interruptor electromagnético

La selección del interruptor de transferencia se lleva a cabo en función de los requerimientos mismos de la planta así como del cliente, de tal forma que, cuando el fabricante surte al cliente la unidad, el interruptor de transferencia ya forma parte integral de la misma.

Todas las unidades de transferencia cuentan con bloqueos de tipo eléctrico y mecánico, con la finalidad de evitar el cierre simultáneo ya sea de forma automática o manual, evitando con ello daños al equipo o a la carga.

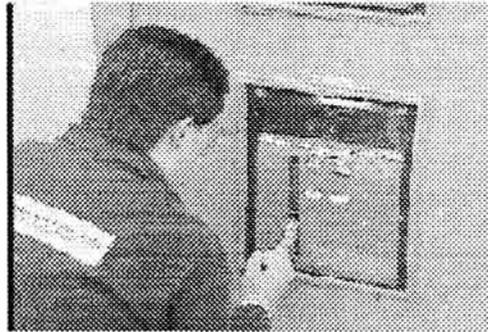


Fig. no.6 Operación del bloqueo manual en una unidad de transferencia.

En las unidades de transferencia se tiene la posibilidad de realizar la transferencia en forma manual, en caso de presentarse una falla en el sistema automático. En las figuras 7 y 8 se muestra la realización de la transferencia manual en unidades de transferencia automáticas, mostrando la capacidad de las unidades para realizar la transferencia manual ante la falla en el sistema automático.

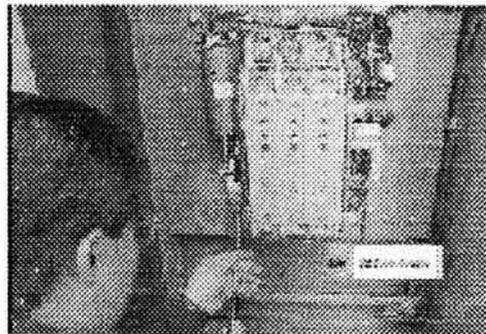


Fig. no. 7

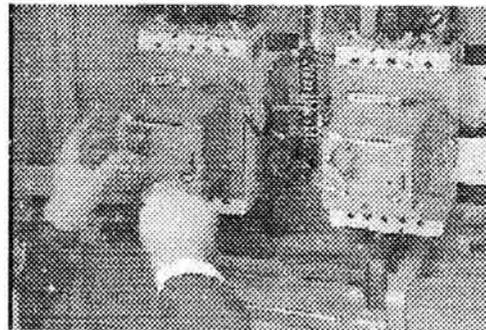


Fig. no. 8.

### **Circuito de control de transferencia.**

El circuito de control de transferencia, junto con el sistema de transferencia, es la parte medular dentro de la estructura del sistema de emergencia. El sistema de control, por decirlo de una forma sencilla, es el "cerebro" de la planta de emergencia.

El circuito de control de transferencia es la parte encargada de realizar las siguientes acciones:

- 1) Da la señal para que arranque la planta, en el evento de falla de la red normal.
- 2) Ordena la transferencia de la carga.
- 3) Da la señal de paro de la máquina.
- 4) Ordena la retransferencia de la carga de la fuente de emergencia a la fuente normal, una vez restablecido el suministro de la red comercial.
- 5) Saca a la planta de emergencia de servicio permitiendo en algunos casos, con la finalidad de que la planta se enfríe, que opere algunos minutos en vacío antes de ponerla fuera de operación.
- 6) Emitir el aviso en el evento de falla de la red normal.

¿Cómo opera el circuito de control de transferencia?. Para responder a esta pregunta, mostramos la siguiente secuencia de imágenes en la cual se podrá observar paso a paso, el funcionamiento del circuito de control.

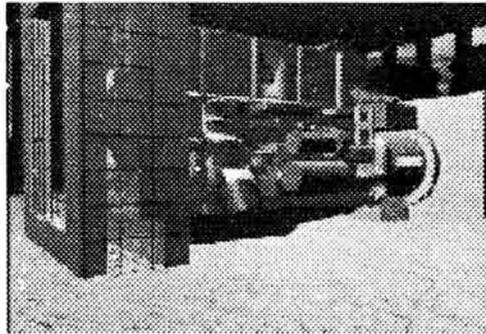
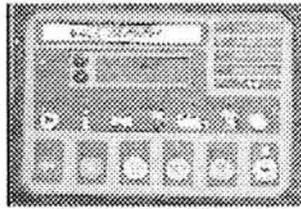
1. El circuito detecta el voltaje comercial bajo operación normal,



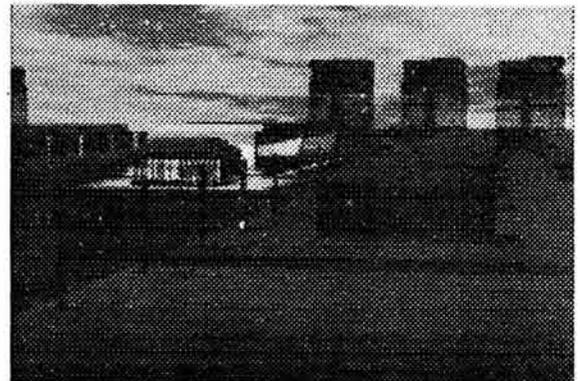
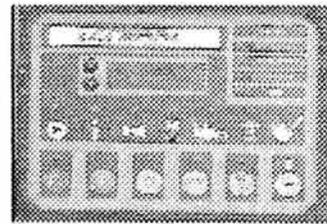
- al presentarse una falla en el suministro, detecta la falla.



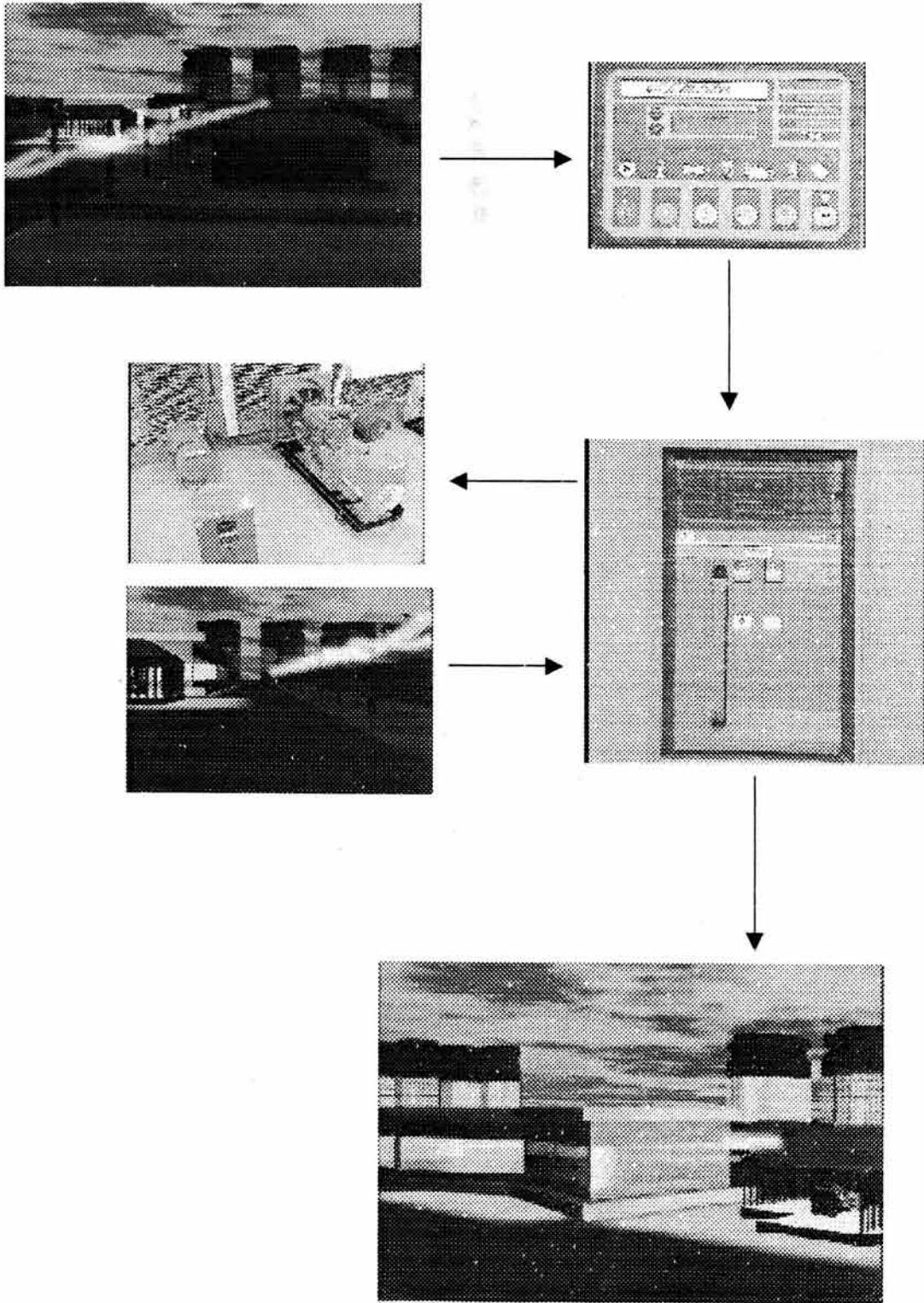
2. Ante una falla de energía, el circuito de control manda la señal a la planta generadora para que arranque, cerrando los contactos remotos de la máquina.



3. Cuando la planta generadora alcanza el voltaje y la frecuencia nominales, el circuito de control lo detecta y permite que el interruptor realice la transferencia, con lo cual la energía pasa de la planta de emergencia hacia la carga.



4. Cuando se restablece la energía normal, el control lo detecta con lo cual efectúa el paro de la planta y se encarga de realizar la retransferencia de la carga.



El circuito de control de transferencia está compuesto por varias secciones, entre las que se encuentran:

- a) Sección de control del voltaje de línea.
- b) Sección de transferencia y paro.
- c) Sección de prueba.
- d) Sección de instrumentos.
- e) Sección del cargador de baterías.

### **Sección de control de voltaje de línea.**

Cumple la función de vigilar y monitorear que exista en voltaje adecuado en las líneas de alimentación normales y mandar la señal de arranque y transferencia en el momento en el cual, el voltaje baja del 70% de su valor nominal o cae a cero.

Cuando el voltaje se restablece al 90% de su valor, es detectado por el conjunto de elementos que integran esta sección, los cuales mandan otra señal que inicia un ciclo de programación de retransferencia de la carga, al sistema normal y paro de la planta generadora.

### **Sección de transferencia y paro.**

Cumple la función de ordenar al interruptor de transferencia que conecte la carga con la línea normal o con la línea de emergencia, así mismo, la de retrasar la retransferencia es decir, pasar la carga de la línea de emergencia a la línea normal, con objeto de asegurar que el voltaje de la línea normal se estabilice evitando operaciones innecesarias del interruptor de transferencia.

Una vez que se llevó a cabo la retransferencia, el sistema manda una señal de control al circuito de arranque y paro para que realice el paro de la planta de emergencia después de haber operado un cierto tiempo en vacío, esto con la finalidad de enfriar a la planta antes de ponerla fuera, en espera de futuros servicios, cuando se presente una falla de la energía de la red normal.

### **Sección de prueba.**

Las plantas eléctricas de emergencia automáticas pueden llegar a no operar cuando más se les necesita, para lo cual, se cuenta con un interruptor de prueba, mismo que simula un evento de falla haciendo que la planta arranque, trabaje y pare; lo cual permite al operador tener una alta seguridad de que la planta está en condiciones de operar y al mismo tiempo, localizar fallas que pueden ser corregidas de forma oportuna.

### **Sección de instrumentos.**

En esta sección se encuentran todos los instrumentos que permiten el monitoreo del estado tanto de la planta de emergencia y el de la fuente normal. En esta sección podemos encontrar instrumentos de medición de voltaje, corriente, frecuencia, temperatura de operación, etcétera. En unidades de control modernas a base de microprocesadores y elementos de estado sólido, podemos tener acceso a muchos más instrumentos de medición en una sola unidad, mismos que cuentan con una alta resolución, precisión y exactitud y además, son desplegados, en su mayoría, en una pantalla de cristal líquido de fácil lectura.

### **Sección del cargador de baterías.**

Una de las fallas más frecuentes de arranque de una planta de emergencia es la falta de energía en las baterías, esto se debe a que éstas se descargan solas cuando permanecen por un largo tiempo inactivas, enfatizándose este proceso en climas cálidos.

Con objeto de evitar una posible falla de arranque por falta de energía, se incluye en el circuito de control un cargador de baterías, el cual tiene como finalidad el mantener en todo momento en óptimas condiciones de operación a los acumuladores de la planta de emergencia.

El cargador de baterías carga eléctricamente a los acumuladores manteniéndolos dentro de un intervalo del 95 al 100% de su carga total, cuando la planta no se encuentra en operación. Esta unidad se encuentra conectada a la línea de la energía comercial (127 V<sub>AC</sub>) abatiendo el voltaje y rectificando la señal de corriente para efectuar su labor de carga inyectando corriente hacia las baterías.

### **7.3 Importancia de la naturaleza de la carga en los interruptores de transferencia.**

Como se ha visto, la clasificación de los interruptores de transferencia se realiza atendiendo básicamente al rango de corriente que pueden conducir o manejar, siendo el rango máximo el expresado en forma continua.

Además del rango máximo mencionado, se ha de tomar en cuenta, la máxima capacidad interruptiva y de corriente de arranque.

Varios tipos de carga demandan más corriente al momento de arranque que durante servicio, por ejemplo: los motores demandan aproximadamente 5 veces la corriente nominal al arranque. Las lámparas incandescentes demandan 18 veces su corriente nominal o de servicio durante el primer instante de operación, estamos hablando de los primeros 0.3 segundos. Por lo tanto, los contactos del interruptor de transferencia deberán estar diseñados con la capacidad térmica suficiente para soportar éstas corrientes, de lo contrario se producirán daños al equipo.

La máxima capacidad interruptiva es la corriente máxima que puede ser suspendida por los contactos al ser abiertos, esta característica marca un rango el cual no es suficiente requisito para el interruptor, sino que debe ser capaz de interrumpir mayores corrientes inductivas como por ejemplo, de la un motor con rotor bloqueado.

El arco eléctrico que se produce dependerá de la naturaleza de la carga, es decir, si la carga es de tipo inductivo o de tipo resistivo, ya que sus efectos son muy distintos entre sí. Algunos fabricantes especifican claramente sus equipos diferenciando entre cargas inductivas (como motores) o resistivas (como las lámparas de tungsteno).

### **7.4 Velocidad de operación del sistema de transferencia.**

Se entiende por velocidad de operación al tiempo en el cual el control realiza la transferencia cambiando la alimentación del servicio normal (que falló) al servicio de emergencia.

El tiempo de interrupción no tiene gran importancia comparado con el tiempo que tarda en arrancar la planta de emergencia (aproximadamente de 5 a 10 segundos). Sin embargo, en el proceso de retransferencia éste tiempo sí puede llegar a ser importante.

La velocidad de retransferencia de ciertos fabricantes puede llegar a ser del orden de los 50 milisegundos para capacidades menores de 400 A y de 300 milisegundos como mínimo para capacidades mayores, en ambos casos, apenas se logra percibir un muy breve parpadeo en las luminarias.

### **7.5 Propuesta electrónica de un sistema de transferencia.**

Como sabemos, en la actualidad la electrónica ha tenido un auge enorme, permitiendo concebir complejos sistemas de control por medio de elementos de estado sólido y otros dispositivos de la misma índole que, además de abatir en muchos casos las dimensiones físicas del equipo permiten incluir un número mayor de funciones en dichos sistemas. Dentro de esta gama de avances de la electrónica, encontramos a los microprocesadores, auténticas computadoras portátiles que en muchos casos potencializan varias de las aplicaciones de los sistemas de control y en general, de cualquier tipo de sistema o proceso en el que se apliquen, ya que tienen la capacidad de llevar a cabo miles, y en algunos casos, millones de operaciones en solo fracciones de segundo adicionando varias herramientas al equipo en que se aplique.

Hasta hace algunos años, los sistemas de transferencia en aplicaciones para sistemas de emergencia tenían una arquitectura a base de elementos electromecánicos como contactores y relevadores que si bien, presentaban un elevado nivel de confiabilidad, representaban enormes costos en fabricación y mantenimiento, además de ser físicamente, enormes unidades que ocupaban espacios considerables dentro de la empresa o el lugar en el cual se aplicarían; así mismo, las funciones adicionales de estos equipos era muy limitada restringiéndose tan solo a detectar la falla de la energía, realizar el arranque de la planta de emergencia y, al restablecerse el suministro, realizar el proceso de retransferencia de carga. En algunos casos, se tenían sistemas con unidades, adicionales por supuesto, que permitían monitorear algunas de los parámetros del sistema como frecuencia de generación, voltaje en las líneas de alimentación, corriente demandada, etcétera por mencionar algunos de ellos.

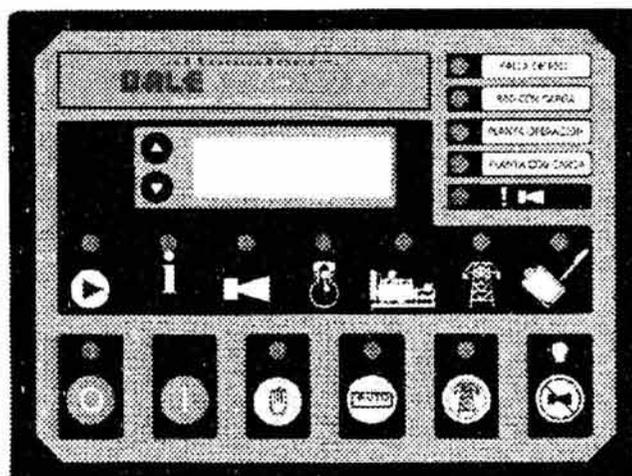
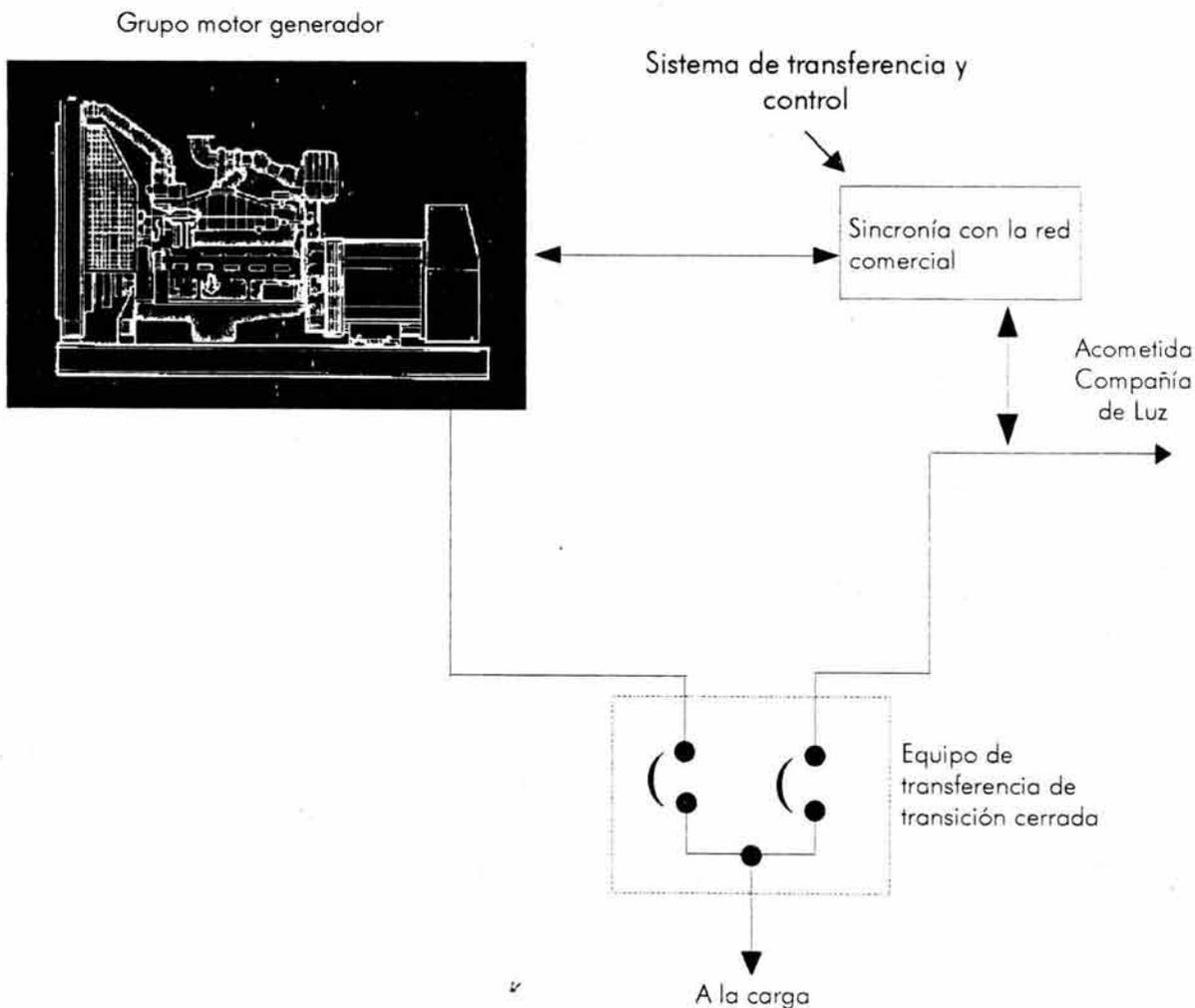


Fig. no. 9 Con los avances en la electrónica se han desarrollado sistemas de control y transferencia con múltiples aplicaciones a base de microprocesadores.

Los equipos actuales que se encuentran en el mercado, además de hacer más sencilla la operación de los equipos, ya que muchos modelos como el mostrado en la figura 9, cuentan con pantalla de cristal líquido en la cual se despliegan los datos que requiera el operador de forma cada vez más amigable, son más pequeños resaltando en ellos, la ergonomía en los paneles de control.

Tomemos el esquema que se muestra a continuación, para fines de ejemplificar el papel que desempeña el sistema de transferencia dentro de la estructura de un sistema de emergencia.

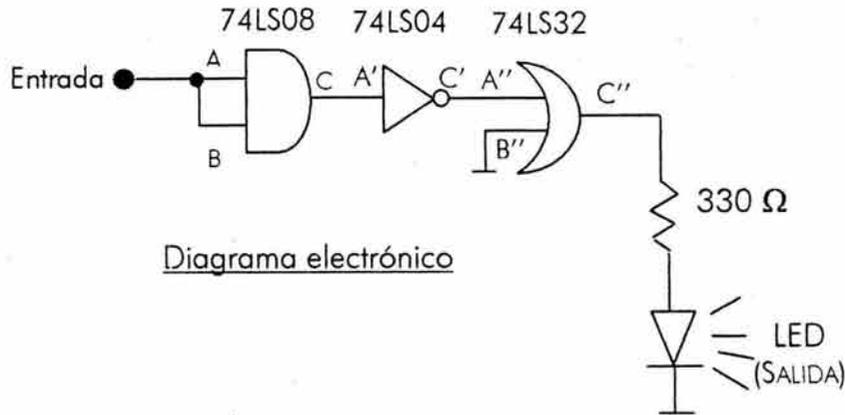
### Sistema de alimentación de emergencia en sincronía con la red comercial.



En este esquema podemos observar al sistema de transferencia dentro de una aplicación particular, ya que el diagrama corresponde a un sistema que funciona con el concepto de transición cerrada, si recordamos, el concepto de transición cerrada utiliza una técnica de transferencia en sincronía entre las fuentes normal y de emergencia, esto con objeto de tener el menor tiempo posible de interrupción mientras se realiza el proceso de transferencia de la carga. Precisamente observemos que en este caso, el sistema de transferencia deberá tener la capacidad para en un horario establecido por el usuario, desconectar al sistema de la red comercial, realizando entonces una transferencia de forma sincronizada entre la fuente de

energía comercial y la fuente de energía de emergencia por un intervalo de tiempo especificado y a su término, realizar la retransferencia de la carga, también de forma sincronizada entre ambas fuentes.

Podemos entender de forma práctica la lógica operativa que sigue el sistema de transferencia dentro de la estructura funcional del sistema de emergencia. Esto lo haremos mediante la ayuda del siguiente diagrama electrónico, en el cual, mediante el uso de compuertas lógicas, se mostrará de forma más tangible la dinámica en la transferencia de carga.



Tablas de verdad de las compuertas utilizadas.

Compuerta AND (74LS08) $C = AB$			
Entradas			Salida
A	B		C
0	0		0
0	1		0
1	0		0
1	1		1

Compuerta OR (74LS32) $C'' = A'' + B''$			
Entradas			Salida
A''	B''		C''
0	0		0
0	1		1
1	0		1
1	1		1

Compuerta NOT (74LS04) $C' = \overline{A}$		
Entrada		Salida
A'		C'
0		1
1		0

El circuito simulará dos condiciones:

- 1) Operación normal. Está presente la fuente normal y en espera el grupo generador.
- 2) Operación de emergencia. Se produce una falla en la fuente normal y se necesita mandar señal de arranque al grupo generador para tomar la carga que se encuentra sin energía.

### 1. Operación normal.

En este caso, se simula la operación normal con la energía de la compañía suministradora, en el circuito esto se representa con dos entradas en 1 (1 lógico, 5 Volts) en la compuerta AND (74LS08), a la salida de esta compuerta se tendrá lo siguiente, atendiendo a lo estipulado en la tabla de verdad correspondiente:

Operación $C = AB$ (AND)		
Entradas		Salida C
A	B	
1	1	1

Por lo tanto, tendremos un 1 lógico en la terminal C de esta compuerta. Esta salida será la entrada  $A'$  a la siguiente compuerta, un inversor (74LS04), en cuya salida  $C'$  tendremos, también de acuerdo a la tabla de verdad correspondiente:

Operación $C' = A'$ (NOT)	
Entrada	Salida $C'$
$A'$	
1	0

Finalmente, esta salida  $C'$  será una de las dos entradas ( $A''$  y  $B''$ ) de una compuerta OR en la cual tendremos lo siguiente:

Operación $C'' = A'' + B''$ (OR)		
Entradas		Salida $C''$
$A''$	$B''$	
0	0	0

Por lo tanto, a la salida de esta compuerta, en la cual tenemos un led (diodo emisor de luz) que servirá como testigo de la operación del circuito, no tendremos respuesta, o una respuesta nula permaneciendo por tal razón apagado.

Como se observa, en esta primer simulación, mientras se encuentra presente la energía de la red comercial, el sistema de transferencia únicamente estará monitoreando que se encuentre presente la fuente normal, permaneciendo en espera hasta el momento de ocurrir la pérdida de dicha fuente.

## 2. Operación de emergencia.

Para este otro caso, se simulará la pérdida de la energía proveniente de la fuente normal. Siguiendo la metodología explicada en el caso anterior, representamos la pérdida de la energía comercial con dos entradas en 0 lógico en la compuerta AND, con lo que tendremos:

Operación $C = AB$ (AND)		
Entradas		Salida C
A	B	
0	0	0

Entonces, tendremos un 0 lógico a la salida de esta compuerta (C) y a su vez, una entrada 0 (A') a la compuerta inversora, resultando:

Operación $C' = A'$ (NOT)	
Entrada	Salida C'
A'	
0	1

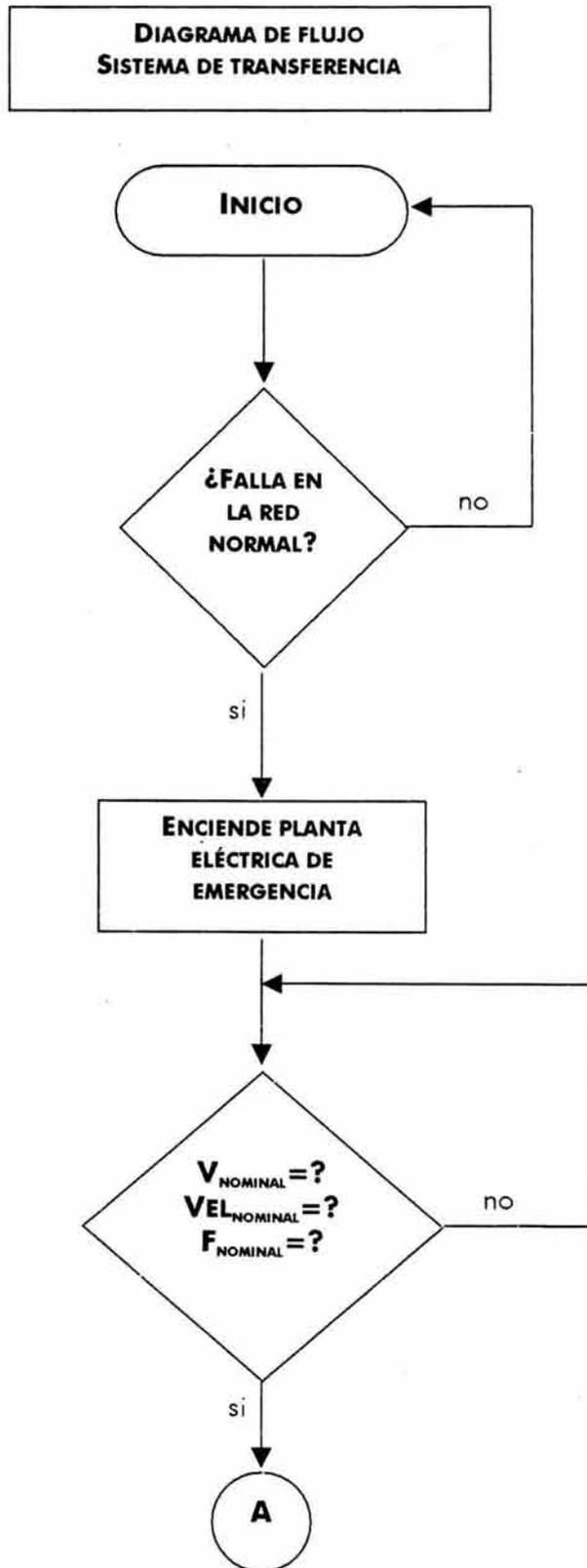
Obtenemos un 1 lógico como salida del inversor (C'), que será una de las dos entradas a la compuerta sumadora (OR), resultando ello en:

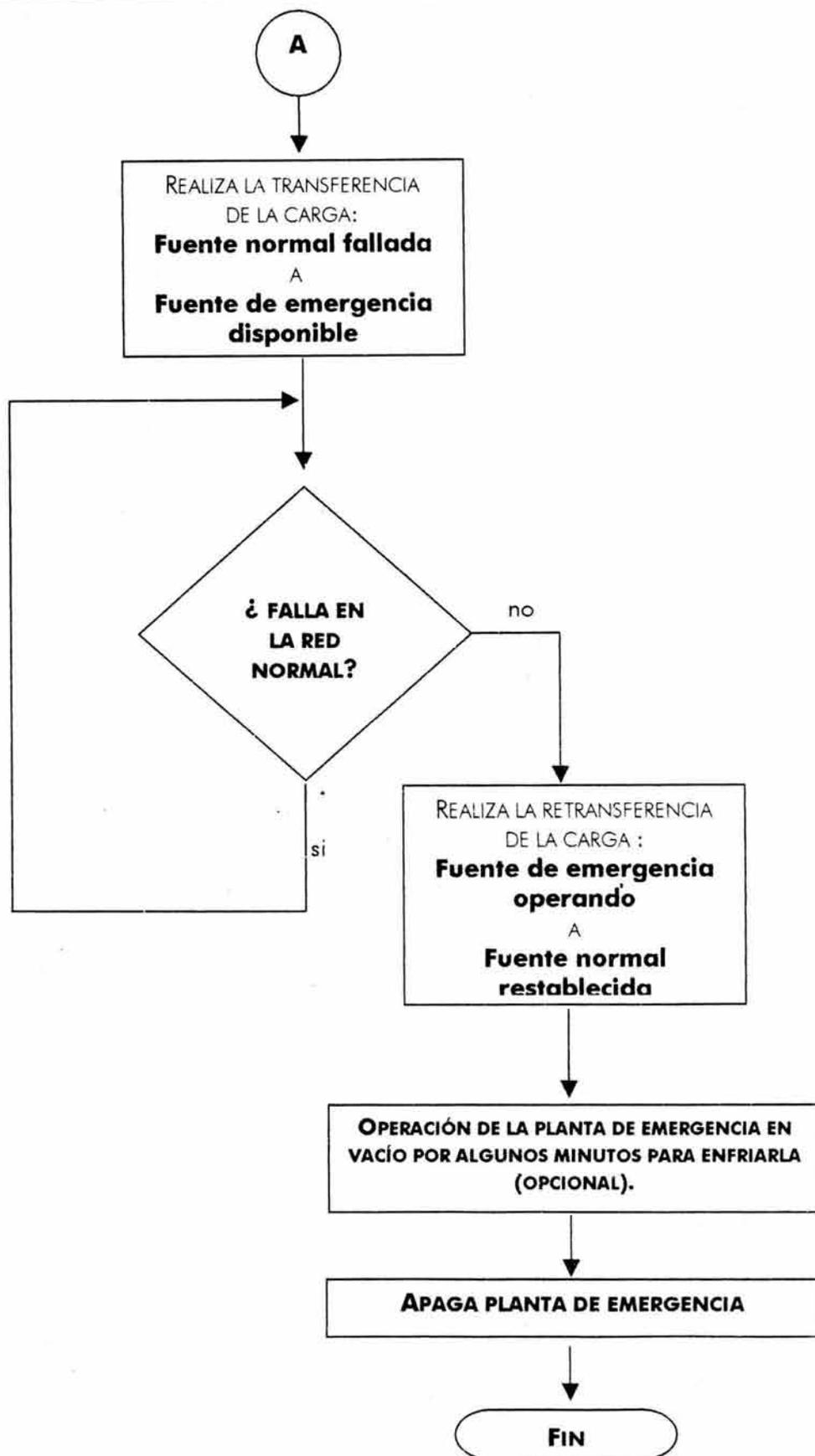
Operación $C'' = A'' + B''$ (OR)		
Entradas		Salida C''
A''	B''	
1	0	1

Con una salida de la compuerta sumadora en 1 lógico, activaremos entonces al led testigo, el cual indicará la pérdida de la fuente normal y el estado de emergencia. En la vida real, la activación del led implicaría la activación de los medios necesarios para el arranque de la planta eléctrica de emergencia ante la pérdida de la fuente primaria de energía eléctrica, y con ello, la transferencia de la carga entre ambas fuentes.

Como es posible observar, este circuito simula tan solo la operación básica de un sistema de transferencia. En el mundo real, un sistema de transferencia tiene un mayor número de funciones, entre ellas algunos de control del propio interruptor de transferencia, así como el monitoreo de distintos parámetros que tienen que ver con la energía generada y el comportamiento de la carga. Sin embargo, ha de considerarse el alcance de este circuito tan solo para fines didácticos.

Ahora bien, para complementar el circuito mostrado anteriormente, presentamos a continuación el diagrama de flujo para un sistema de transferencia.





En el mundo real y en la actualidad, con el ya mencionado auge de la electrónica, un sistema de transferencia, se realiza empleando microprocesadores como por ejemplo los PLC's (Programmable Logic Controllers, Controladores Lógicos Programables), que como se ha mencionado, permiten un número ilimitado de funciones de control, además de abatir en gran medida las dimensiones físicas de los equipos haciéndolos totalmente integrales.

Existen muchos fabricantes de PLC's y por lo tanto muchos modelos, para no particularizar en alguno, mencionaremos que las bases para realizar la programación en este tipo de dispositivos son sencillas. Basta, en algunos casos, con diseñar de forma lógica el esquema de transferencia ( de forma parecida a como el circuito que mostramos anteriormente) e introducirlo a través del software de programación que incluyen éstos dispositivos, con el previo conocimiento en cada caso, del lenguaje que manejen. Actualmente, el software que se emplea para programar a este tipo de controladores, ofrece la herramienta de programación de forma gráfica, utilizando para ello bloques que representan elementos parecidos – funcionalmente hablando- a las compuertas lógicas, por lo tanto el entorno de programación se vuelve aún más sencillo y amigable.

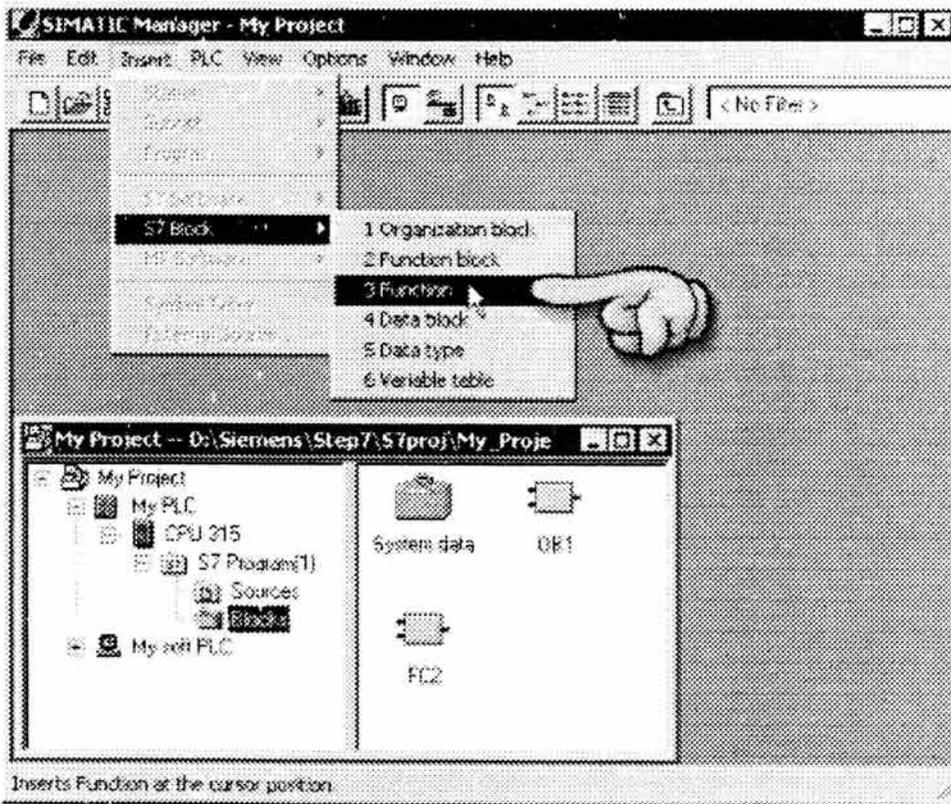
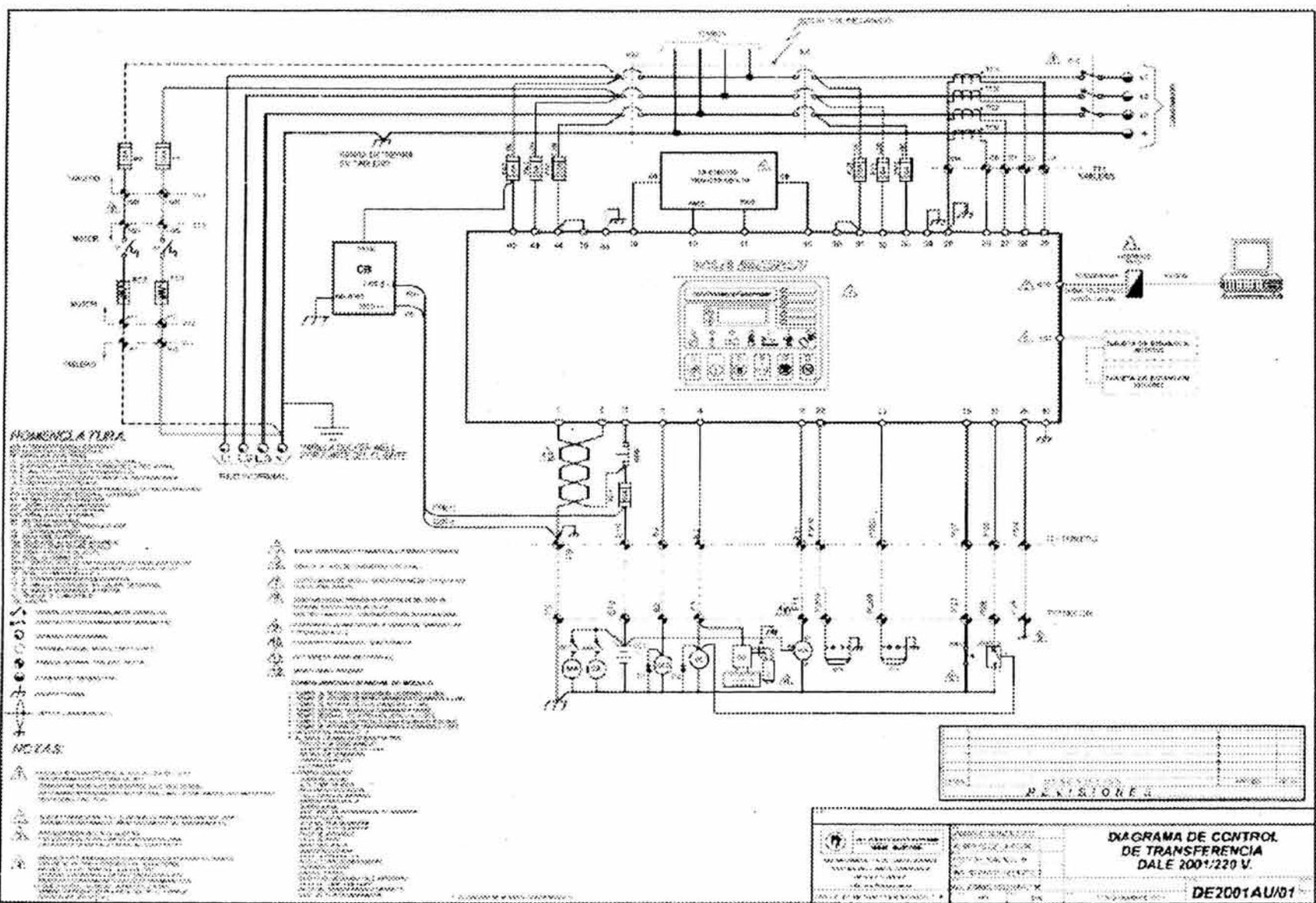


Fig. no. 10 Entorno gráfico de Programación para un Controlador Lógico Programable (PLC). En la gráfica se muestra el programa STEP 7 de SIEMENS.

A modo de ejemplo, mostramos a continuación el diagrama eléctrico de un sistema de transferencia real, que se encuentra disponible en el mercado, su fabricante es Ottomotores y en el cual se puede observar como el corazón de todo el sistema es un microprocesador.



---

**Conclusiones.**

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

---

## **Conclusiones**

Como se planteó al inicio del presente trabajo, el objetivo de esta tesis es la recopilación ordenada y consecuente de material referente al diseño, instalación, operación, mantenimiento y normalización de equipos y dispositivos utilizados dentro de la estructura de un sistema de emergencia para aplicaciones comerciales, industriales y en hospitales.

Tras el desarrollo e implementación de la electricidad como fuerza motriz aprovechable, varios de los procesos que antaño se realizaban con únicamente la fuerza del hombre o de los animales, vinieron a ser reemplazados por enormes y potentes máquinas que además de facilitar el trabajo, elevaron los niveles de producción, conservando y en muchos casos, mejorando la calidad de los productos y servicios en que eran aplicados.

La electricidad ha sido y será –por algún tiempo más- el motor que impulse en gran medida el desarrollo de la humanidad. Sin lugar a duda, la electricidad ha venido a emplearse en muchos campos del desarrollo humano.

La salud, siempre ha sido una de las preocupaciones del hombre; con el empleo de la electricidad en muchos de los procesos médicos, varios han sido potencializados considerablemente.

Sin embargo, el enorme avance de la ciencia y la técnica ha venido descansando sobre las bases de un suministro eléctrico confiable, del cual se requiere garantizar continuidad y calidad. Es por esto que un sistema de emergencia es un elemento que se ha vuelto primordial en este proceso.

Algunas de las arquitecturas de sistemas de emergencia se adoptan en base a la importancia que reviste la carga que debe atender, mostrando características inherentes que pueden interesarle al responsable de diseñar un sistema de energía de reserva.

Como todo dispositivo que presta un servicio, el mantenimiento preventivo y correctivo aplicado a un sistema de emergencia es un factor importantísimo, que además de garantizar la confiabilidad de su operación en los momentos de fallas, permite prolongar la vida útil de cada uno de los elementos que componen al sistema, y por ende, la de él en su conjunto.

Las normas son instrumentos legales que regulan la aplicación de ciertos procesos, ayudando a prevenir accidentes y problemas, que lleven a lamentar pérdidas humanas y económicas. En el caso de los sistemas de emergencia, el capítulo 7 de la Norma Oficial Mexicana, es el instrumento con el cual se hace garante al sistema en confianza y seguridad.

---

#### IV. ► Conclusiones.

---

En las normas podemos encontrar ordenamientos respecto al diseño, instalación y mantenimiento del sistema de emergencia. Estos ordenamientos, expedidos por un grupo de instituciones y profesionales en el campo, muchas de las ocasiones son exigidas por las autoridades correspondientes para otorgar algún permiso o licencia y deben ser certificados periódicamente por expertos que avalen su cumplimiento.

En el caso de los sistemas de emergencia, la norma los clasifica como sistemas de emergencia, que corresponde al artículo 700, sistemas legalmente requeridos, que podemos encontrar en el artículo 701 y los sistemas opcionales que corresponde al artículo 702.

En el artículo 700 encontraremos la normativa general para el diseño e instalación de equipo de un sistema de emergencia tal como: alambrado, equipo de iluminación, equipo de control, protecciones, etcétera. En este primer artículo no se delimita el campo de aplicación del sistema de emergencia, sino que se marca la generalidad de las especificaciones que debe tener todo el equipo que conforma al sistema de emergencia.

En el artículo 701, ya se delimita el campo de aplicación del sistema de emergencia. Aquí se hace referencia siempre a aplicaciones que la norma especifica como legalmente requeridas, y que básicamente se conforma de aplicaciones en las cuales se manejan procesos, ante los que un evento de falla en la red normal de energía pudiera poner en riesgo la integridad de los operadores o dificultar las acciones de rescate en caso de ocurrir el siniestro.

En el artículo 702, que corresponde a sistemas opcionales, se circunscribe el margen de aplicación de los sistemas de emergencia a lugares en los cuales la suspensión del suministro de energía eléctrica a los procesos o actividades, básicamente aplicaciones de tipo residencial e industrial de bajo impacto, no comprometa la seguridad de la inversión.

En el terreno de los centros de atención a la salud, como los hospitales, la norma aplicable corresponde al artículo 517. En este artículo se trata todo lo referente al diseño e instalación del sistema eléctrico de un centro hospitalario, bajo las consideraciones de que en este tipo de instalaciones, no solo la integridad de la inversión, sino que mas aún, la vida de personas, está en juego. Por este motivo, en este tipo de instalaciones la presencia de un sistema de emergencia tiene una obligatoriedad inherente.

La adopción de un sistema de emergencia, obedece en gran medida, al nivel de importancia de la carga que deberá atender, ante un evento de falla de la red normal. Por tal motivo, el campo de aplicación de los sistemas de emergencias es sumamente vasto. Por citar solo algunas: industria de la construcción, industria minera, industria agrícola, industria cementera, edificios comerciales, comunicaciones, bancos, etcétera. En todos los casos, los

---

#### IV. ► Conclusiones.

---

diferentes procesos y funciones que atienden cada una de ellas, requiere en mayor o menor medida, el menor tiempo de restablecimiento de la energía de alimentación para evitar daños a equipo adyacente, pérdida de información, en fin.

El sistema de emergencia, además de servir como fuente de energía de reserva, se puede utilizar como fuente primaria de energía durante los horarios punta de la compañía suministradora. El empleo del sistema de emergencia dentro de este esquema, permite amortizar la inversión inicial hecha en la compra de todo el equipo que compone al sistema, en un plazo relativamente corto, debido en gran parte, a los enormes ahorros resultado de evitar pagar el porcentaje extra que cobra la compañía suministradora en los horarios punta que maneja dentro de su tarifa de precios, que en algunos casos, llega a ser de hasta el 300% respecto a la tarifa en horario normal y de los incentivos fiscales, aplicados en materia de combustibles, lo que potencializa aún más los beneficios que se pueden obtener.

Un elemento importante dentro del esquema del sistema de emergencia, es el dispositivo de transferencia, ya que permite la conmutación entre fuentes (normal y de emergencia) ante un evento de falla. Actualmente, con el advenimiento de la electrónica de estado sólido, este tipo de elementos se han visto ampliamente beneficiados, en el sentido de que se han eficientado funciones y herramientas, que los convierte en el "cerebro" del sistema de emergencia.

Como hemos visto a lo largo de este trabajo, el campo de los sistemas de emergencia es muy vasto. En esta tesis se ha presentado el tema de los sistemas de emergencia desde un panorama general, sin ahondar demasiado en cualquiera de los equipos que la componen, las diferentes arquitecturas que existen, las normas que lo regulan.

La implementación de un sistema de emergencia es, como puede esperarse, de elaboración minuciosa y requerimientos que por el momento en que se realizó el presente trabajo, el alcance económico y diversos factores no lo permitieron, sin embargo, proporciona una vía para la elaboración de estudios más crecidos en este ámbito de la ingeniería. Siendo como vimos, las aplicaciones desde las más sencillas hasta las más complejas.

Creemos que la importancia que revisten los Sistemas de emergencia irá en aumento en un futuro no muy lejano, sobre todo en países como el nuestro, en los cuales, por motivos políticos o sociales -bastante absurdos por cierto-, el abasto eficiente y confiable de energía eléctrica se pone cada vez mas en riesgo, con los riesgos y consecuencias que ello representa.

---

---

## **Bibliografía.**

---

***SE*** **SISTEMAS DE EMERGENCIA**  
PARA APLICACIONES COMERCIALES  
E INDUSTRIALES BASADOS EN LAS  
NORMAS MEXICANAS.

---

### **Bibliografía .**

1. Norma 446-1987 IEEE ( Libro naranja)  
"Emergency and standby power Systems for industrial and commercial applications"  
Institute of Electrical and Electronics Engineers, INC. 1986
  
  2. Norma 602-1986 IEEE (Libro blanco)  
" Electric Systems in Health Care facilities"  
Institute of Electrical and Electronics Engineers, INC. 1986
  
  3. Norma Oficial Mexicana. NOM 001-SEDE-1999.  
Artículo 445. Generadores  
Artículo 517. Instalaciones en lugares de atención a la salud  
Artículo 700. Condiciones especiales: Sistemas de emergencia  
Artículo 701. Sistemas de reserva requeridos legalmente  
Artículo 702. Sistemas de reserva opcionales.
  
  4. NOM-197-SSA1-2000  
"Norma que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada".
  
  5. NOM-178-SSA1-1998  
"Norma que establece los requisitos mínimos de infraestructura y equipamiento de establecimientos para la atención médica de pacientes ambulatorios".
  
  6. EARLEY, P.E. Mark, MURRAY, Richard, CALOGGERO, Jhon M. " National Electrical Code Handbook 1993". Sixth edition. National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA. 1993.
  
  7. Mc PARTLAND, Joseph, Mc PARTLAND, Brian. " National Electrical Code Handbook Based on the current 1999 NEC". 23<sup>th</sup> edition. Mc Graw- Hill, 1993.
  
  8. Manual de operación de plantas de emergencia IGSA. Maquinaria IGSA, S.A. de C.V. División Plantas eléctricas, 1984.
-

9. MARTÍNEZ BARRIOS, Luis. "Historia de las máquinas eléctricas". Ediciones UPC. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1994.
  10. Notas del curso sobre el artículo 517 "Instalaciones eléctricas en lugares de atención la salud". NOM-001-SEDE-1999. San Luis Potosí, S.L.P. , 5 de abril de 2003.
  11. Notas del curso: "Curso de capacitación de plantas eléctricas con control DALE 2001". México, D.F. 23 y 24 de marzo de 2004.
-