

44
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

**“SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN
ININTERRUMPIBLE (UPS), Y SU
APLICACIÓN PRACTICA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

(ELECTRICO - ELECTRONICO)

P R E S E N T A :

JOSE MALDONADO DIAZ

ASESOR DE TESIS : ING. J. J. RAMON MEJIA ROLDAN

MÉXICO 1998

26267

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

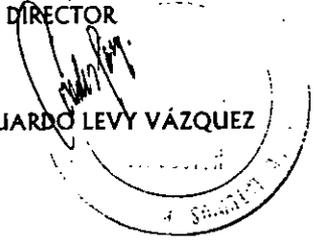
JOSÉ MALDONADO DÍAZ
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 18 de marzo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOSÉ JUAN RAMÓN MEJÍA ROLDAN pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE (UPS), Y SU APLICACIÓN PRÁCTICA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 20 de marzo de 1998
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]

c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/IIa.

" AGRADECIMIENTOS "

Especialmente con todo mi amor, cariño, respeto y admiración a mi madre:

Ma. Teresa L. Diaz Godínez.

Zuien através de sus consejos, su amor y sus desvelos, me ha impulsado a superarme día con día para ser mejor como persona y como profesionista. Gracias mamá.

A mi novia Patricia:

Por brindarme su apoyo, su comprensión, su compañía y su cariño en forma incondicional. Gracias mi vida.

Al señor Enrique Alba Yañez y a la señora Lourdes Saldaña Hernández por su confianza e interés mostrado para el término de este trabajo. Gracias.

A mi Asesor:

Ing. J. J. Ramón Mejía Roldán.

Por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de tesis bajo su dirección y por la ayuda incondicional que desde un principio me brindó. Gracias.

Al Ing. Pascual Rivera Muñoz, por todas las atenciones que tuvo para conmigo en la investigación de la información requerida para el proyecto.

Al Ing. Conrado Hernández Padilla por haber confiado en mí cuando lo necesité, por todos sus consejos y por otorgarme su amistad.

Al Ing. Roberto Morales Ledezma, quien me apoyo y proporcionó los medios necesarios para la captura, modificación y almacenamiento de la información requerida en la presente tesis.

ÍNDICE.

PRÓLOGO.	I.
 CAPÍTULO I.	
 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE (UPS).	
 1.1. ANTECEDENTES.	 1.
1.2. PRINCIPALES ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA UPS.	2.
1.3. DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE CADA ELEMENTO DEL SISTEMA UPS BÁSICO.	3.
1.3.1. LA POTENCIA ELÉCTRICA Y SU RELACIÓN CON LA ELECTRÓNICA.	3.
1.3.2. EL RECTIFICADOR.	16.
1.3.3. LA BATERÍA.	34.
1.3.4. EL INVERSOR.	41.
1.3.4.1. EL INVERSOR GIRATORIO.	42.
1.3.4.2. EL INVERSOR ESTÁTICO.	43.
1.3.5. EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O CONMUTADOR.	50.
1.3.5.1. EL INTERRUPTOR MECÁNICO.	51.
1.3.5.2. EL INTERRUPTOR ELECTROMECAÁNICO.	51.
1.3.5.3. EL INTERRUPTOR ESTÁTICO.	51.
1.3.6. UNIDAD MOTOGENERADORA.	54.

CAPÍTULO II.

CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE “UPS”.

2.1. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE EN BASE A SU CONFIABILIDAD.	57.
2.1.1. SISTEMAS NO REDUNDANTES.	57.
2.1.2. SISTEMAS REDUNDANTES.	58.
2.2. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE EN BASE AL TIEMPO DE TRANSFERENCIA.	60.
2.2.1 SISTEMAS UPS ON-LINE.	61.
2.2.2. SISTEMAS UPS OFF-LINE.	63.
2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA SUMINISTRADA.	64.
2.3.1. PROBLEMAS INHERENTES A LA CALIDAD DE LA SEÑAL PROVISTA POR LA FUENTE PRINCIPAL DE ENERGÍA.	65.
2.3.1.1. TRANSITORIOS DE SOBREVOLTAJE (PICOS).	66.
2.3.1.2. SOBREVOLTAJES Y CAÍDAS DE VOLTAJE.	67.
2.3.1.3. RUIDO ELÉCTRICO.	68.
2.3.1.4. CORTES DE ENERGÍA.	69.
2.3.1.5. ARMÓNICAS.	70.
2.3.1.6. VARIACIONES DE FRECUENCIA.	70.
2.3.2. IDENTIFICACIÓN Y SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA.	71.

CAPÍTULO III.

IMPORTANCIA DE UNA TIERRA FÍSICA EN LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA "UPS".

3.1. IMPLEMENTACION DE LA CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA EN UN SISTEMA UPS.	74.
3.2. LOS EFECTOS DE LA ELÉCTRICIDAD SOBRE EL CUERPO HUMANO.	75.
3.3. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CONEXIÓN A TIERRA.	77.
3.3.1. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS.	77.
3.3.1.1. POSIBLES TIPOS DE FALLA A TIERRA.	78.
3.3.1.2. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL TERRENO DE UNA TIERRA FÍSICA.	78.
3.3.1.3. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS.	80.
3.3.1.4. MATERIAL DEL CONDUCTOR DEL SISTEMA DE TIERRAS (MALLAS) Y SU CALIBRE.	82.
3.3.1.5. LOS ELECTRODOS EN EL SISTEMA DE TIERRAS.	84.
3.3.1.6. CONECTORES Y ACCESORIOS NECESARIOS EN UNA RED DE TIERRAS.	86.
3.3.1.7. CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.	87.

CAPÍTULO IV.

CRITERIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE (UPS).

4.1. PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA UPS.	89.
4.2. TIPO DE CARGA A RESPALDAR.	90.
4.3. CAPACIDAD DE CONSUMO DE LA CARGA.	92.
4.4. TIPO DE UPS A IMPLEMENTAR.	94.
4.5. TIEMPO DE RESPALDO DEL UPS.	95.
4.5.1. TIPO DE BATERÍA.	96.
4.5.2. CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.	97.
4.5.2.1. RESISTENCIA INTERNA DE UNA BATERÍA.	101.
4.5.2.2. NÚMERO DE ELEMENTOS DE LA BATERÍA.	102.
4.6. EL CARGADOR DE BATERÍAS.	102.
4.7. ACCESORIOS NECESARIOS PARA UN MEJOR DESEMPEÑO DEL UPS.	105.
4.7.1. CIRCUITOS LIMITADORES DE CORRIENTE.	105.
4.7.2. CIRCUITOS DE SINCRONIZACIÓN DEL INVERSOR.	106.
4.7.3. CONMUTADORES DE TRANSFERENCIA.	106.
4.7.4. INTERRUPTORES MANUALES DE PASO.	106.
4.7.5. FILTROS PARA RUIDO ELÉCTRICO.	107.
4.7.6. REGULADOR DE VOLTAJE.	108.
4.7.6.1. REGULADOR DE VOLTAJE ELECTRÓNICO.	108.
4.7.6.2. REGULADOR MAGNÉTICO.	109.
4.7.7. SUPRESORES DE SOBREVOLTAJE.	110.
4.8. LOCAL REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA "UPS".	112.
4.8.1. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS UPS.	113.
4.9. SELECCIÓN DEL PROVEEDOR QUE BRINDE EL SISTEMA UPS MÁS CONVENIENTE PARA NUESTRAS NECESIDADES.	117.

CAPÍTULO V.

APLICACIÓN BÁSICA DE UN SISTEMA “UPS”.

5.1. INTRODUCCIÓN.	118.
5.2. SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN EN EL ESPACIO AÉREO MEXICANO.	119.
5.2.1. OBJETIVO DE SENEAM.	119.
5.2.2 SERVICIOS QUE PRESTA SENEAM.	120.
5.2.3. ORGANIGRAMA DE SENEAM.	122.
5.3. RESPALDO DEL EQUIPO MEDIANTE EL CUAL SENEAM PRESTA SUS SERVICIOS.	125.
5.3.1. APLICACIONES, ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE EL POWERWARE ON-LINE PLUS 80.	132.
5.3.2. ESPECIFICACIONES FINALES DEL UPS UNA VEZ INSTALADO Y CONECTADO A LA CARGA CRÍTICA.	140.
CONCLUSIONES.	145.
BIBLIOGRAFÍA.	148.

PRÓLOGO.

En los tiempos modernos se hace uso de diversos equipos eléctricos y electrónicos que requieren de una señal de alimentación constante, por lo cual la mayoría de estos complejos sistemas necesitan una fuente de alimentación ininterrumpible[†] cuidadosamente supervisada y controlada (además de un sistema de protección) para evitar interrupciones de alimentación en caso de fallas importantes de potencia. Las disminuciones momentáneas de voltaje, variaciones de frecuencia y perturbaciones momentáneas o sostenidas del suministro de energía del exterior pueden causar funcionamiento deficiente o una interrupción total de las cargas críticas. La suspensión de energía cuando se alimentan cargas críticas causa tiempos muertos de producción y costoso reciclamiento del equipo o posible daño al mismo.

La solución para este tipo de problemas es un sistema de alimentación ininterrumpible, que usa dispositivos estáticos, para operar como reguladores entre las perturbaciones del alimentador de energía del suministro externo y las cargas críticas del usuario.

Debido a que el manejo de cargas críticas va en aumento día con día, los sistemas estáticos de alimentación ininterrumpible son cada vez más importantes. Las computadoras y la instrumentación electrónica de control necesitan sistemas confiables de regulación que aislen las cargas críticas sensibles al voltaje de las perturbaciones inherentes al sistema de alimentación.

[†] En el presente trabajo se manejarán los conceptos de sistemas de alimentación ininterrumpible o fuentes de alimentación ininterrumpible indistintamente.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible ofrecen la solución más adecuada a este problema por su reacción rápida a los transitorios, frecuencia estable, escaso mantenimiento y alta eficiencia. Se ha adoptado o implantado una gran variedad de sistemas de regulación, algunos con diferentes combinaciones de conjuntos de turbogeneradores o motogeneradores algunos con volantes y otros con conmutadores electromecánicos de transferencia.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible del tipo rotatorio son efectivos para cargas de gran magnitud, aunque los sistemas de estado sólido, más ventajosos, tienen cada vez más aceptación. Los UPS'S (fuente de alimentación ininterrumpible) de tipo rotatorio se basan en sistemas inerciales (volantes con o sin acoplamiento de corriente parásita con diferentes combinaciones de equipo rotatorio accionado por motores síncronos o de inducción).

Los dispositivos de estado sólido proporcionan transitorios de reacción rápida, frecuencia estable de salida, alta eficiencia y operación relativamente silenciosa (60 dB). El equipo de estado sólido con rectificadores controlados de Silicio y conmutadores estáticos, aísla los transitorios de voltaje de la línea de potencia del suministro externo, variaciones de frecuencia y estado de alto y bajo voltaje de la carga crítica en CA.

En otras palabras, los dispositivos y circuitos de estado sólido actúan como un filtro de línea y regulador de voltaje, además de asegurar una alimentación continua durante las interrupciones normales de energía. Además de estas ventajas, el costo por KVA de los UPS se ha reducido debido a los avances técnicos y al desarrollo de la tecnología de estado sólido.

Por otro lado, la tarea del ingeniero práctico es analizar cuidadosamente todos los aspectos del problema, determinar la extensión del daño que pudiera ocurrir por una falla de potencia, y en

consecuencia seleccionar el sistema de alimentación ininterrumpible más económico y adecuado que proporcione la potencia de emergencia dentro del tiempo mínimo permisible.

Actualmente existen en el mercado nacional diferentes marcas y tipos de fuentes de energía ininterrumpible (UPS), los cuales operan con distintas tecnologías de regulación, de filtrado de ruido eléctrico, de supresión de transitorios de voltaje (picos), así como diferentes modelos, capacidades, tiempo de transferencia y diferentes tiempos de respaldo, y por consiguiente cada uno de estos equipos tienen una aplicación específica dependiendo del equipo respaldado, por lo cual el Ingeniero Mecánico Eléctrico debe basarse en todos y cada uno de los puntos que serán tratados en los capítulos siguientes.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE (UPS).

1.1. ANTECEDENTES.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible de CA se diseñan para dar protección contra interrupciones de las fuentes comerciales de alimentación, para condicionar la energía cuando las características de la energía de la carga no son compatibles con el voltaje de la línea ni con las variaciones de frecuencia inherentes presentes en los sistemas convencionales de distribución, y para cambiar la frecuencia de la carga crítica cuando es diferente de la frecuencia de la línea de alimentación.

En base a las características del tiempo de transferencia, hay dos tipos de sistemas de protección. En el tipo 1, se puede permitir un intervalo entre la falla de una fuente primaria de energía y la transferencia a la fuente secundaria de protección (de 4 a 12 ciclos o más). En el tipo 2, no se pueden tolerar interrupciones importantes de voltaje y carga, o transitorios de frecuencia, al efectuar la transferencia de la fuente primaria a la fuente secundaria de protección.

En la actualidad, el tipo 2 es el más utilizado para proteger cargas críticas tales como computadoras, instrumentación electrónica de control y complejos críticos de comunicaciones. En este tipo de cargas críticas no se puede permitir o tolerar una interrupción de aún una pequeña fracción de ciclo. Esto es debido a que si las disminuciones momentáneas de voltaje exceden los

valores rigurosamente establecidos, las computadoras pueden perder la información almacenada u originar errores de cómputo, las computadoras que controlan procesos de producción pueden perder el control o enviar señales equivocadas si ocurren interrupciones de aún fracciones de ciclo y en el área médica dichas interrupciones pueden llegar a ser mortales para la vida de muchos pacientes que dependen del funcionamiento de algún aparato alimentado por la línea de CA.

1.2. PRINCIPALES ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA UPS.

Un sistema de alimentación ininterrumpible (UPS) consiste básicamente de un rectificador, una batería, un inversor y un interruptor (o conmutador) de transferencia interconectados como se muestra en la figura 1.1.

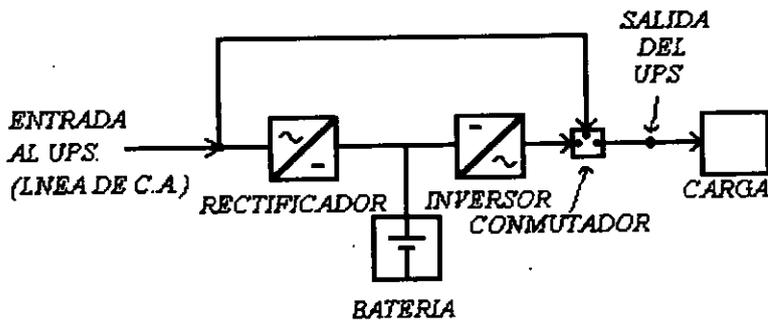


Figura. 1.1 Diagrama a bloques de un sistema de alimentación ininterrumpible (UPS) básico.

1.3. DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE CADA ELEMENTO DEL SISTEMA UPS BÁSICO.

En esta sección se presenta un estudio más detallado de los principales elementos que controlan la energía en un UPS así como su simbología y terminología utilizada a lo largo del presente trabajo.

Los avances en el campo de los semiconductores logrado desde hace ya casi tres décadas han propiciado el desarrollo de los dispositivos de estado sólido con características de mayor fiabilidad, más larga vida y un tiempo de respuesta más corto que los dispositivos electromecánicos y mecánicos.

Los dispositivos de estado sólido han hecho posible la fabricación de rectificadores estáticos, inversores y conmutadores que son los componentes básicos de los sistemas estáticos de alimentación ininterrumpible (UPS) que se diseñan, se fabrican y se aplican en la época actual; sin embargo, también haremos referencia a algunos dispositivos mecánicos y electromecánicos que fueron tan importantes en un principio.

1.3.1. LA POTENCIA ELÉCTRICA Y SU RELACIÓN CON LA ELECTRÓNICA.

Durante mucho tiempo ha existido la necesidad de controlar la potencia eléctrica, la electrónica de potencia combina la energía, la electrónica y el control, para la conversión de potencia y para el control de los motores eléctricos. Dicha técnica se ha desarrollado a partir de la

electrónica y de la electrotecnia gracias al avance tecnológico en la fabricación de los semiconductores.

La historia de la electrónica de potencia empezó en el año 1900, con la introducción del rectificador de arco de Mercurio. Luego aparecieron, gradualmente, el rectificador de tanque metálico, el rectificador de tubo al alto vacío de rejilla controlada, el ignitrón, el fanatrón y el tiratrón. Estos dispositivos se aplicaron al control de la energía hasta la década de los 50's.

La primera revolución electrónica inicia en 1948 con la invención del transistor de Silicio en los Bell Telephone Laboratories por los señores Bardeen, Brattain y Shockley. El siguiente parteaguas, en 1956, también provino de los Bell Telephone Laboratories: la invención del transistor de disparo PNP, que se definió como un tiristor o rectificador controlado de Silicio (SCR por sus siglas en inglés).

Desde que se desarrollo el primer tiristor de rectificador controlado de Silicio (SCR), ha habido grandes adelantos en los dispositivos semiconductores de potencia. Hasta 1970 en los Bell Telephone Laboratories, los tiristores convencionales se habían utilizado en forma exclusiva para el control de energía en aplicaciones industriales. A partir de ese mismo año, se desarrollaron varios tipos de dispositivos semiconductores de potencia que quedaron disponibles en forma comercial.

Estos se pueden dividir en cinco tipos principales:

- 1) Diodos de potencia.
- 2) Tiristores.
- 3) Transistores bipolares de juntura de potencia (BJT).
- 4) MOSFET de potencia.

5) Transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) y transistores de inducción estáticos (SIT).

1) **Diodos de potencia.**- Un diodo tiene dos terminales: un cátodo y un ánodo. Estos semiconductores son cuerpos sólidos que permiten el flujo de corriente en sentido directo, es decir de ánodo a cátodo. Esto quiere decir que un diodo conduce cuando el voltaje de su ánodo es más alto que el de su cátodo y si el voltaje del cátodo es más alto, se dice que el diodo está en modo de bloqueo; siendo la caída de voltaje directa de un diodo de potencia muy baja, típicamente 0.5 y 1.2 Volts, además de tener una fuga de corriente muy pequeña en sentido inverso.

Los diodos de potencia son de tres tipos: de uso general, de alta velocidad (o de recuperación rápida) y Schotky. Los diodos de uso general están disponibles hasta 3000 V, 3500 A, y la especificación de los diodos de recuperación rápida puede llegar hasta 3000 V, 1000 A. El tiempo de recuperación inversa varía entre 0.1 y 5 μ s. los diodos de recuperación rápida son esenciales para la interrupción de los convertidores de potencia a altas frecuencias. Los diodos Schottky tienen un voltaje bajo de estado activo y un tiempo de recuperación muy pequeño, típicamente en nanosegundos. La corriente de fuga aumenta con el voltaje y sus especificaciones a 100 V, 300 A.

En la *figura 1.2* aparecen varias configuraciones de diodos de uso general, mismos que se agrupan básicamente en dos grupos. Uno se conoce como de perno o montado en perno y el otro como de disco empacado a presión o de disco de hockey. En el de perno, tanto el ánodo como el cátodo podrían ser el perno.

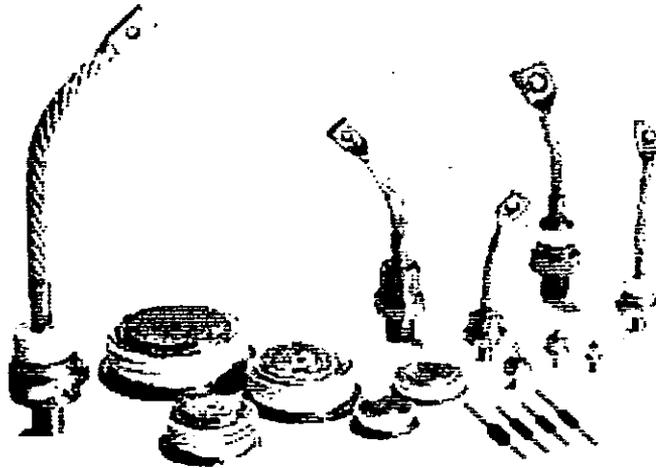


Figura 1.2. Varias configuraciones de diodos de uso general. (Cortesía de Powerex, Inc.).

2) Tiristores.- Un tiristor tiene tres terminales: un ánodo, un cátodo y una compuerta. Cuando una pequeña corriente pasa a través de la terminal de la compuerta hacia el cátodo, el tiristor conduce, siempre y cuando la terminal del ánodo esté a un potencial más alto que el cátodo (*tabla 1.2*). Una vez que el tiristor está en modo de conducción, el circuito de la compuerta no tiene ningún control y el tiristor continua conduciendo. Cuando un tiristor está en modo de conducción, la caída de potencial en directa es muy pequeña, típicamente 0.5 a 2 V. Un tiristor que conduce se puede desactivar haciendo que el potencial del ánodo sea igual o menor que el potencial del cátodo. Los tiristores conmutados en línea (SCR) se desactivan en razón de la naturaleza senoidal del voltaje de entrada, y los tiristores de conmutación en forma forzada (SCR) se desactivan mediante un circuito adicional conocido como circuitería de conmutación.

Los tiristores se pueden subdividir en ocho tipos:

- a) Tiristor conmutado por línea.
- b) Tiristor de conmutación forzada.
- c) Tiristor desactivado por compuerta (GTO).
- d) Tiristor de conducción inversa (RCT).
- e) Tiristor de conducción estático (SITH).
- f) Tiristor desactivado con asistencia de compuerta (GATT).
- g) Rectificador controlado de silicio fotoactivado (LASCR).
- h) Tiristores controlados por MOS (MCT).

En la *figura 1.3* se muestran varias formas de configuraciones de tiristores de control de fase (o de conmutación de línea): tipo perno, tipo disco de hockey, tipo plano, y tipo de aguja.

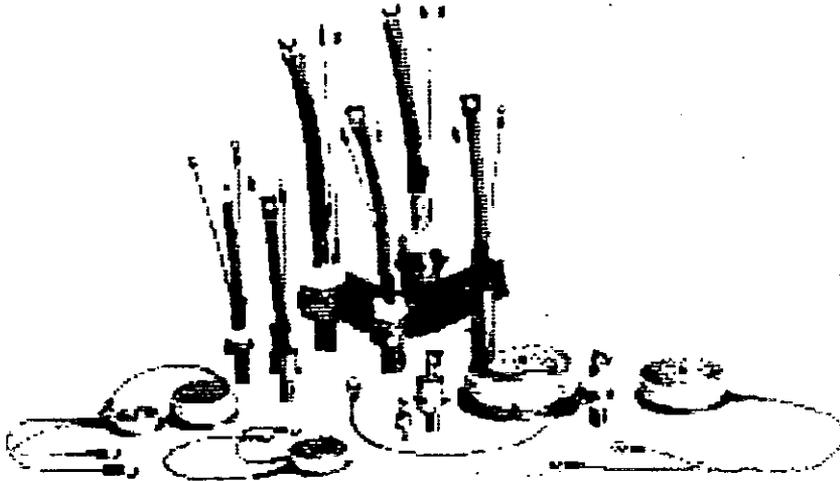


Figura 1.3. Varias configuraciones de tiristor. (Cortesía de powerex, Inc.).

Los tiristores naturales o conmutados en línea (SCR) están disponibles con especificaciones de hasta 6000 V, 3500 A. El tiempo de desactivación¹ de los tiristores de bloqueo inverso de alta velocidad ha mejorado en forma sustancial y es posible obtener de 10 a 20 μ s con un tiristor de 1200 V, 2000 A. Los RCT y los GATT se utilizan en gran medida para la interrupción de alta velocidad. Un RCT se puede considerar como un tiristor que incluye un diodo inverso en paralelo y están disponibles hasta 2500 V, 1000 A. (y 400 A de conducción inversa) con un tiempo de interrupción de 40 μ s. Los GATT están disponibles hasta 1200 V, 400 A, con una velocidad de

¹ El tiempo de desactivación se define como el intervalo de tiempo entre el instante en que la corriente principal se reduce a cero después de la interrupción externa del circuito de voltaje principal, y el instante en que el tiristor es capaz de aceptar un voltaje principal especificado sin activarse.

interrupción de $8\mu\text{s}$. Los GTO y los SITH son tiristores autodesactivados; se activan mediante la aplicación de un pulso breve positivo a las compuertas, y se desactivan mediante la aplicación de un pulso corto negativo a las mismas. No requieren de ningún tipo de circuito de conmutación. Los GTO resultan muy atractivos para la conmutación forzada de convertidores y están disponibles hasta 4000V, 3000 A. Los SITH, cuyas especificaciones pueden llegar tan alto como 1200 V, 300 A, se espera que puedan ser aplicados a convertidores de mediana potencia con una frecuencia de varios cientos de kilohertz y más allá del rango de frecuencia de los GTO, en la *figura 1.4* se muestran varias configuraciones de GTO. Un MCT se puede activar mediante un pequeño pulso de voltaje negativo sobre la compuerta MOS (respecto a su ánodo), y desactivar mediante un pulso pequeño de voltaje positivo: Es similar a un GTO, excepto en que la ganancia de desactivación es muy alta. Los MCT están disponibles hasta 1000 V, 100 A. Para aplicaciones de CA de baja potencia los TRIAC se utilizan ampliamente en todo tipo de controles sencillos de calor, de iluminación, de motor, así como de interruptores de CA. Las características de los TRIAC son similares a dos SCR conectados en inversoparalelo con una sola terminal de compuerta. El flujo de corriente a través de un TRIAC se puede controlar en cualquier dirección. Los LASCR, que se fabrican hasta 6000 V, 1500 A, con una velocidad de interrupción de $200\mu\text{s}$ a $400\mu\text{s}$, son adecuados para sistemas de energía de alto voltaje, especialmente en HVDC².

² Sistemas de corriente directa de alto voltaje (HVDC por sus siglas en inglés).



Figura 1.4. Tiristores desactivados por compuerta. (Cortesía de International Rectifiers).

3) Los transistores bipolares (BJT).- Son transistores de alta potencia, son comunes en los convertidores de energía a frecuencias menores de 10 kHz y su aplicación es eficaz en las especificaciones de potencia de hasta 1200 V, 400 A. Un transistor bipolar tiene tres terminales: base, emisor y colector. Por lo general, se opera en forma de interruptor en la configuración de emisor común. Mientras que la base de un transistor NPN esté a un potencial más alto que el emisor, y la corriente de base sea lo suficientemente grande para excitar al transistor en la región de saturación, el transistor se conservará activado, siempre que la unión del colector al emisor esté correctamente polarizada. La caída directa de un transistor en conducción está en el rango de 0.5 V a

1.5 V. Si el voltaje de excitación de la base es retirada, el transistor se conserva en modo de no conducción (es decir desactivado).

4) **MOSFET de potencia.**- Estos se utilizan en convertidores de potencia de alta velocidad y están disponibles en una especificación de relativamente poca potencia en rango de 1000 V, 50 A, en un rango de frecuencia de varias décadas de kilohertz. Los diferentes MOSFET de potencia de distintos tamaños aparecen en la *figura 1.5*.

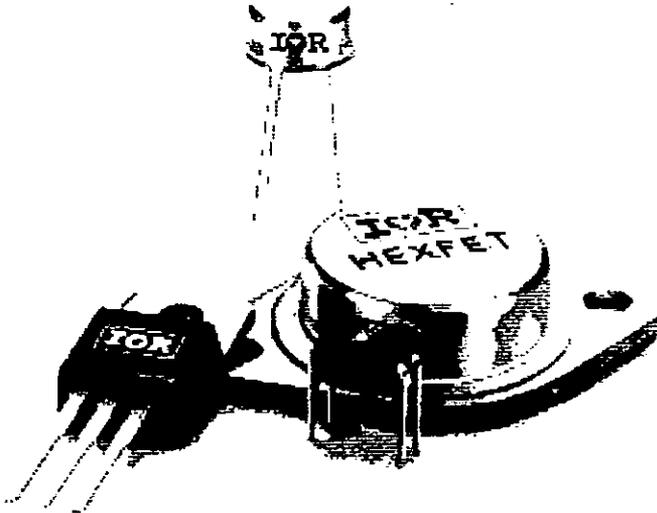


Figura 1.5. MOSFET de potencia. (Cortesía de International Rectifier).

5) Transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) y transistores de inducción estáticos (SIT).- Los IGBT son transistores de potencia controlados por voltaje. Por naturaleza son más rápidos que los BJT, pero aún no tan rápidos como los MOSFET. Sin embargo, ofrecen características de excitación y de salida muy superiores a los BJT. Los IGBT están disponibles hasta 1200 V, 400 A.

Un SIT es un dispositivo de alta potencia y de alta frecuencia. Es, en esencia, la versión en estado sólido del tubo de vacío triodo, y es similar a un JFET. Tiene una capacidad de potencia de bajo ruido, baja distorsión y alta frecuencia de audio. Los tiempos de activación y desactivación son muy cortos, típicamente de 0.25 μ s. La característica de normalmente activo y la alta caída de voltaje limitan sus aplicaciones para conversiones de energía de uso general. La especificación de uso de corriente de los SIT pueden ser hasta de 1200 V, 300 A, y la velocidad de interrupción puede ser tan alta como 100 kHz. Los SIT son adecuados para aplicaciones de alta potencia, alta frecuencia (es decir audio, UHF/VHF, y amplificadores de microondas).

Las especificaciones de los dispositivos semiconductores de potencia comercialmente disponibles aparecen en la *tabla 1.1*, donde el voltaje activo es la caída de voltaje de estado activo del dispositivo a la corriente especificada. En la *tabla 1.2* aparecen las características $v-i$ y los símbolos de los dispositivos semiconductores de potencia comúnmente utilizados.

TABLA 1.1 ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES DE POTENCIA.

	TIPO	Especificaciones de voltaje / corriente.	Alta frecuencia (Hz)	Tiempo de conmutación (μs).	Resistencia en estado activo (Ω).
Diodos	Uso general	5000 V/5000 A	1K	100	0.16m
	Alta velocidad	3000 V/1000 A	10K	2-5	1m
	Shchotky	40 V/60 A	20K	0.23	10m
Tiristores desactivados en forma	De bloqueo inverso	5000 V/5000 A	1K	200	0.25m
	Alta velocidad	1200 V/1500 A	10K	20	0.47m
forzada	Bloqueo inverso	2500 V/400 A	5K	40	2.16m
	Conducción inversa	2500 V/1000 A	5K	40	2.1m
	GATT	1200 V/400A	20K	8	2.24m
	Disparo lumínico	6000 V/1500 A	400	200-400	0.53m
TRIAC		1200 V/300 A	400	200-400	3.57m
Tiristores desactivados automáticamente	GTO.	4500 V/3000 A	10K	15	2.5m
	SITH	4000 V/2200 A	20K	6.5	5.75m
Transistores de potencia	Individual	400 V/250 A	20K	9	4m
		400 V/40 A	20K	6	31m
		630 V/50 A	25K	1.7	15m
	Darlington	1200 V/400 A	10K	30	10m
SIT		1200 V/300 A	100K	0.55	1.2
MOSFET de potencia	Individual	500 V/8.6 A	100K	0.7	0.6
		1000 V/4.7 A	100 K	0.9	2
		500 V/50 A	100K	0.6	0.4m
IGBT	Individual	1200 V/400 A*	20K	2.3	60m
MCT	Individual	600 V/60 A	20K	2.2	18m

* Actualmente se dispone de dispositivos de hasta 3300 V / 1200 A.

TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS Y SÍMBOLOS DE ALGUNOS DISPOSITIVOS DE POTENCIA.

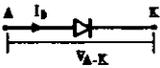
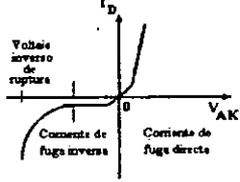
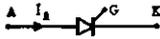
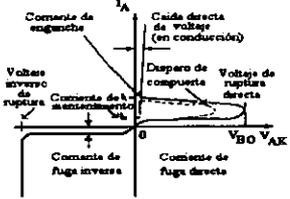
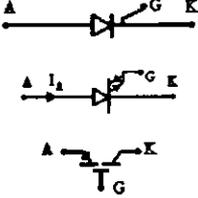
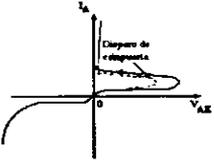
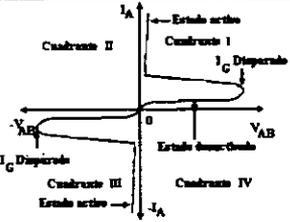
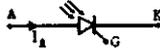
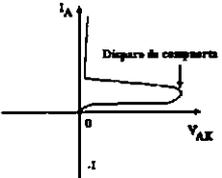
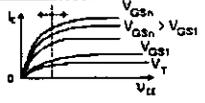
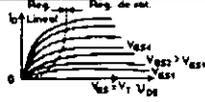
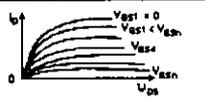
DISPOSITIVOS	SÍMBOLOS	CARACTERÍSTICAS
DIODO.		
TIRISTOR.		
SITH. GTO. MCT.		
TRIAC.		
LASCR.		

TABLA 1.2 CARACTERÍSTICAS Y SÍMBOLOS DE ALGUNOS DISPOSITIVOS DE POTENCIA. (CONTINUACIÓN).

<p>BJT (NPN).</p>		
<p>IGBT.</p>		
<p>MOSFET (CANAL N).</p>		
<p>SIT</p>		

En la *figura 1.6* se muestran las aplicaciones y los rangos de frecuencia de los dispositivos semiconductores de potencia. De acuerdo con lo expuesto anteriormente se busca obtener un dispositivo de potencia ideal, el cual debería: (1) tener un voltaje activo igual a cero, (2) soportar un voltaje fuera de conducción infinito, (3) manejar una corriente infinita, y (4) "activarse" y "desactivarse" en un tiempo cero, teniendo por lo tanto una velocidad de conmutación infinita.

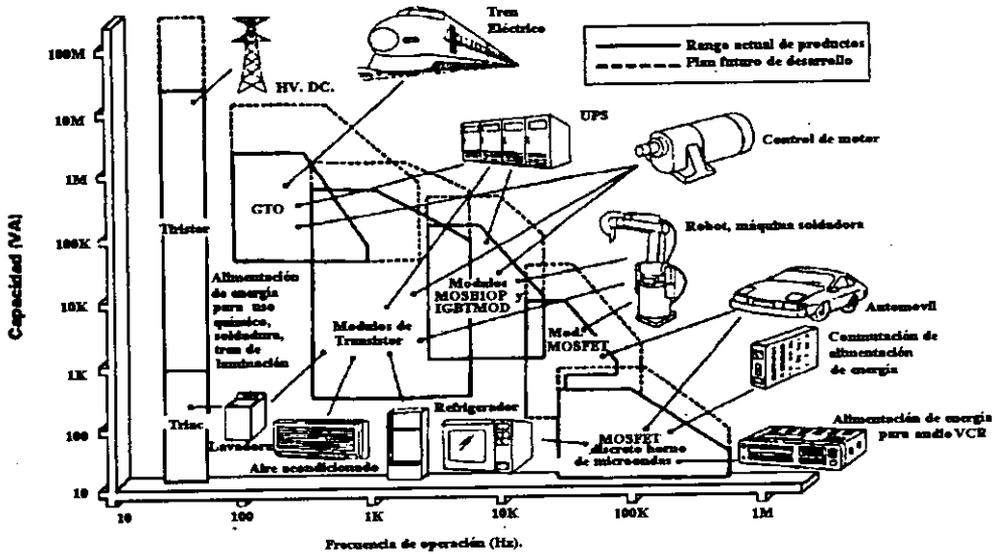


Figura 1.6. Aplicaciones de los dispositivos de potencia (Cortesía de Powerex, Inc.)

1.3.2. EL RECTIFICADOR



El rectificador es el circuito que convierte la señal de corriente alterna en una señal de corriente continua, y dicha señal de entrada puede ser monofásica o trifásica. De acuerdo con los dispositivos utilizados en su fabricación los rectificadores se pueden clasificar en:

- | | | |
|----------------|---|---|
| RECTIFICADORES | { | A) RECTIFICADORES NO CONTROLADOS (N.C.)
B) RECTIFICADORES SEMICONTROLADOS.
C) RECTIFICADORES CONTROLADOS (C). |
|----------------|---|---|

Por lo anterior podemos observar que el rectificador variará en función de cada sistema. En servicio normal esta en carga de flotación y recarga la batería, en algunos sistemas suministra la carga total o energía en vacío requerida por el sistema.

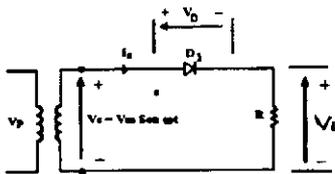
A) RECTIFICADORES NO CONTROLADOS.- Este tipo de rectificadores están formados exclusivamente por diodos. Estos permiten obtener una tensión continua o rectificada a partir de un conjunto de tensiones alternas. La relación entre el valor de la tensión continua y el de las tensiones alternas es sensiblemente constante. Además, los montajes son irreversibles, es decir, que sólo puede haber transferencia de energía del lado alterno al lado continuo.

Otro aspecto importante a considerar son los arreglos generados por el tipo de señal que se requiere a la salida del rectificador, esto nos da la pauta para tener una subclasificación de estos.

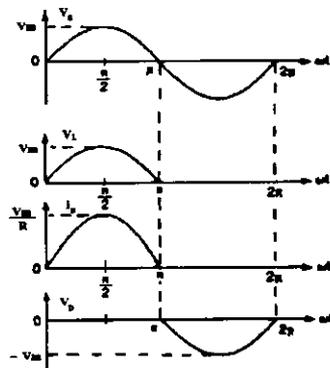
- | | | |
|-------------------------------------|---|--|
| RECTIFICADORES
NO
CONTROLADOS | { | I. De media onda monofásico.
II. De onda completa monofásico.
III. De media onda trifásico.
IV. De onda completa trifásico. |
|-------------------------------------|---|--|

En cada una de las subclasificaciones mencionadas se tienen diferentes tipos de arreglos que dependen del tipo de uso y servicio particular al que se asignará el circuito rectificador, es decir la potencia, la complejidad y la fiabilidad que se requiera en cada caso particular.

D) RECTIFICADOR N. C. DE MEDIA ONDA.- Los diodos se usan extensamente en los rectificadores. Un rectificador de media onda monofásico es el circuito más sencillo, pero no se utiliza normalmente en aplicaciones industriales, sin embargo, nos resultara útil para comprender el principio de los rectificadores. En la *figura 1.7a* aparece el diagrama del circuito con carga resistiva. Durante el medio ciclo positivo del voltaje de entrada, el diodo D_1 conduce y el voltaje de entrada aparece en la carga. Durante el medio ciclo negativo, el diodo esta en condición de bloqueo y el voltaje de salida es cero. Las formas de onda para los voltajes de entrada y de salida se muestran en la *figura 1.7b*.



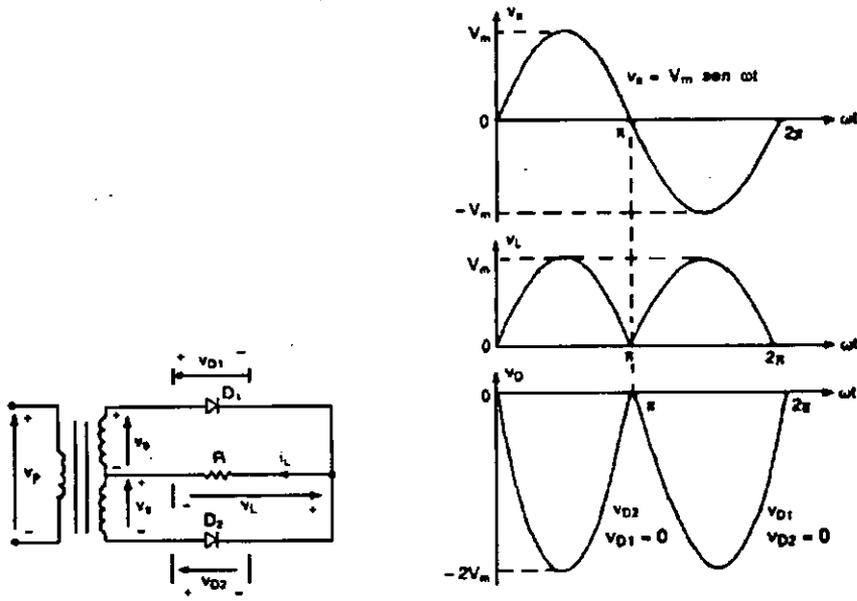
a) Diagrama de circuito



b) Formas de onda

Figura 1.7. Rectificador monofásico de media onda.

II) RECTIFICADORES N.C. DE ONDA COMPLETA MONOFÁSICA.- En la figura 1.8a aparece un circuito rectificador de onda completa con un transformador de derivación central. Cada mitad del transformador con un diodo asociado actúa como si fuera un rectificador de media onda. La salida de un rectificador de onda completa aparece en la figura 1.8b.



a) Diagrama de circuito

b) Formas de onda

Figura 1.8. Rectificador de onda completa con transformador con derivación central.

Por otro lado en vez de utilizar un transformador con toma central, podemos utilizar cuatro diodos, como se muestra en la *figura 1.9a*. Durante el medio ciclo positivo del voltaje de entrada, se suministra potencia a la carga a través de los diodos D_1 y D_2 . Durante el ciclo negativo, los diodos D_3 y D_4 conducirán. la forma de onda del voltaje de salida aparece en la *figura 1.9b* y es similar a la *figura 1.8b*. Este circuito se conoce como rectificador tipo puente, y es de uso común en aplicaciones industriales.

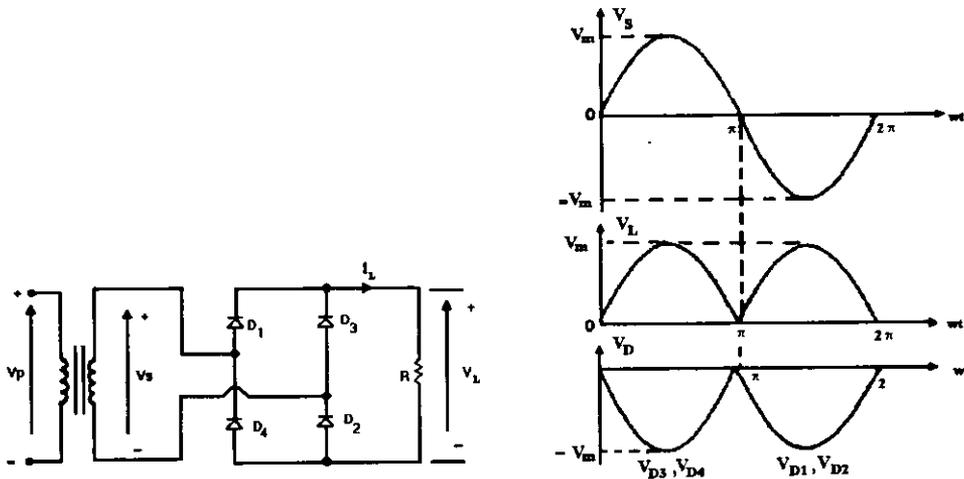


Figura 1.9. Rectificador puente de onda completa.

III) RECTIFICADOR N. C. DE ONDA COMPLETA TRIFÁSICO.- Un rectificador trifásico en puente como el que se muestra en la *figura 1.10* es de uso común en aplicaciones de alta energía.

de secuencia de conducción durante 120° . La secuencia de la conducción de los diodos es 12, 23, 34, 45, 56 y 61. El par de diodos conectados entre el par de líneas de alimentación que tengan la diferencia de potencial instantáneo más alto de línea a línea serán los que conduzcan. En una fuente conectada en estrella trifásica el voltaje de línea a línea es $\sqrt{3}$ veces el voltaje de fase. Las formas de onda y los tiempos de conducción de los diodos aparecen en la *figura 1.11*.

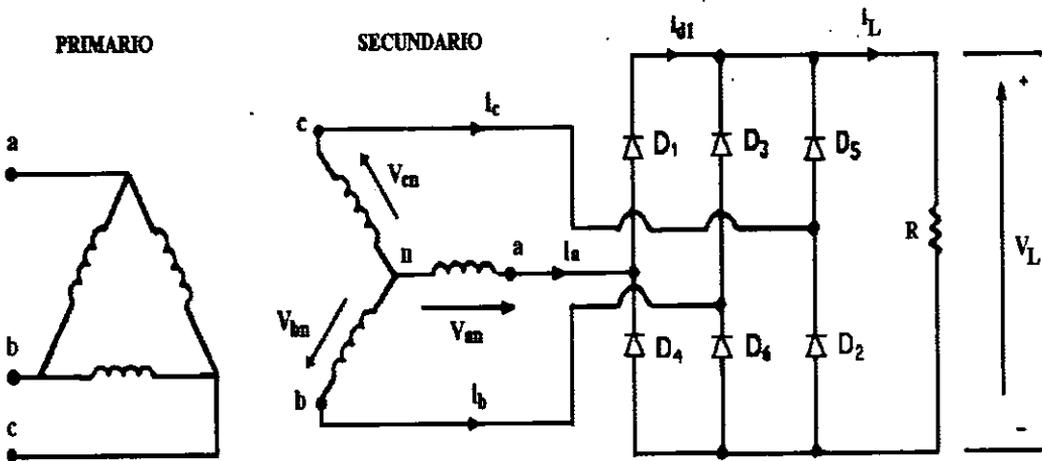


Figura 110. Rectificador puente trifásico.

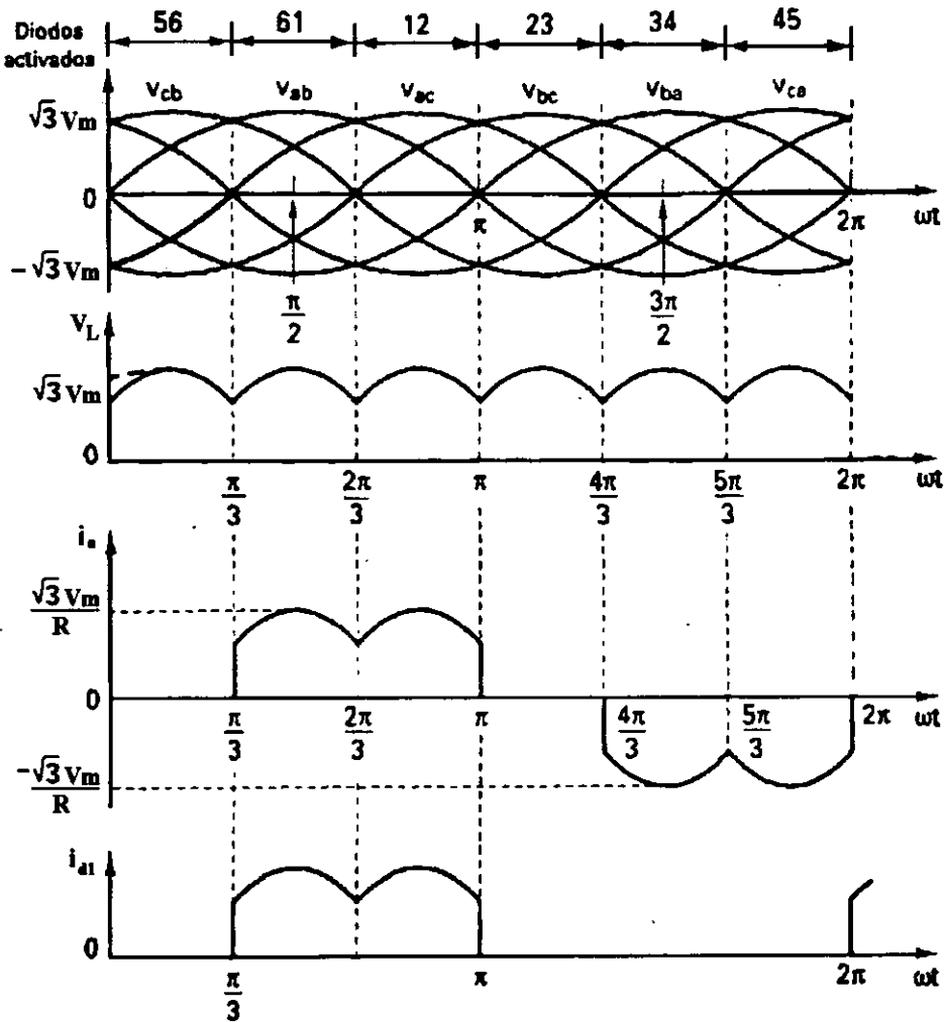


Figura 1.11. Formas de onda y tiempos de conducción de los diodos.

B) RECTIFICADORES CONTROLADOS.- En el caso de los diodos rectificadores sólo se suministran voltajes de salida fijos. Para obtener voltajes de salida controlados, se utilizan tiristores controlando el retraso o ángulo de disparo de los mismos. Un tiristor de control de fase se

activa aplicándole un pulso corto a su compuerta y se desactiva debido a la conmutación natural o de línea. Estos rectificadores controlados por fase son sencillos y menos costosos y, en general, su eficiencia es superior al 95%. Dado que estos rectificadores controlados convierten CA en CD, se conocen también como convertidores³ CA - CD y se utilizan en forma extensa en aplicaciones industriales ya que pueden ser monofásicos o trifásicos. Cada tipo se puede subdividir en:

RECTIFICADORES CONTROLADOS	}	I. Semiconvertidores. II. Convertidores completos. III. Convertidores duales.
-------------------------------	---	---

En algunas aplicaciones, los rectificadores se conectan en serie, a fin de que operen a voltajes más altos y para mejorar el factor de potencia de entrada.

I) SEMICONVERTIDORES.- Un semiconvertidor o semirectificador es un convertidor formado por diodos y tiristores, cuyo circuito trabaja en un cuadrante y tiene una misma polaridad de voltaje y de corriente de salida. Existen diversos tipos de semiconvertidores:

Monofásicos.- Estos son de uso común en aplicaciones hasta de 15 Kw, donde la operación en un cuadrante todavía es aceptable (*fig. 1.12*).

Trifásicos.- Estos se utilizan en aplicaciones industriales hasta el nivel de 120 Kw, en los que se requiere de una operación de un cuadrante. Conforme aumenta el ángulo de retraso se reduce el factor de potencia de este convertidor, aunque es mejor que el de los convertidores trifásicos de media onda.

³ Para fines prácticos, a lo largo de todo el trabajo se utilizarán ambos terminos (convertidor o rectificador).

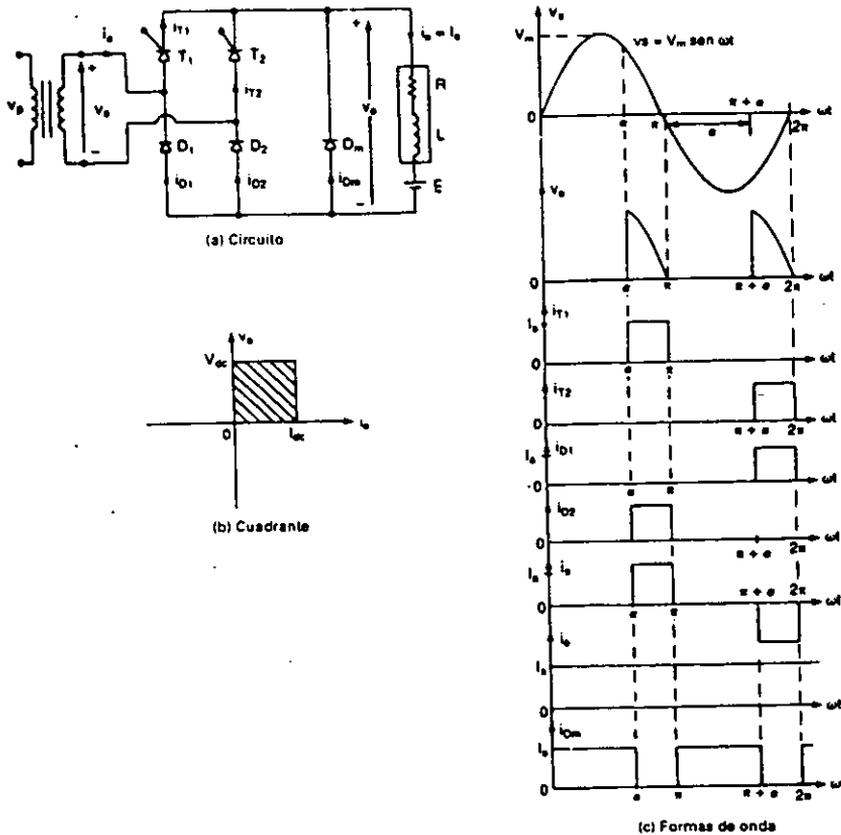


Figura 1.12. Semiconvertidor monofásico.

II) CONVERTIDORES COMPLETOS.- Un convertidor completo es un rectificador de dos cuadrantes, la polaridad de su voltaje de salida puede ser positiva o negativa. Sin embargo, la

corriente de salida del convertidor completo sólo puede tener una polaridad. La palabra completo se debe a que el circuito esta compuesto en su totalidad de tiristores y se pueden subdividir en:

- | | | |
|--|---|--|
| RECTIFICADORES
CONTROLADOS
COMPLETOS | } | <ul style="list-style-type: none"> a) Convertidores de media onda monofásicos. b) Convertidores de onda completa monofásicos. c) Convertidores de media onda trifásicos. d) Convertidores de onda completa trifásicos. |
|--|---|--|

a) RECTIFICADOR C. DE MEDIA ONDA MONOFÁSICO.- Consideremos el circuito de la *figura 1.13a*, con carga resistiva. Durante el medio ciclo positivo del voltaje de entrada, el ánodo del tiristor (SCR) es positivo con respecto al cátodo por lo que se dice que el tiristor tiene polarización directa. Cuando el T_1 se dispara, en $\omega t = \pi$, el ánodo del tiristor empieza a hacerse negativo con respecto al cátodo y se dice que el tiristor tiene polarización inversa; por lo que se desactiva. El tiempo desde que el voltaje de entrada empieza a hacerse positivo hasta que se dispara el tiristor en $\omega t = \alpha$, se llama ángulo de retraso o de disparo α .

La *figura 1.13b* muestra la región de operación del convertidor, donde el voltaje y la corriente de salida tienen una sola polaridad. La *figura 1.13c* muestra las formas de onda de los voltajes de entrada y de salida, así como de las corrientes de carga y del voltaje a través de T_1 . Por lo general, este convertidor no se utiliza en aplicaciones industriales porque tiene un alto contenido de componentes ondulatorias de baja frecuencia; sin embargo se tomó como referencia para ilustrar el principio de operación de los circuitos rectificadores controlados en fase.

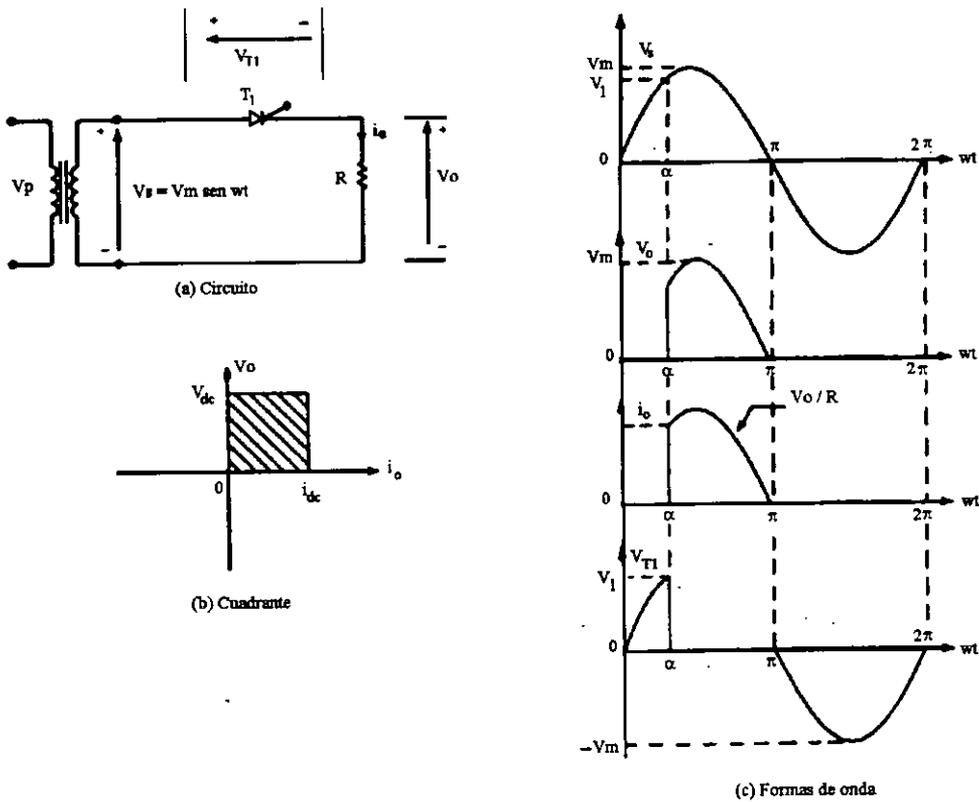


Figura 1.13. Convertidor monofásico con carga resistiva.

b) RECTIFICADOR C. DE ONDA COMPLETA MONOFÁSICO.- El arreglo del circuito de un rectificador de este tipo se muestra en la *figura 1.14a* con una carga altamente inductiva, de tal forma que la corriente de carga es continua y libre de componentes ondulatorias. Durante el medio ciclo positivo, los tiristores T_1 y T_2 tienen polarización directa; cuando en $wt = \alpha$ estos dos tiristores se disparan simultáneamente, la carga se conecta a través de T_1 y T_2 . Debido a la carga inductiva los tiristores T_1 y T_2 seguirán conduciendo más allá de $wt = \pi$, aún cuando el voltaje de entrada sea negativo. Durante el medio ciclo negativo del voltaje de entrada, los tiristores T_3 y T_4 tienen una

polarización directa; el disparo de los tiristores T_3 y T_4 aplicará el voltaje de alimentación a través de los tiristores T_1 y T_2 como un voltaje de bloqueo inverso. Debido a la conmutación natural o de línea, T_1 y T_2 se desactivarán y la corriente de carga será transferida de T_1 y T_2 a T_3 y T_4 . En la figura 1.14b se muestran las regiones de operación del convertidor y en la figura 1.14c aparecen las formas de onda para el voltaje de entrada, el voltaje de salida y las corrientes de entrada y salida.

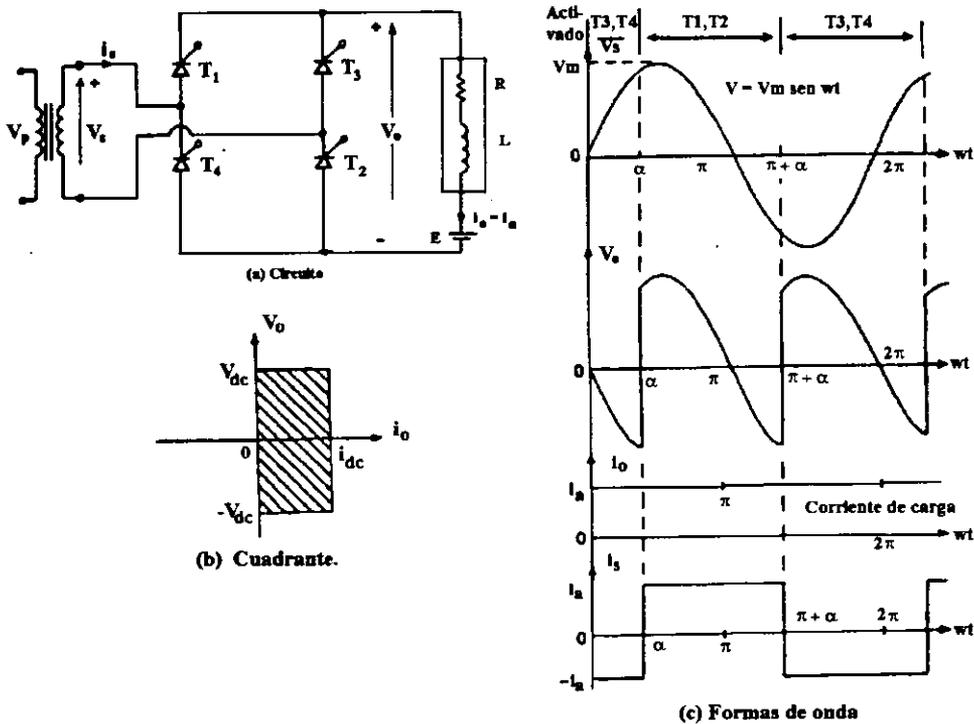


Figura 1.14. Convertidor monofásico de onda completa.

Durante el período que va desde α hasta π , el voltaje de entrada v_s y la corriente de entrada i_s son positivos; la potencia fluye de la alimentación a la carga. Se dice que el convertidor se opera en modo de rectificación. Durante el período de π hasta $\pi + \alpha$, el voltaje de entrada v_s es negativo y la corriente de entrada i_s es positiva; existiendo un flujo inverso de potencia, de la carga hacia la alimentación. Se dice que el convertidor opera en modo de inversión. Este convertidor es de uso extenso en aplicaciones industriales hasta 15 Kw. Dependiendo del valor de α , el voltaje promedio de salida puede resultar positivo o negativo y permite la operación en dos cuadrantes.

En el caso de las aplicaciones en alto voltaje, se pueden conectar dos o más convertidores en serie para compartir el voltaje y mejorar el factor de potencia.

b) RECTIFICADOR C. DE MEDIA ONDA TRIFÁSICO.- Los convertidores trifásicos suministran un voltaje de salida más alto, y además la frecuencia de las componentes ondulatorias del voltaje de salida es mayor en comparación con los convertidores monofásicos. Como consecuencia, los requisitos de filtrado para suavizar la corriente y el voltaje de carga son más sencillos. Se pueden conectar tres convertidores monofásicos de media onda de la *figura 1.13a*, similar a un convertidor trifásico de media onda, como se muestra en la *figura 1.15*. Normalmente no se utiliza en sistemas prácticos este convertidor, por que las componentes de alimentación contienen componentes de CD.

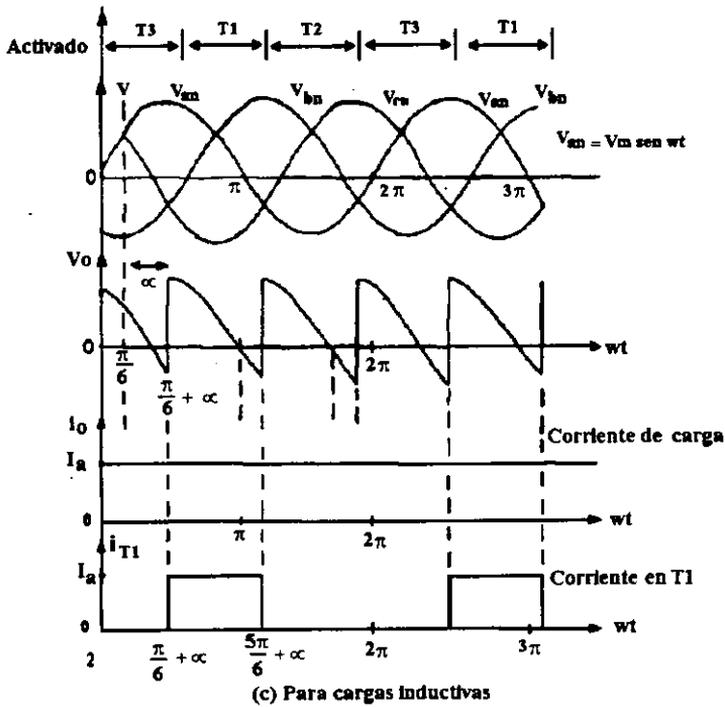
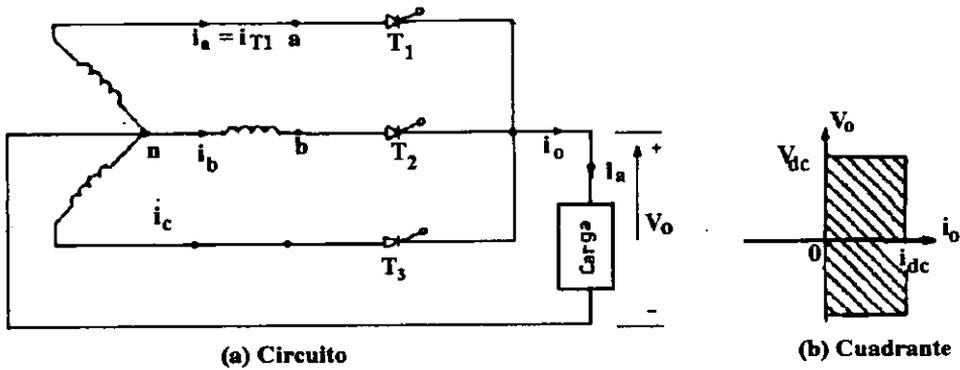
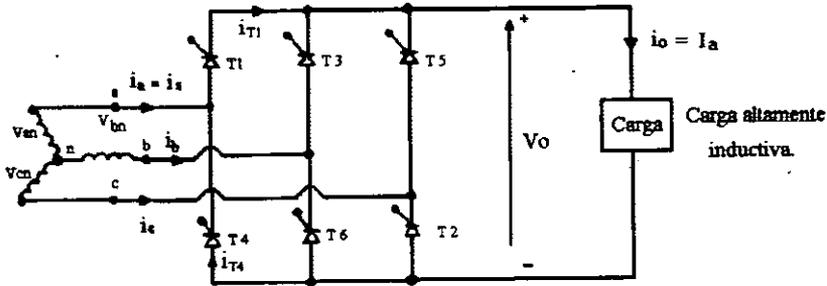


Figura 1.15. Convertidor trifásico de media onda.

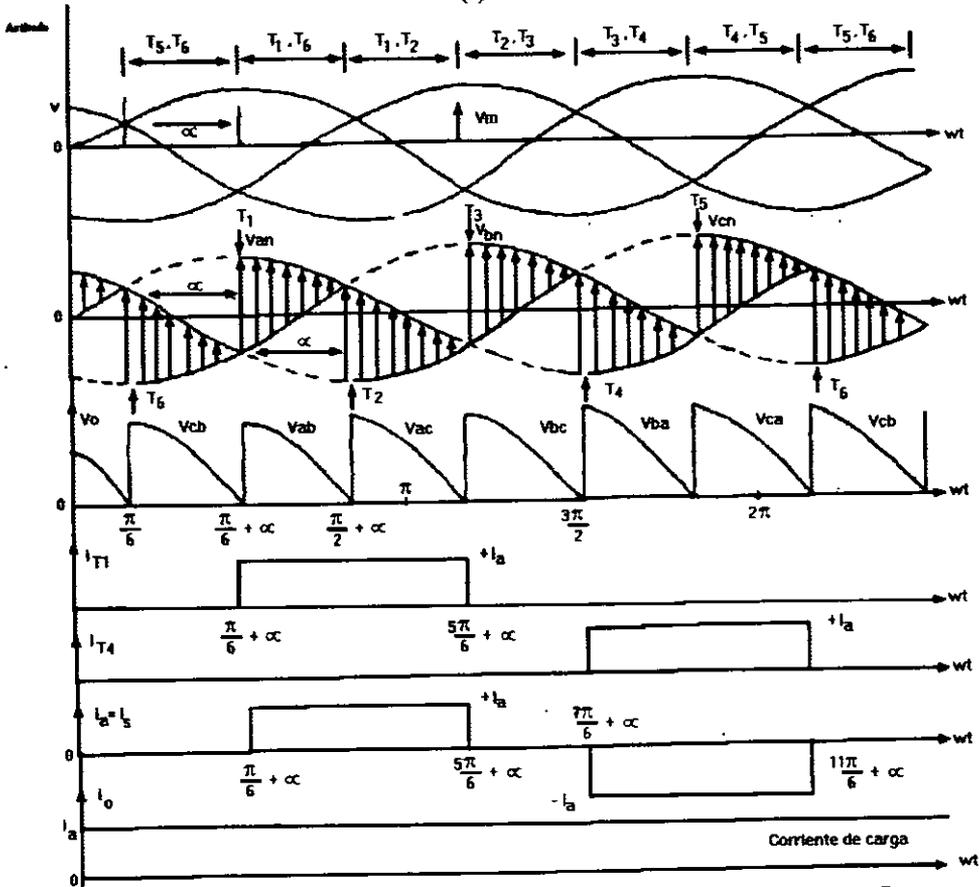
c) RECTIFICADOR C. DE ONDA COMPLETA TRIFÁSICO.- Los convertidores trifásicos se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales hasta el nivel de 220 Kw, en las que se requiere de

una operación en dos cuadrantes. En la *figura 1.16a* se muestra el circuito, con una carga inductiva alta. Este circuito se conoce como puente trifásico. Los tiristores se disparan a intervalos de $\frac{\pi}{3}$. La frecuencia del voltaje de la componente ondulatoria de salida es $6f_s$, siendo la necesidad de filtraje menor que la de los semiconvertidores trifásicos y de media onda. En $\omega t = \frac{\pi}{6} + \alpha$, el tiristor T_6 ya conduce y el tiristor T_1 se activa. Durante el intervalo $(\frac{\pi}{6} + \alpha) \leq \omega t \leq (\frac{\pi}{2} + \alpha)$ conducen los tiristores T_1 y T_6 y a través de la carga aparece el voltaje de línea a línea $V_{ab} = (V_{an} - V_{bn})$. En $\omega t = \frac{\pi}{2} + \alpha$, el tiristor T_2 se dispara y el tiristor T_6 de inmediato invierte su polaridad. T_6 se desactiva debido a la conmutación natural. Durante el intervalo $(\frac{\pi}{2} + \alpha) \leq \omega t \leq (\frac{5\pi}{6} + \alpha)$, los tiristores T_1 y T_2 conducen y el voltaje de línea a línea, V_{ca} aparece a través de la carga. Si los tiristores se numeran tal y como se muestran en la *figura 1.16a*, la secuencia de disparo es 12, 23, 34, 45, 56, 61. En la *figura 1.16b* aparecen las formas de onda para el voltaje de entrada, para el voltaje de salida, para la corriente de entrada y las corrientes a través de los tiristores.

En la *figura 1.16b* se muestran las formas de onda para $\alpha = \frac{\pi}{3}$. Para $\alpha > \frac{\pi}{3}$, el voltaje instantáneo de salida V_o tendrá una parte negativa. Dado que la corriente a través de los tiristores no puede ser negativa, la corriente de carga será siempre positiva. Por lo tanto, en el caso de una carga resistiva, el voltaje de carga instantáneo no puede ser negativo, el convertidor completo se comportará como un semiconvertidor. Un puente trifásico origina un voltaje de salida de seis pulsos.



(a) Circuito.

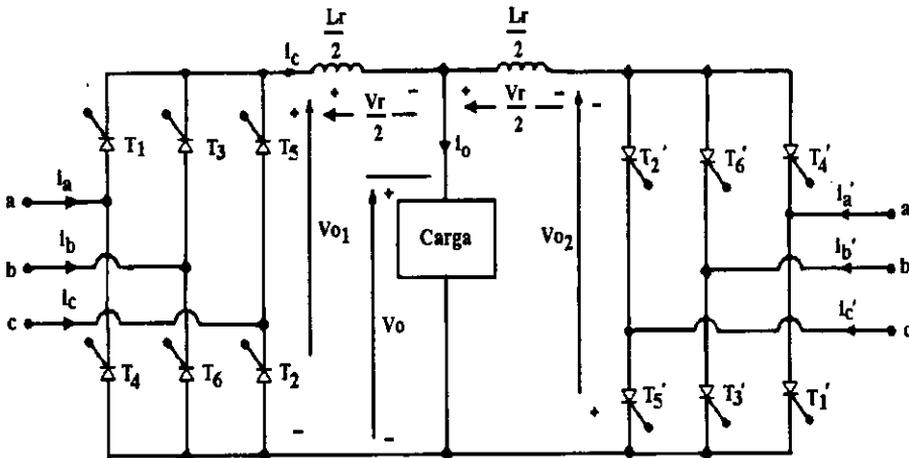


(b) Formas de onda.

$\alpha = \pi f_j$

Figura 1.16. Convertidor trifásico de onda completa.

III) CONVERTIDORES DUALES.- En muchas cargas se requiere normalmente una operación en los cuatro cuadrantes, y en aplicaciones hasta el nivel de los 2000 Kw se utilizan en forma extensa convertidores trifásicos duales. En la figura 1.17 se muestra un convertidor trifásico dual, en el cual dos convertidores trifásicos de onda completa están conectados espalda con espalda. La operación de cada convertidor es idéntica a la de un convertidor trifásico completo. Durante el intervalo $(\frac{\pi}{6} + \alpha_1) \leq \omega t \leq (\frac{\pi}{2} + \alpha_1)$, el voltaje de línea a línea V_{ab} aparece a través de la salida del convertidor 1 y V_{bc} aparece a través del convertidor 2.



(a) Circuito.

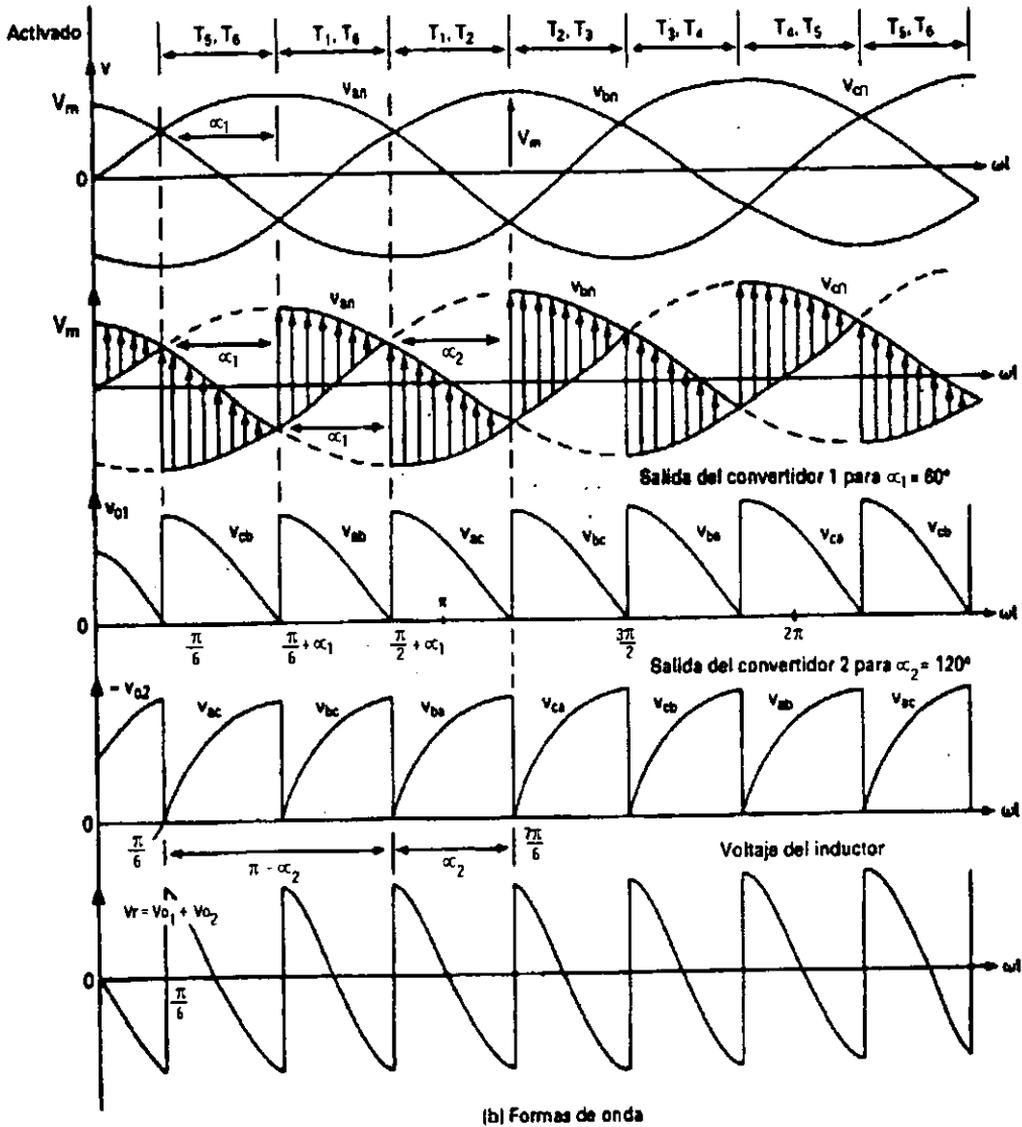


Figura 1.17. Convertidor trifásico dual.

1.3.3. LA BATERÍA.



La batería es un sistema que recibe energía en forma eléctrica, la almacena en forma química y la suministra en forma eléctrica. Para tal efecto dicho sistema utiliza una sustancia química llamada electrólito.

Un banco de baterías, en el caso específico del presente trabajo, es un conjunto de celdas en serie el cual suministra la energía necesaria que requiere una carga durante los periodos en que el suministro de la red eléctrica falla e incluso puede ser diseñado para actuar como un "compensador" durante periodos en que la señal de la red eléctrica se ve alterada en sus componentes. Por lo anterior podemos deducir que un banco de baterías puede alimentar directamente cargas de CD o cargas de CA a través de un inversor.

Los bancos de baterías⁴ son elementos recargables, es decir, que después de descargarse puede restituirse su carga mediante una corriente eléctrica que circula en dirección opuesta a la de la corriente producida cuando dicho banco se descarga. Y la tensión nominal de la batería viene dada por la suma de las tensiones en cada una de las celdas.

En general, cada batería esta compuesta por un recipiente, placas, separadores y el electrólito. De acuerdo con la sustancia electrolítica y del material de que son fabricadas las placas existen diferentes tipos de baterías:

- a) Baterías de tipo ácido.
- b) Baterías de tipo alcalino.

⁴ Por fines prácticos en el caso específico del presente trabajo, manejaremos el término antes citado; sin embargo, debemos tomar en cuenta las definiciones proporcionadas por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 Relativa a las Instalaciones Destinadas al Suministro y Uso de la Energía Eléctrica en su artículo 480-2 referente a los Acumuladores.

a) **Baterías de tipo ácido.**- Una batería de tipo ácido es un dispositivo cuyo envase puede ser de poliestireno transparente o de vidrio, que ofrece la ventaja de permitir la inspección visual de los elementos internos. Dentro del recipiente se localizan las placas activas, el electrolito y los separadores. Actualmente los fabricantes de equipo industrial y especialmente los que fabrican fuentes de energía ininterrumpible (UPS) están utilizando recipientes totalmente sellados y libres de mantenimiento.

Comercialmente este tipo de baterías son conocidas como celdas de Plomo - Ácido debido a sus componentes. Es decir que es un dispositivo que utiliza como electrolito una solución acuosa de Ácido Sulfúrico, los electrodos o placas positivas están formadas por Dióxido de Plomo (PbO_2) esponjoso teniendo la particularidad de ser una placa multitubular, formada por una hilera de tubos fabricados con malla de fibra de vidrio trenzada, dentro de los cuales se introduce una varilla de aleación de Plomo. Al unir los tubos en su parte superior queda formada la placa. Este método tiene la ventaja de producir mayor energía por unidad de peso y además evita la sedimentación del material activo, por lo que llega a tener una duración de hasta 20 años.

Los electrodos o placas negativas son planas y están formadas por Plomo puro. Por otro lado los separadores son los elementos aislantes que mantienen separadas las placas positivas de las negativas. Son láminas ranuradas, fabricadas de hule microporoso para permitir la circulación del electrolito, sin que éste afecte químicamente al electrolito o a los electrodos.

En la parte superior de la batería hay un orificio con tapón, mediante el cual es posible comprobar el nivel del electrolito, así como para agregar agua destilada cuando sea necesario para restituir el nivel del electrolito. El tapón generalmente tiene un orificio de ventilación para que puedan escapar los gases (*fig. 1.18*).

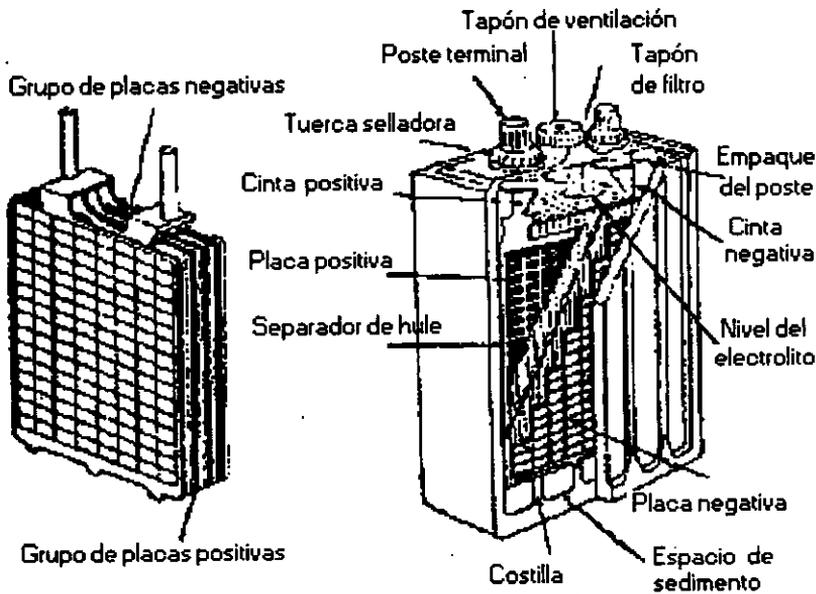
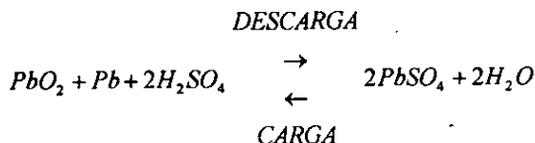


Figura 1.18. Estructura interior de una batería de tipo ácido.

La operación de una celda de tipo ácido se da de la siguiente manera:

Cuando una celda está completamente cargada, en la placa positiva hay Dióxido de Plomo y en la negativa solamente Plomo. Ambas placas están bañadas por el electrolito. Al cerrarse el circuito exterior de la batería, comienza la liberación de energía eléctrica almacenada, y el Radical Sulfato (SO_4) del electrolito se combina con el plomo contenido en las placas, transformándose en Sulfato de Plomo y diluyéndose el electrolito.

Cuando se invierte el circuito de nuevo comienza a cargarse la celda, ésta absorbe energía eléctrica, restituye el radical SO_4 al electrolito y regresa al estado original como se ilustra a continuación:



Durante el proceso de carga la densidad crece en proporción a la carga. Esto es una ventaja sobre las baterías de tipo alcalino de las que, por métodos físicos no se puede conocer su estado de carga. Por lo anterior, este tipo de batería es el más utilizado en suministros de energía auxiliar ya que está diseñado y construido para larga vida, óptima confiabilidad y bajo costo en comparación con el resto de baterías disponibles comercialmente.

b) Batería de tipo alcalino.- La descripción es prácticamente igual que las de tipo ácido, por lo cual describiremos a continuación las diferencias existentes entre una y otra.

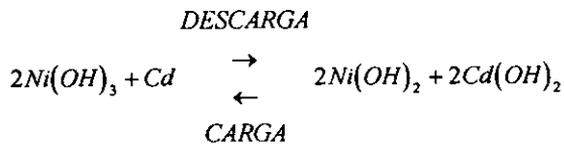
Una batería alcalina es un dispositivo que utiliza como electrolito una solución alcalina ya sea Hidróxido de Potasio o de Sodio; la placa positiva está formada por una hilera de tubos de malla de acero, que contiene Hidróxido de Níquel; la placa negativa es igual a la positiva, pero rellena de Óxido de Cadmio, el cual se reduce a Cadmio Metálico durante el proceso de carga. Por las características mencionadas anteriormente a este tipo de baterías se les conoce como baterías Níquel- Cadmio.

Los recipientes de estas baterías son de acero niquelado y las placas positivas y negativas están soldadas o roscadas a gruesas barras ómnibus de acero. Los grupos de placas se disponen de tal manera que estas, colocadas alternadamente, están separadas por varillas delgadas de plástico (fig. 1.19).

Durante los 25 años, en promedio, que dura la vida de estas baterías se hace necesario cambiar el electrolito unas tres veces, debido al envejecimiento que se produce por el Dióxido de Carbono de la atmósfera. Cada cambio completo del mismo es un proceso que tiene una duración de unas 50 horas.

La operación de una celda de tipo alcalino se da de la siguiente manera:

El sistema almacena energía química durante la carga y devuelve esta energía química en forma de energía eléctrica durante la descarga.



Como se observa, el electrolito no interviene en la reacción, sino únicamente como conductor de iones, lo cual demuestra que el estado del electrolito no es un indicador del estado de la batería, aunque sí de su vejez. Una de las características más importantes de estos acumuladores,

es que la reversibilidad de la reacción no se ve alterada ni aún en el caso de condiciones ambientales muy adversas.

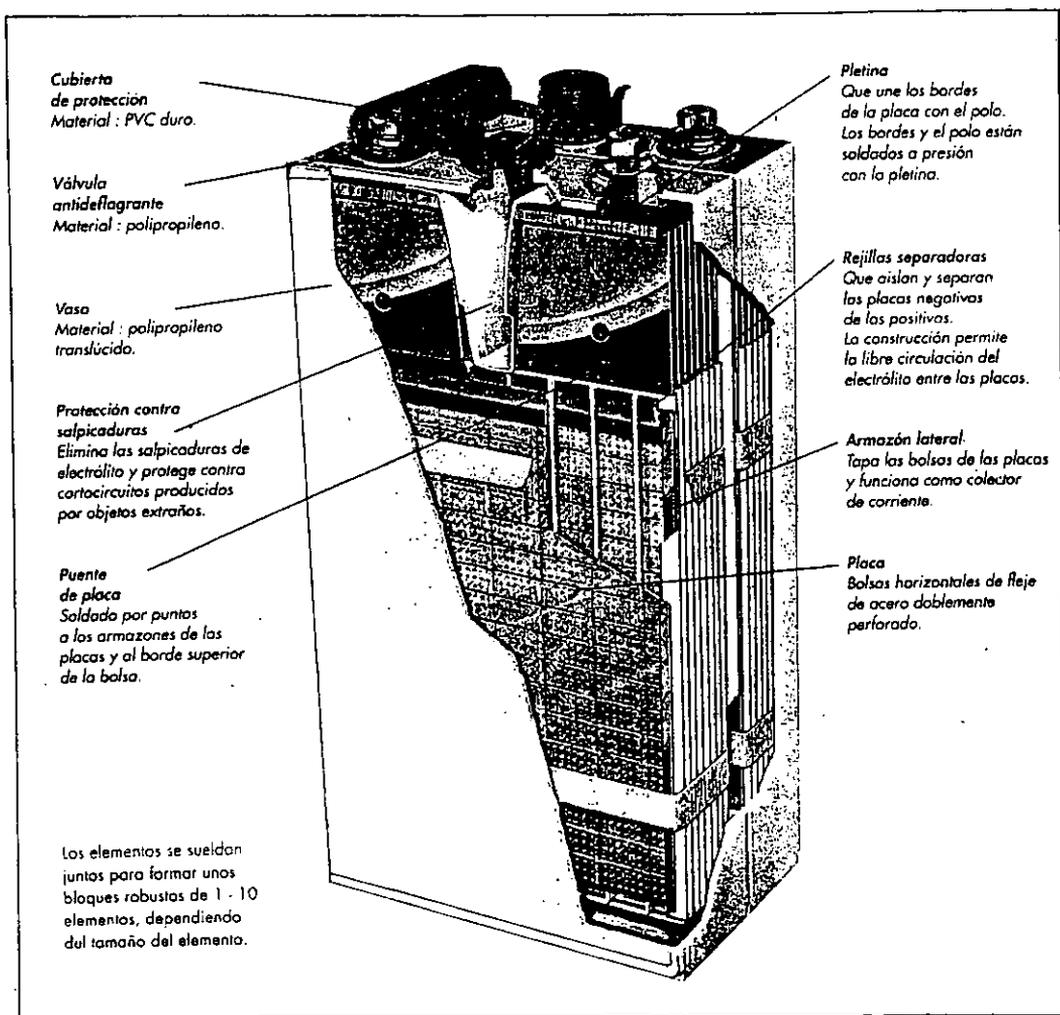


Figura 1.19. Acumulador alcalino de Níquel - Cadmio.

c) Comparación entre las características de una batería ácida y una alcalina.- La temperatura afecta por igual a los dos tipos de baterías, ya que influye en la reacción química respectiva. Ambas disminuyen su capacidad al disminuir la temperatura, pero cuando se opera temperaturas inferiores a 0° C. la batería alcalina es la más adecuada (tabla 1.3).

TABLA 1.3. TABLA COMPARATIVA DE LAS BATERÍAS DE ACUMULADORES.

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

En lo que respecta a los gases, el Hidrógeno que se produce en las baterías ácidas obliga a instalar estas en lugares bien ventilados. En el caso de las baterías alcalinas el desprendimiento de gases durante la descarga es nulo y en la carga es virtualmente nulo también.

Almacenamiento. Las celdas de tipo ácido se pueden almacenar sin el electrolito por tiempo indefinido. Una vez que se han humedecido, ya no deben permanecer sin estar en flotación. Las baterías alcalinas pueden almacenarse en cualquier estado de carga y durante tiempo indefinido sin peligro de sufrir algún deterioro.

La resistencia a la vibración y al choque de la batería ácida es limitada debido a la sedimentación existente. En el caso de la batería alcalina es capaz de soportar choques de hasta 50 G. y vibraciones elevadas.

El costo de ambas baterías es bajo debido que ambas tienen un período de vida largo y los costos de mantenimiento son bajos aunque las baterías Cadmio - Níquel tienen la ventaja de ser más pequeñas y menos pesadas que las baterías convencionales bajo condiciones de gran intensidad de descarga.

1.3.4. EL INVERSOR.



El inversor es un dispositivo que tiene la función de convertir la energía de CD a energía de CA con la tolerancia requerida de voltaje, frecuencia y forma de onda. El uso de los inversores es muy común en aplicaciones industriales tales como la propulsión de motores de CA.

de velocidad variable, la calefacción por inducción, las fuentes de respaldo y las de poder, alimentaciones ininterrumpibles de potencia (UPS), etc. La entrada puede ser una batería, una celda de combustible, una celda solar u otra fuente de CD. Las salidas monofásicas típicas son:

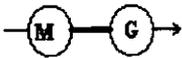
- 1) 120V a 60 Hz.
- 2) 220V a 50 Hz.
- 3) 115V a 400 Hz.

Para sistemas trifásicos de alta potencia, las salidas típicas son:

- 1) 220/380V a 50 Hz.
- 2) 120/208V a 60 Hz.
- 3) 115/200V a 400 Hz.

Para tal efecto se utilizan inversores estáticos o giratorios.

1.3.4.1 EL INVERSOR GIRATORIO.



El inversor o convertidor giratorio consiste de un motor de CD directamente acoplado a un generador de CA con un equipo de control apropiado.

Puede también tomar la forma de un motor de CA moviendo al generador de CA en donde difieren la carga y el voltaje de la red eléctrica.

Un convertidor de este tipo no es generalmente práctico en sistemas pequeños ya que los convertidores de menor capacidad son generalmente más costosos. En lo que se refiere a los

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

Ventajas del convertidor giratorio:

- 1.- Robusto y simple en construcción con fiabilidad inherente.
- 2.- Capaz de proporcionar al instante altas corrientes de corto circuito con fusibles independientes exclusivos en circuitos de carga defectuosos.
- 3.- Costo de capital bajo en grandes instalaciones (la diferencia de precios entre el costo del equipo de un sistema sin interrupción estático equivalente y un sistema giratorio está dada en una relación de 1:2).

1.3.4.2 EL INVERSOR ESTÁTICO.

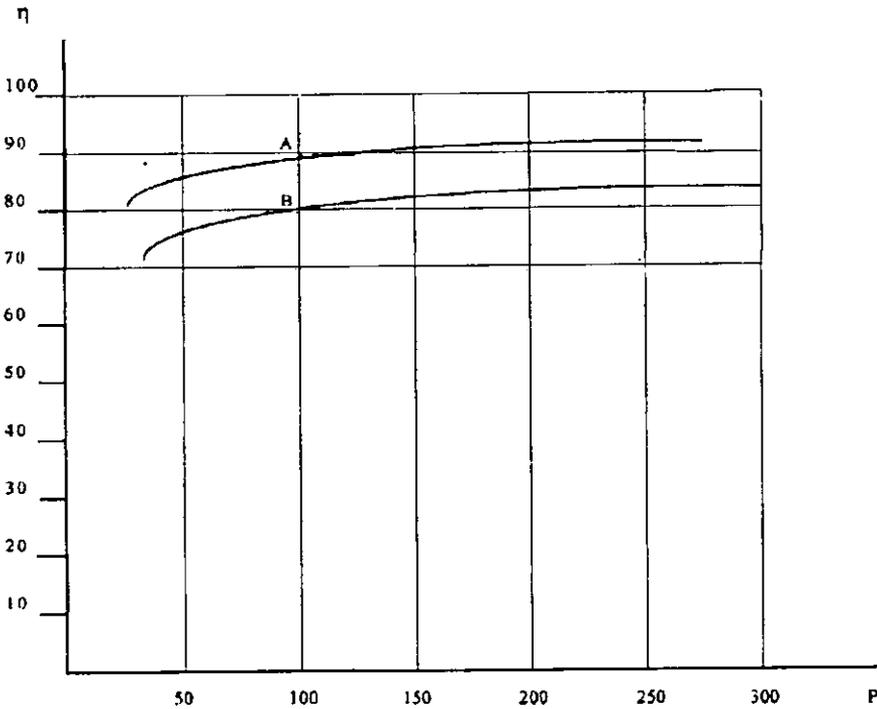


El inversor estático no tiene partes en movimiento y consiste en componentes semiconductores. Este es generalmente más costoso que un convertidor giratorio equivalente.

Los inversores estáticos provistos de válvulas de semiconductores, sobre todo tiristores y transistores, se fabrican para potencias de hasta 1000 KVA aproximadamente y ofrecen considerables ventajas frente los inversores con elementos de maniobra mecánicos: inmediata disponibilidad de servicio; ausencia de desgastes mecánicos; gran estabilidad de la tensión y la frecuencia de salida; alto grado de insensibilidad frente a las vibraciones.

Ventajas del inversor estático:

- 1.- Altamente eficiente como el convertidor giratorio (fig. 1.20).
- 2.- Muy bajo nivel de ruido.
- 3.- La inspección periódica y el mantenimiento requerido son mínimos.
- 4.- Instalación simple, sin necesidad de base especial.



η - Eficiencia total con 100% de carga

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

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

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

Figura 1.20. Curvas de eficiencia típicas para sistemas sin interrupción estáticos equivalentes giratorios.

Este tipo de inversores se utilizan principalmente en las instalaciones auxiliares de abastecimiento de energía o receptores importantes de corriente alterna, especialmente en hospitales, sistemas de telecomunicación y de elaboración de datos.

Los inversores se pueden clasificar básicamente en dos tipos (1) inversores monofásicos y (2) inversores trifásicos. Cada tipo puede utilizar dispositivos con activación y desactivación controlada (es decir BJT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) o tiristores de conmutación forzada, según la aplicación. Estos inversores utilizan, actualmente, por lo general señales de control PWM (modulación por ancho de pulso), para producir un voltaje de salida variable a través de la variación de la ganancia del inversor, la cual se puede definir como la relación entre el voltaje de salida en CA y el voltaje de entrada en CD. Un inversor se llama inversor alimentado por voltaje (VFI) si el voltaje de entrada se conserva constante; inversor alimentado por corriente (CFI) si la corriente de entrada se conserva constante; e inversor enlazado en CD variable si el voltaje de entrada es controlable.

En muchas aplicaciones industriales es necesario controlar el voltaje de salida de los inversores:

- 1.- Para hacer frente a las variaciones de entrada de CD.
- 2.- Para la regulación del voltaje de los inversores y
- 3.- Para los requisitos del control constante del voltaje y la frecuencia.

Existen varias técnicas para modificar la ganancia del inversor. El método más eficiente de hacerlo es incorporar en los inversores el control de modulación del ancho de pulso (PWM) Las técnicas comúnmente utilizadas para tal efecto son:

- 1.- Modulación de un sólo ancho de pulso.

- 2.- Modulación de varios anchos de pulso.
- 3.- Modulación senoidal del ancho de pulso.
- 4.- Modulación senoidal modificada del ancho de pulso.
- 5.- Control por desplazamiento de fase.

Los inversores que utilizan dispositivos con activación y desactivación controlada pueden tener configuraciones de medio puente (fig. 1.21a) y de puente completo (fig. 1.21b).

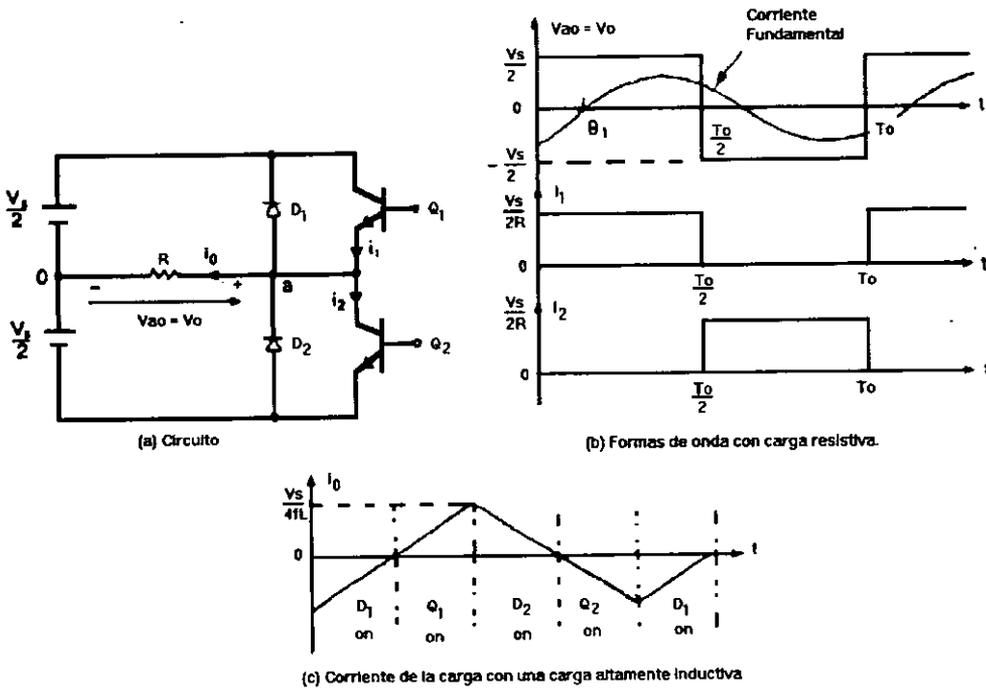


Figura 1.21a. Inversor monofásico de medio puente.

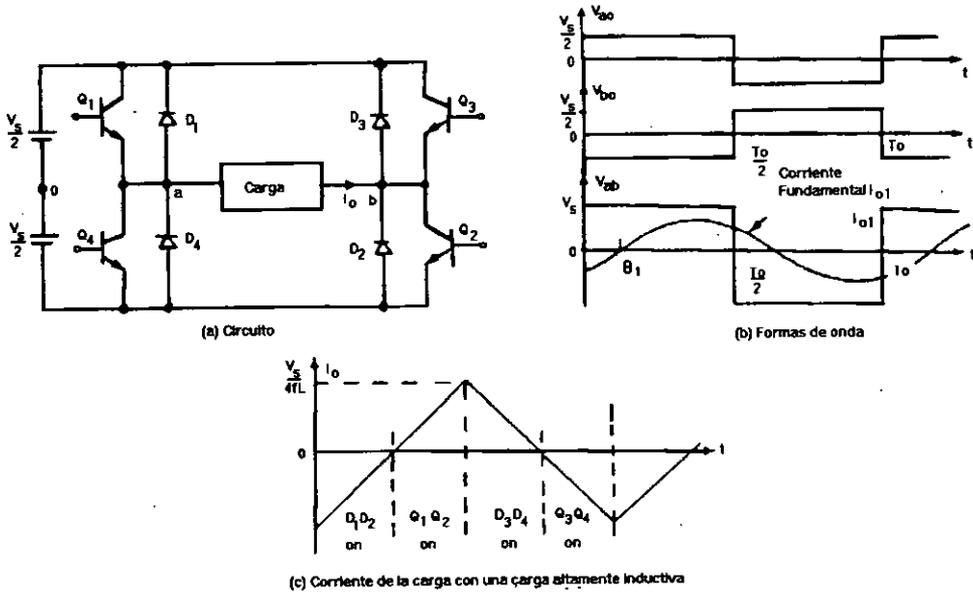


Figura 1.21b. Inversor monofásico tipo puente.

Donde se tiene que el voltaje pico de bloqueo inverso de cada transistor y la calidad del voltaje de salida para inversores de medio puente y de puente completo es el mismo. Sin embargo para estos últimos, la potencia de salida es cuatro veces más alta y la componente fundamental es dos veces la correspondiente a la de los inversores de medio puente.

En el caso de los tiristores de conmutación forzada para tensiones de entrada hasta 110V. se emplean inversores en conexión simétrica y para tensiones superiores en conexión de puente.

Conexión simétrica:

Mediante el oscilador incluido en la figura 1.22 (circuito resonante, con frecuencia estable e independiente de la carga o del voltaje de entrada), se activan los tiristores T_1 y T_2 alternativamente, de forma que la tensión continua se aplica al primario derecho o izquierdo del transformador, al ritmo de la frecuencia de los impulsos. Los tiristores que en cada caso conducen la

corriente se desactivan durante el proceso de descarga del condensador C, iniciado por la activación del tiristor que anteriormente se encontraba en posición de bloqueo.

Durante el proceso de conmutación (cambio del paso de corriente de un transistor a otro), los dos conductores se encuentran un tiempo breve en estado de conducción. Por ello la fuente de corriente continua queda en corto circuito, puesto que pasa corriente en sentido opuesto por las dos mitades del primario. La inductancia L limita la corriente de corto circuito. Los diodos de bloqueo D_1 y D_2 impiden que se descargue el condensador C a través del arrollamiento del transformador. La corriente reactiva fluye de nuevo a la fuente de corriente continua a través de los diodos D_1 y D_2

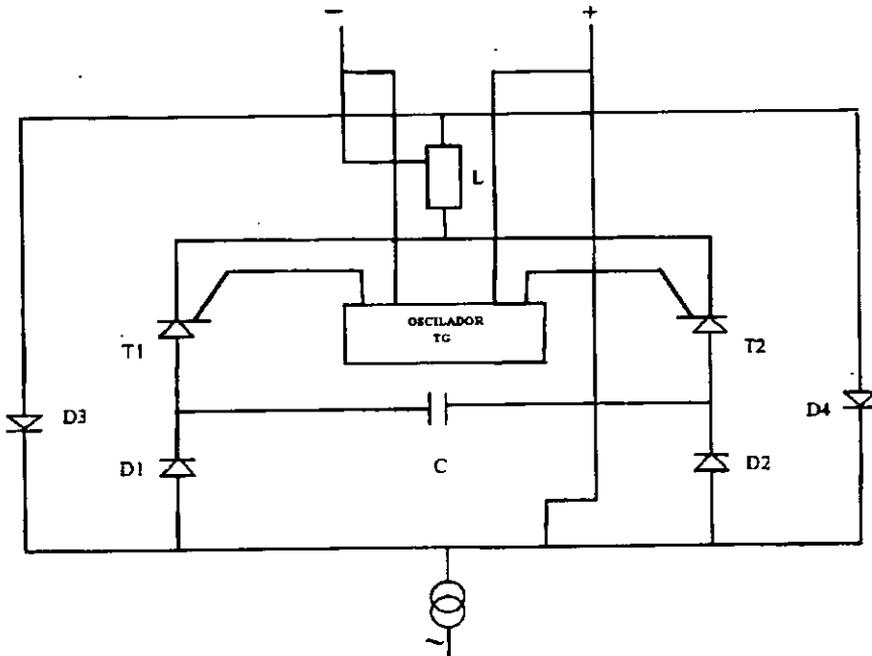


Figura 1.22. Conexión simétrica.

Conexión puente:

En este caso (fig. 1.23), los tiristores opuestos T_1 y T_4 así como T_2 y T_3 se encuentran alternativamente en estado de conducción de la corriente. Una vez asumida la corriente del par de tiristores respectivo, se invierte la polaridad en el primario del transformador. Los demás procesos son equivalentes a los de la conexión simétrica, quedando sustituida la inductancia L por L_1 y L_2 . La tensión que han de soportar los tiristores es de aproximadamente igual a la mitad que la correspondiente a la conexión simétrica.

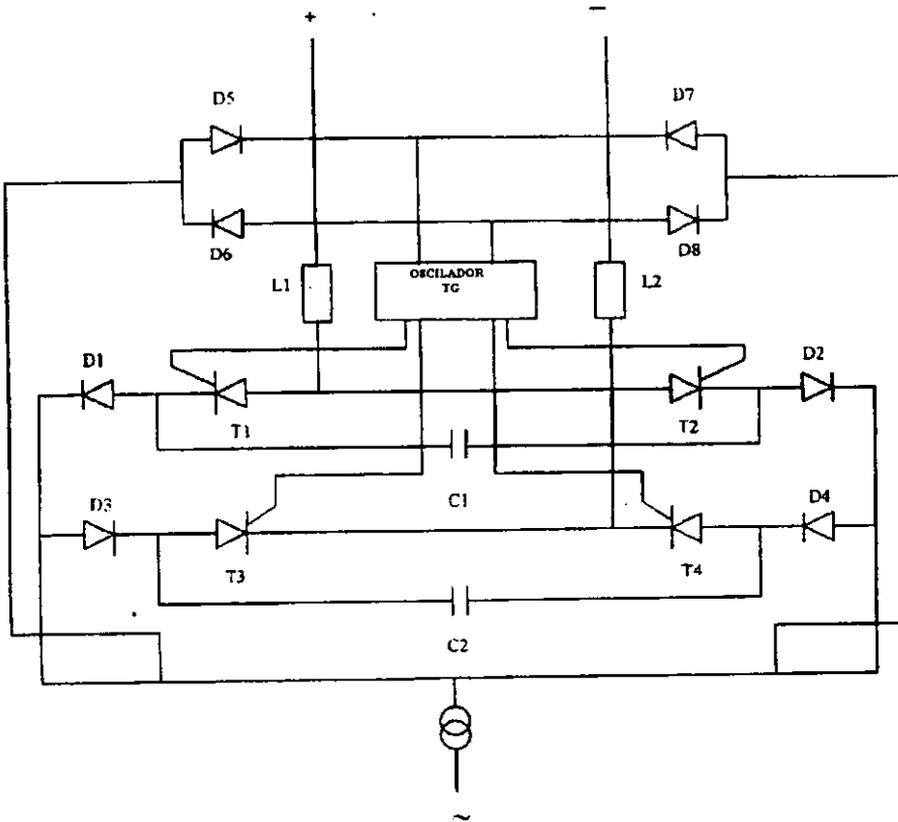


Figura 1.23. Conexión en puente.

Por lo visto anteriormente podemos concluir que cada inversor tiene sus ventajas y desventajas dependiendo de la aplicación; sin embargo podemos decir que los tipos que utilizan la activación y desactivación controlada (control PWM) tienen la gran ventaja sobre los otros de poder ser controlados a través de una computadora por medio de programas desarrollados para tal fin.

En los inversores ideales, las formas de onda del voltaje de salida deberían ser senoidales. Sin embargo, en los inversores reales no son senoidales y contienen ciertas armónicas. Para aplicaciones de mediana y baja potencia, se pueden aceptar los voltajes de onda cuadrada o casi cuadrada; para aplicaciones de alta potencia, son necesarias las formas de onda senoidales de baja distorsión. Dada la disponibilidad de los dispositivos semiconductores de potencia de alta velocidad, es posible minimizar o reducir significativamente el contenido armónico del voltaje de salida mediante las técnicas de conmutación o a través de circuitos de filtrado.

1.3.5. EL INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O CONMUTADOR.

Los interruptores se utilizan para abrir cerrar o transferir operaciones, pueden ser mecánicos, electromecánicos o estáticos como se describe a continuación.

1.3.5.1. EI INTERRUPTOR MECÁNICO.

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

1.3.5.2. EI INTERRUPTOR ELECTROMECAÁNICO.

El interruptor electromecánico es el tipo más común y puede ser automático o semiautomático. El tiempo de operación para contactores y relevadores normales es de 15 a 30 milisegundos. Existen modelos más costosos. Este tipo de interruptor puede tener aplicaciones donde el tiempo de transferencia no es crítico y puede estar dentro de un lapso tan corto como 2 a 4 ciclos, aunque es muy común que funcione dentro de un rango de 8 a 10 ciclos.

1.3.5.3. EI INTERRUPTOR ESTÁTICO.

El interruptor estático es un dispositivo de estado sólido que tiene muchas ventajas con respecto a los anteriores ya que trabaja a velocidades muy altas de conmutación, no tienen ninguna parte móvil, y ningún rebote de contactos al cierre. Los semiconductores que componen a este tipo

de interruptor pueden activarse en cuestión de unos cuantos microsegundos, ya que el tiempo de operación de operación es menor de 5 milisegundos.

Su empleo en las fuentes de energía ininterrumpible (UPS), ha ido en aumento aun cuando el costo es varias veces superior que el de un interruptor de transferencia electromecánico, debido al alto costo de los semiconductores, sin embargo, las ventajas del interruptor de transferencia estático bien pueden justificar el costo.

Los dispositivos de estado sólido no necesitan mantenimiento y efectúan la conmutación en $1/8$ de ciclo (2 milisegundos), siendo esto último de suma importancia en el caso de cargas críticas.

Cuando los interruptores o conmutadores estáticos se emplean en fuentes de energía ininterrumpible (UPS) y se conectan a la salida del inversor reciben el nombre de interruptores o conmutadores de transferencia estáticos.

Un conmutador automático de transferencia, transfiere cargas de energía de una fuente principal a una fuente de protección de emergencia casi instantáneamente, cuando la fuente principal se daña. Debido a la interrupción máxima de $1/4$ de ciclo que es posible obtener con el uso de los componentes de estado sólido, se hace posible la aplicación de los conmutadores de transferencia a las cargas críticas, cuando es necesario efectuar la transferencia con rapidez.

Cuando se opera normalmente, la carga se alimenta de la fuente principal de CA mediante las unidades de tiristores tal y como se muestra en la figura 1.24a y el rectificador mantiene la carga completa en la batería. Cada polo del conmutador cuenta con dos rectificadores controlados de silicio conectados entre sí en forma invertida para que la corriente pueda fluir.

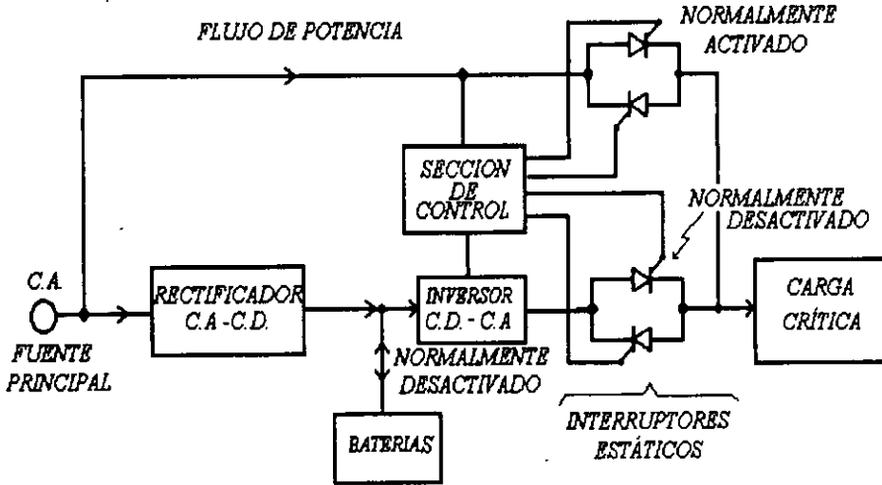


Figura 1.24. Carga normalmente conectada a la fuente principal de CA.

El conmutador estático vigila el voltaje de la línea de CA. Si el voltaje de la fuente principal se encuentra por abajo de un punto predeterminado de bajo voltaje, el cual es ajustable desde el 60 al 100 por ciento del voltaje normal de la fuente, los rectificadores se activan y transfieren automáticamente la carga a la fuente de protección.

En el caso de esta configuración se requiere cortar el circuito en forma momentánea, y la transformación mediante un interruptor de estado sólido por lo general toma de 4 a 5 μ s. Cuando el voltaje de la fuente principal se restablece por arriba del valor ajustable preestablecido para retornar a la fuente normal, la carga se retransfiere automáticamente después de transcurridos 2 segundos. El

intervalo de 2 segundos asegura la estabilidad, al permitir la operación del equipo de sincronización automática en cualquiera de las dos fuentes antes de efectuarse la retransferencia.

Por lo tanto es necesario hacer dos ajustes en el módulo de control; el del punto de bajo voltaje deseado para transferir a la fuente de protección, y el ajuste para retransferir a la fuente normal.

Los conmutadores de transferencia se fabrican en varias formas y tamaños, monofásicos o trifásicos con capacidades desde 100 VA hasta 1000 KVA. Los interruptores de estado sólido están disponibles en forma comercial con especificaciones limitadas de voltaje y de corriente, que van desde 1 A hasta 800 A y hasta 600V, además pueden utilizarse como interfaces por sistemas de control digital o de computadoras.

1.3.6. UNIDAD MOTOGENERADORA.

Si el requerimiento de energía es alta y la duración de respaldo del sistema de alimentación ininterrumpible es corto en comparación con la duración de la interrupción de la fuente principal, se puede emplear una planta generadora para aumentar la capacidad operacional de la batería.

La unidad motogeneradora consiste de un motor de gasolina o diesel o una turbina de gas, un generador síncrono de CA y los controles con un arreglo a base de interruptores de transferencia.

Generalmente para plantas eléctricas, en la actualidad, los motores más usuales por su economía, robustez y confiabilidad son los motores diesel de combustión interna con las

características de ser estacionario y de tipo industrial. Los motores pueden ser de 6, 8, 12 o 16 cilindros, de aspiración natural, turboalimentados o postenfriados, fabricados en varias capacidades para acoplarse según la potencia del generador. Los distintos modelos cubren una gama de potencias que van desde 100 Kw hasta 700 Kw de capacidad continua.

El generador eléctrico de CA es del tipo compacto con excitación estática sin escobillas (Brush Less) y regulación externa, acoplados directamente por medio de un cople de disco y adaptador para motor de combustión interna. En esta forma se logra un mantenimiento mínimo ya que no tienen escobillas (fig. 1.25).

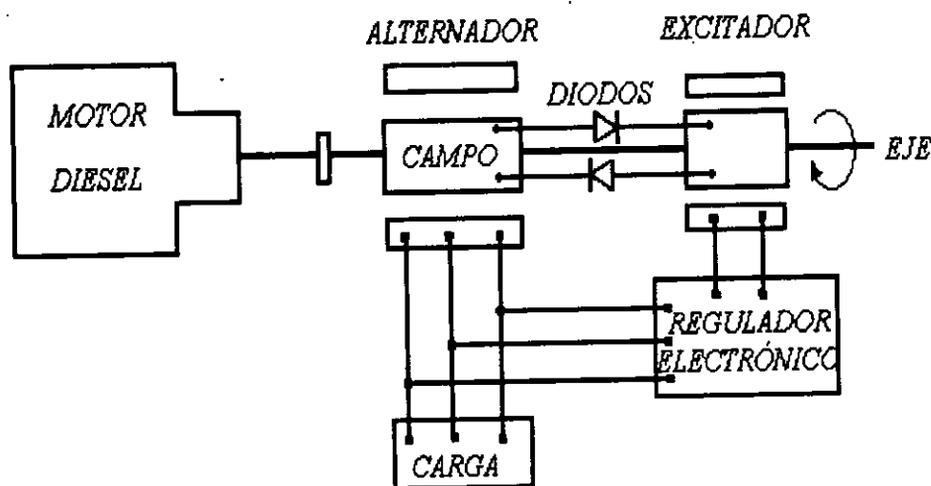


Figura 1.25. Planta eléctrica con excitatriz estática.

Además de todo lo anterior se requiere considerar el equipo complementario y su instalación, y un programa bien organizado para su mantenimiento.

En general, si la interrupción se prolonga, entonces la unidad motogeneradora comienza a alimentar al rectificador y al mismo tiempo recarga la batería. Un análisis cuidadoso de las necesidades de carga indicará el punto en que es más económico emplear un motogenerador en lugar de una batería con capacidad para funcionar durante un periodo mayor.

CAPÍTULO II.

CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE "UPS".

2.1. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE EN BASE A SU

CONFIABILIDAD.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, los diferentes sistemas de alimentación ininterrumpible pueden ser clasificados en dos categorías: sea como sistemas no redundantes o como sistemas redundantes en paralelo.

2.1.1. SISTEMAS NO REDUNDANTES.

El sistema básico no redundante consiste en un rectificador, una batería, un inversor y un conmutador de transferencia. Este sistema es bastante confiable a un costo mínimo y es el de operación más sencilla (*fig. 2.1*).

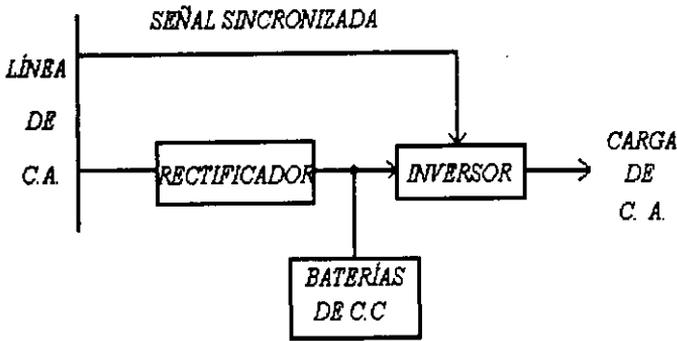


Figura 2.1. Sistema de alimentación ininterrumpible (UPS) no redundante.

2.1.2. SISTEMAS REDUNDANTES.

La confiabilidad se puede mejorar aún más, empleando un sistema redundante en paralelo. Es decir, que para asegurar la operación confiable del sistema sin interrupciones y proteger virtualmente a la carga del circuito, se pueden instalar adicionalmente componentes o una combinación de dos o más sistemas ininterrumpibles no redundantes completos conectados en paralelo.

Los componentes redundantes son componentes adicionales incorporados a un circuito y sumado para proporcionar protección contra el mal funcionamiento de los componentes individuales, tales como inversores (fig. 2.2), e incluso contra la misma carga. El uso de componentes regularmente es restringido ya que su implementación se da cuando sólo una parte de

los sistemas UPS requieren una máxima seguridad de operación o muy probablemente tienden a fallar.

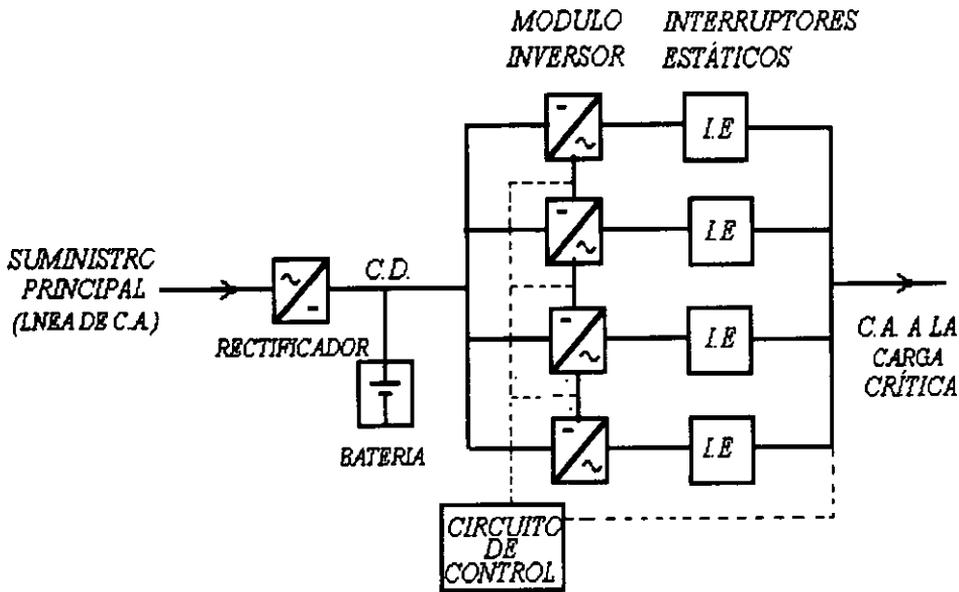


Figura 2.2. Circuito con inversores redundantes incorporados.

El sistema redundante comprende un sistema de dos (fig. 2.3) o más unidades completas e independientes, en los cuales cada uno puede llevar a cabo el servicio requerido. Cada rama de los sistemas conectados en paralelo puede aislarse mediante un conmutador estático y de esta manera si una de las unidades llegara a fallar, se puede conmutar hacia otra logrando con ello no inutilizar el sistema completo.

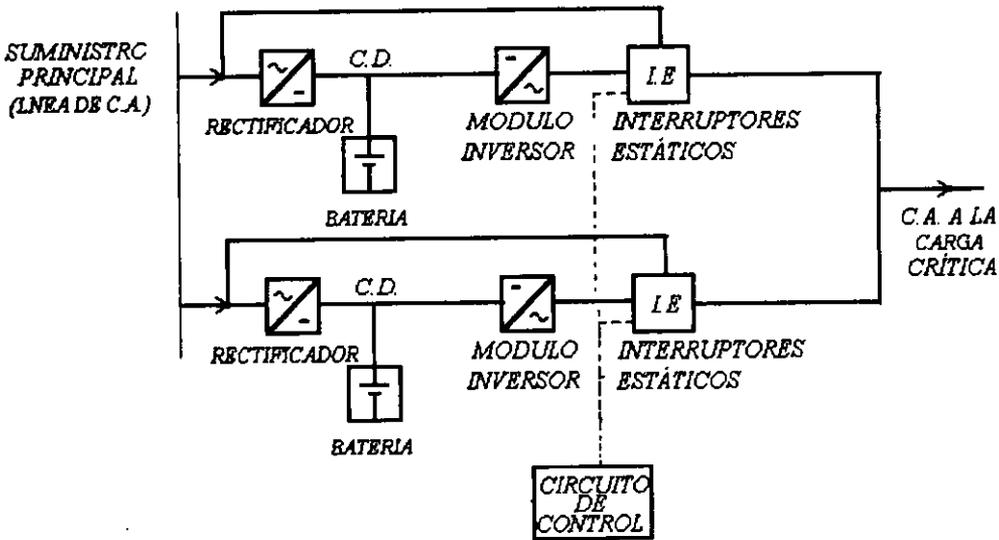


Figura 2.3. Sistema redundante con incorporación duplicada, completa e independiente de componentes

Por las razones antes mencionadas, se debe tomar en cuenta el tipo de carga a resguardar ya que los sistemas redundantes son más caros y su diseño debe ser muy especializado.

2.2. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE EN BASE AL TIEMPO DE TRANSFERENCIA.

De forma general, existen dos tipos de sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS) clasificados en base al tiempo que tardan en realizar la transferencia de la línea principal de alimentación a la línea de emergencia. Dichos sistemas son: los sistemas de alimentación

ininterrumpible en línea (On-Line) y los sistemas de alimentación ininterrumpible fuera de línea (Off-Line).

Básicamente los dos tipos de sistemas están constituidos por los mismos elementos y partes, es decir, por un rectificador cargador, por una batería, por un inversor y por un interruptor de transferencia (*fig. 1.1*).

2.2.1. SISTEMAS UPS ON-LINE.

El principio de operación en condiciones normales de alimentación con línea comercial presente (*fig. 2.4a*), el rectificador cargador convierte la corriente y el voltaje de CA en corriente y voltaje de CD para cargar la batería y mantenerla en flotación, además alimenta el inversor que siempre está activado y éste a su vez alimenta a la carga a través del interruptor de transferencia. Cuando existe un corte de energía eléctrica en la línea comercial (*fig. 2.4b*), el rectificador se apaga, la batería en lugar de recibir energía la empieza a ceder al inversor y éste a su vez alimenta a la carga, de tal forma que no existe tiempo de transferencia ya que el inversor siempre ha estado activado y alimentando a la carga a través del interruptor de transferencia. En el supuesto caso de que exista algún problema interno de funcionamiento ya sea en el rectificador, en el banco de baterías o en el inversor (*fig. 2.4c*), el UPS se apaga y el interruptor de transferencia conecta la carga a la línea comercial a través del puente que existe entre los puntos A y B. Esta transferencia es muy rápida ya que se realiza entre 2 y 5 milisegundos.

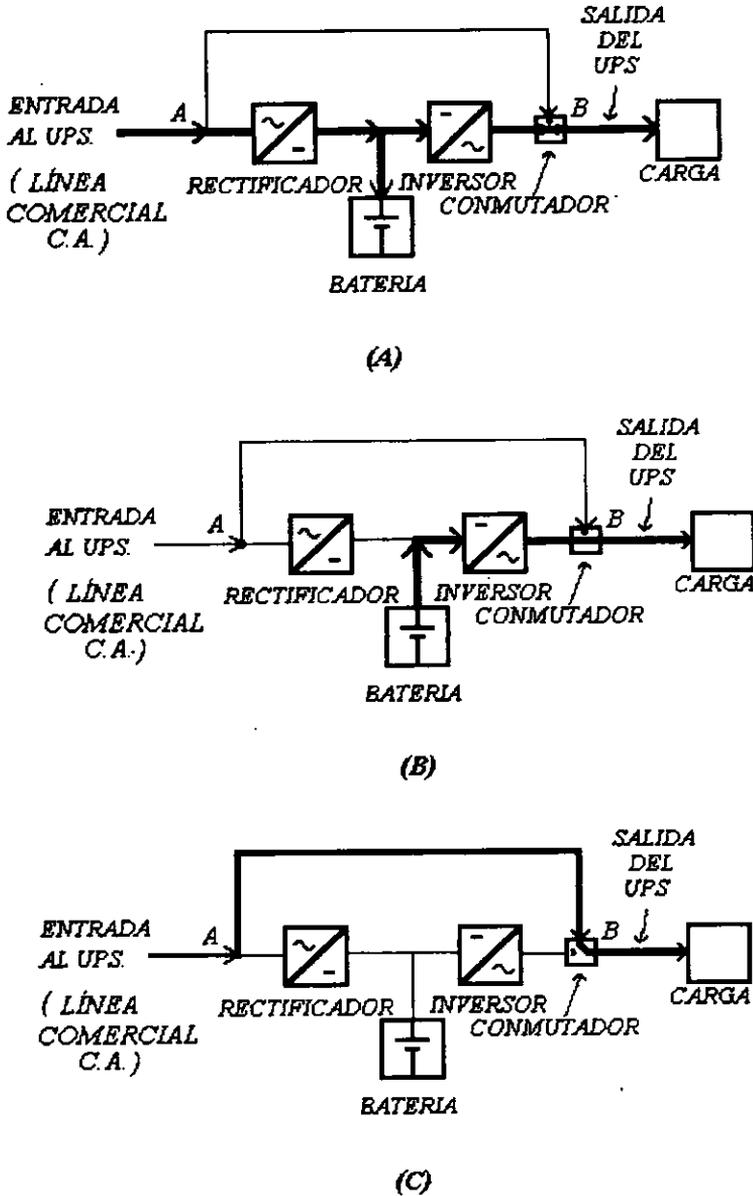


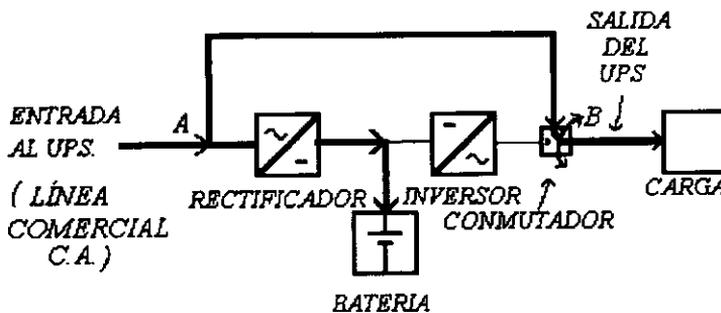
Figura 2.4. Diagrama a bloques de un sistema UPS "ON-LINE".

2.2.2. SISTEMAS UPS OFF-LINE.

Para el caso de estos sistemas, en condiciones normales de operación con línea comercial presente (fig. 2.5a) el rectificador cargador convierte la corriente y el voltaje de CA en corriente y voltaje de CD para cargar la batería y mantenerla en un valor determinado, la carga crítica es alimentada directamente a través de la línea comercial dispuesta por el puente que existe entre los puntos A y B, y a través del interruptor de transferencia también, el inversor se encuentra " fuera de línea " es decir esta desactivado.

Cuando existe un corte de energía en la línea comercial (fig. 2.5b) el rectificador deja de trabajar y por consiguiente deja de cargar la batería, ésta en lugar de recibir energía la empieza a ceder hacia el inversor, el cual se activa precisamente en ese momento y transforma el voltaje y la corriente de CD de la batería en voltaje y corriente de CA, la carga crítica se alimenta directamente de la salida del inversor a través del interruptor de transferencia.

Cuando la línea comercial regresa a sus parámetros nominales (voltaje y frecuencia), el UPS regresa también a las condiciones iniciales de operación (fig. 2.5a).



(A)

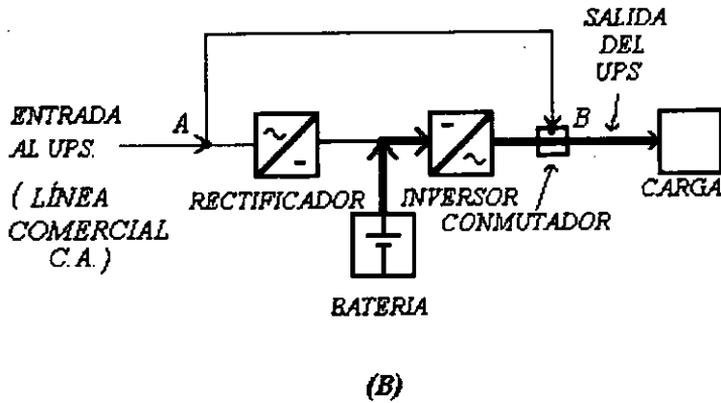


Figura 2.5 Diagrama a bloques de un sistema UPS "OFF-LINE".

2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA SUMINISTRADA.

Definitivamente, podemos decir que la falta del suministro de energía eléctrica es uno de los principales motivos por los que se han diseñado los sistemas de alimentación de emergencia; sin embargo, hoy en día se tiene también en cuenta la preocupación por la calidad de la señal suministrada a través de la red de alimentación comercial y por los factores que influyen e intervienen en la misma, así como sus causas y los efectos que traen como consecuencia en los equipos alimentados.

2.3.1. PROBLEMAS INHERENTES A LA CALIDAD DE LA SEÑAL PROVISTA POR LA FUENTE PRINCIPAL DE ENERGÍA.

La calidad de la señal suministrada por la red comercial ha llegado a ser un punto crítico en los sistemas de suministro de potencia, ya que en la economía actual dependemos, más que nunca, de nuestras computadoras, teléfonos y otros sistemas electromecánicos (tanto industriales como residenciales). Al mismo tiempo, y de igual manera, esta tecnología se ve cada vez más amenazada por el incremento de problemas en la señal que suministran los sistemas principales de alimentación de CA.

Existen dos desafortunadas realidades de la era de la electrónica; la simple fuente de la señal de CA no puede proporcionar la limpieza y la consistencia de potencia requerida por los sensitivos aparatos o sistemas electrónicos.

Un estudio realizado por IBM ha mostrado que una típica computadora esta sujeta a más de 120 problemas de potencia por mes. Los efectos causados por éstos últimos van desde los superficiales (bloqueo del teclado, degradación del hardware) hasta los dramáticos (pérdida completa de datos o tarjetas madres totalmente quemadas).

Entre los principales factores que afectan la calidad de la señal de CA se encuentran:

- 1.- Transitorios de sobrevoltaje (picos).
- 2.- Sobrevoltajes y caídas de voltaje.
- 3.- Ruido eléctrico.
- 4.- Cortes de energía eléctrica.
- 5.- Armónicas.
- 6.- Variaciones de frecuencia.

2.3.1.1. TRANSITORIOS DE SOBREVOLTAJE (PICOS).

Los picos (spikes) son impulsos transitorios de sobrevoltaje instantáneos; es decir que son dramáticos incrementos de voltaje semejantes a la fuerza de una ola de marea. La duración de éstos es momentánea pero la amplitud de este tipo de sobrevoltajes se encuentra comprendida en rangos que van desde los 200 hasta los 6000 volts. Cualquier conductor (AC, telefónico, datos) puede transmitir picos. Por ejemplo, incluso los cables de datos pueden llevar arriba de 2000 volts de picos. Esto es más que suficiente para dañar y destruir tarjetas de interface de redes de trabajo (NIC's), o afectar las comunicaciones y las operaciones de las redes con problemas difíciles de detectar y que son conocidos como "problemas fantasma".

Los picos pueden tener diversas causas, pero la más importante son los relámpagos, los cuales pueden caer directamente o cerca de las líneas de transmisión y distribución causando enormes saltos en el voltaje. Otras causas de los picos incluyen la conexión o desconexión de grandes cargas eléctricas, por las descargas estáticas y la reinstalación de la energía eléctrica después de un apagón debido a una tormenta o como resultado de un accidente automovilístico.

El efecto más desastroso de los picos puede ser el daño del equipo ya que los impulsos de alto voltaje pueden dañar o destruir por completo los componentes semiconductores o de otro tipo. En algunos casos dicho daño es visible inmediatamente; sin embargo, en otras ocasiones el daño está latente debido a que no se percibe durante días o semanas después de sucedido el evento. Y los efectos menos catastróficos incluyen la mutilación de datos, errores de control y en el procesamiento de datos.

2.3.1.2. SOBREVOLTAJES Y CAÍDAS DE VOLTAJE.

Los sobrevoltajes (surges) son incrementos de voltaje que duran más de un ciclo (1/60 de seg.) y típicamente menos de dos ciclos (1/120 de seg.). Los motores eléctricos de alta potencia, tales como los usados en acondicionadores de aire y aparatos similares, cuando son apagados, el voltaje extra es disipado a través de la línea de alimentación. Este tipo de sobrevoltajes son más peligrosos debido a su duración que por su magnitud. Largos o frecuentes sobrevoltajes pueden dañar computadoras y equipo electrónico igualmente sensitivo diseñado para recibir alimentación comprendida dentro de un cierto rango de voltaje.

Cualquier valor fuera de los niveles pico y RMS (considerado como voltaje promedio) preestablecidos forzará a los componentes delicados a causar fallas prematuras.

Las caídas de voltaje (sags) son lo contrario a los sobrevoltajes. Es decir que son decrementos en los niveles de voltaje en un corto tiempo. Este es el problema de alimentación más común, ya que de acuerdo con un estudio realizado por los Bell Laboratories se sabe que el 87% de todos los disturbios en los sistemas de potencia son causados por éste fenómeno.

Las caídas de voltaje son típicamente causadas por la demanda de potencia cuando se conectan muchos equipos eléctricos (incluyendo motores, compresores, elevadores, herramientas comerciales, etc.), es decir que son un medio de cubrir demandas extraordinarias de potencia. En un procedimiento conocido como "rolling brownouts", este fenómeno sistemáticamente hará que los niveles de voltaje sean más bajos de lo normal en ciertas áreas donde la demanda es excesiva por horas o días. Por ejemplo en los días calurosos de verano, cuando los requerimientos del aire acondicionado son altos frecuentemente se tendrán "rolling brownouts".

Las fallas a tierra y sistemas de alimentación de potencia de poca capacidad son causas típicas de las caídas de voltaje. Sorprendentemente, los relámpagos son también una de las principales causas.

Este tipo de falla reduce la eficiencia y el período de vida del equipo eléctrico, particularmente los motores; también puede ser una seria amenaza para las computadoras y los sistemas automatizados de producción debido a que si el voltaje de alimentación es inadecuado, puede causar el bloqueo de operación del equipo y en la computadoras además del bloqueo de funciones puede también disminuir la velocidad de los drives, causando errores de lectura o la destrucción de los discos, así como la deformación de los datos.

2.3.1.3. RUIDO ELÉCTRICO.

Este factor es un término colectivo que agrupa varios tipos de impulsos de alta frecuencia montados en la señal senoidal normal. Técnicamente estos impulsos o señales se refieren a interferencias electromagnéticas (EMI) e interferencias de radiofrecuencia (RFI). Estas pueden tener amplitudes comprendidas entre rangos que van desde unos cuantos milivolts hasta varios volts.

La interferencia de radiofrecuencia consiste en señales de alta frecuencia que viajan en los conductores eléctricos y pueden ser generadas por relámpagos, radio transmisiones y fuentes de alimentación computarizadas. Esto puede llegar a crear conductas erráticas en cualquier circuito eléctrico.

Como ya se había mencionado anteriormente el ruido eléctrico es causado por muchos factores y fenómenos; y otro fenómeno que influye es la interferencia electromagnética provocada por la conexión de grandes cargas inductivas, generadores, motores y equipo industrial.

El ruido en general puede causar errores en el procesamiento computacional de datos, en el control de procesos industriales y en la transferencia correcta de datos, así como errores dentro de los archivos de datos y programas ejecutables.

2.3.1.4. CORTES DE ENERGÍA.

Los cortes de energía (blackouts) son condiciones prolongadas de ausencia de voltaje (cero volts) pudiendo durar minutos, horas e incluso días. Ellos están llegando a ser más frecuentes a medida que la línea de distribución esta cada vez más sobrecargada. Es decir que la excesiva demanda o sobrecarga de las líneas de distribución, el hielo en las líneas de potencia, los accidentes automovilísticos, temblores son causas que provocan los apagones.

Otras fallas importantes que provocan esta condición son las fallas a tierra y los relámpagos u otros fenómenos naturales.

La caída de un sistema automatizado o computarizado es uno de los efectos más obvios de los apagones, además los drives para discos de las computadoras y otros componentes del sistema pueden resultar dañados cuando la alimentación es perdida repentinamente.

2.3.1.5. ARMÓNICAS.

Las armónicas son distorsiones de la señal senoidal normal. dichas distorsiones son retransmitidas de regreso dentro de la misma línea de CA por las cargas no lineales (esto es, cargas que para funcionar no utilizan directamente las ondas senoidales de la señal normal.). Algunos ejemplos de cargas no lineales son las computadoras, las copiadoras, los fax, los motores de control velocidad variable. Estas armónicas pueden afectar la operación de otros equipos conectados a la línea de CA. También las comunicaciones pueden verse afectadas. Por otro lado, se corre el riesgo de crear incendios provocados por el sobrecalentamiento de los conductores en líneas trifásicas debido a los efectos de las armónicas⁵ en los transformadores.

2.3.1.6. VARIACIONES DE FRECUENCIA.

La frecuencia es uno de los más importantes parámetros que rigen la generación, transmisión, distribución y uso de la energía eléctrica. Este factor es generalmente controlado desde la generación de la energía en los diferentes tipos de plantas generadoras de CA (plantas hidroeléctricas, termoeléctricas, nucleoelectricas, etc.). En nuestro país la frecuencia nominal del sistema de CA es de 60 Hz.; sin embargo, internacionalmente se utilizan distintas frecuencias de operación. Actualmente se ha estandarizado el diseño de equipos eléctrico y electrónico que trabajen a 50 o 60 Hz., pues son las frecuencias más comunes a nivel mundial.

⁵ IEEE STD. 519-1992 Provee las guías necesarias para limitar los niveles de distorsión armónica en circuitos de distribución y transmisión.

La variación de la frecuencia provoca mal funcionamiento de los equipos que trabajan en base a componentes reactivos, es decir, que entre sus elementos eléctricos tiene inductancias o capacitancias tales como los motores, transformadores, bancos de capacitores, etc..

En lo que respecta a la variación de este parámetro, no existen normas a nivel internacional que la regulen, por lo cual se han hecho sólo recomendaciones en cuanto a la tolerancia que debe mantenerse, en este caso se recomienda tener un $\pm 1\%$ de variación.

2.3.2. IDENTIFICACIÓN Y SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Cuando se pronostican interrupciones de larga duración de gran capacidad, el equipo rotatorio de generación (plata generadora) debe apoyar al inversor, para que éste a su vez pueda suministrar la alimentación ininterrumpible durante un cierto tiempo, por ejemplo, de 30 a 60 minutos, y la fuente de protección (UPS) pueda suministrar potencia indefinidamente.

Debido a que el manejo de cargas críticas va en aumento día con día, los sistemas de alimentación ininterrumpible (UPS) son cada vez más importantes. Las computadoras y la instrumentación electrónica de control necesitan sistemas confiables de regulación que aislen las cargas críticas sensibles al voltaje de las perturbaciones inherentes al sistema de alimentación.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible ofrecen la solución más adecuada a este problema por su reacción rápida a los transitorios, frecuencia estable, escaso mantenimiento y alta

eficiencia. El avance tecnológico en materia de dispositivos de estado sólido dará motivo a continuas mejoras y una disminución en el costo de los UPS's.

La tarea del ingeniero práctico es analizar cuidadosamente todos los aspectos del problema, determinar la extensión del daño que pudiera ocurrir por una falla de potencia, y en consecuencia seleccionar el sistema de alimentación ininterrumpible más económico y adecuado que proporcione la potencia de emergencia necesaria dentro del tiempo permisible. Por otro lado, tal vez sólo se tenga que mejorar la calidad de la señal de alimentación, y en este caso, el ingeniero debe tener el criterio para colocar los módulos independientes necesarios con el fin de solucionar dichos inconvenientes. Los módulos mencionados pueden ser parte de una unidad UPS o simplemente se pueden instalar como unidades independientes y de esta forma optimizar gastos y recursos materiales que en determinado momento pueden llegar a ser superfluos e innecesarios.

El ingeniero debe basarse en estudios estadísticos de la zona geográfica a la que pertenece la infraestructura donde se encuentra localizada la carga crítica, donde se observe el o los principales motivos por los que se producen cortes de energía, su periodicidad y su duración, o en el caso de la calidad del suministro, los posibles inductores de una señal con disturbios.

Algunas de las principales causas de interrupción de energía se puede observar en la *tabla*

2.1.

RAZONES DADAS COMO CAUSA DE CIENTOS DE FALLAS EN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

AVERIA ACCIDENTAL LEJOS DE LA CENTRAL ELÉCTRICA.	PROBLEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y GENERACIÓN.	FACTORES METEOROLÓGICOS.
Un accidente de coche derriba un poste de la compañía.	Se filtra agua en un cable subterráneo.	Una violenta tormenta derriba árboles y líneas de energía.
Una máquina de construcción toca una línea de alta tensión. El fuego derriba árboles.	Explota un conductor defectuoso. Se quema un transformador.	Cae un rayo en un transformador. Líneas de energía derribadas por un manto de hielo debido a una tormenta de nieve.
El fuego quema la base de los postes de madera.	Explota una caldera en la central eléctrica.	Un tornado derriba postes de línea. Una rama mojada cortocircuita una línea de alta tensión.
Una excavadora corta un cable subterráneo.	Se rompe una línea de energía.	Un rápido deshielo hace que caiga una torre de sustentación.
Un tren descarrilado derriba postes.	Se funde un fusible de alta tensión.	Un huracán derriba torres, postes y líneas.
Una avioneta aterrizando toca una línea de alta tensión.	Esta floja la conexión de los bornes del transformador.	Una inundación sumerge a una subestación.
Un disparo rompe los aisladores de la línea.	El sistema generador esta sobrecargado	La rotura de una presa disminuye el nivel de agua en la estación generadora
Se corta accidentalmente el suministro de combustible.	Se introduce un animal en un interruptor cortocircuitando el equipo	Un corrimiento de tierras derriba líneas de distribución.
Un gracioso pone la línea a tierra.	Error humano al hacer la conmutación.	La acción del viento rompe los conductores.
	Rotura del equipo mecánico. Explota un cortacircuitos. Alguna línea es incapaz de obtener la energía necesaria para la zona. Dispositivo de paro de seguridad del generador desajustado. Falló la bomba de circulación de agua del generador.	

TABLA 2.1. CAUSAS DE INTERRUPCIÓN DE ENERGÍA.

CAPÍTULO III.

IMPORTANCIA DE UNA TIERRA FÍSICA EN LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA "UPS".

3.1 IMPLEMENTACION DE LA CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA EN UN SISTEMA UPS.

El objetivo de un sistema de tierras físicas en una instalación eléctrica, es proporcionar una superficie debajo del suelo y alrededor de la instalación que tenga un potencial tan uniforme como sea posible, y lo más próximo, al potencial absoluto de la tierra.

La necesidad de contar con un sistema de tierra física, ya sea común con la instalación general del suministro normal de energía o independiente (propia del sistema UPS), es de vital importancia contra sobretensiones o problemas de fallas y cortocircuitos que se puedan presentar⁶ con vistas a:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, es decir, proporcionar un camino de drenado para las corrientes estáticas y de cortocircuito que puedan presentarse en cualquier aparato eléctrico o electrónico.
- b) Evitar que, durante la circulación de éstas corrientes de tierra puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la instalación eléctrica, significando un peligro para el personal.

⁶ En nuestro país la normatividad establece las medidas para evitar el flujo de corrientes indeseables, con el fin de cubrir ciertos requerimientos para el buen funcionamiento del sistema eléctrico (NOM-001-SEMP-1994 ART 250-1 Y 250-21).

- c) Facilitar mediante sistemas de relevadores, la eliminación de las fallas a tierra en el sistema eléctrico.
- d) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

De cierto modo, el sistema de aterrizaje a tierra nos ayuda para eliminar algunos de los problemas inherentes a la calidad de la señal entregada por las fuentes, ya mencionados anteriormente.

3.2. LOS EFECTOS DE LA ELÉCTRICIDAD SOBRE EL CUERPO HUMANO.

Existen puestas a tierra con carácter provisional (e incluso permanentes⁷) que tienen el objetivo de garantizar la integridad física del personal que labora sobre elementos que están fuera de servicio (sea por mantenimiento o por otras causas). pero que en determinado momento estuvieron energizados o bajo tensión.

Los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano dependen esencialmente de la intensidad de la corriente, del tipo de corriente (60 Hz o de alta frecuencia), de la trayectoria seguida por la corriente en el cuerpo y por las condiciones del individuo en el momento del contacto.

En el caso de existir una descarga a través del cuerpo humano debemos tomar en cuenta que en muchas de las ocasiones existirán intensidades del orden de cientos o miles de amperes y por tal

⁷ Fuente de referencia NOM-001-SEMP-1994 ART. 250-42.

motivo se puede sobrepasar el límite de contractilidad muscular de la persona provocando su caída. En tal situación, la corriente que circula por su cuerpo aumenta y si por desgracia ésta pasa por algún órgano vital como el corazón, se puede provocar fibrilación ventricular y sobrevenir la muerte.

El umbral de percepción se acepta generalmente como de aproximadamente de 1 mA a 10 mA con una exposición aproximada de menos de 10 segundos. Se pueden tolerar intensidades superiores, sin provocar fibrilación, si la duración es muy corta. Por otro lado, como norma, se ha tomado como valor máximo de tensión que puede soportar el cuerpo humano durante un tiempo de 1.2 segundos el valor de 150 Volts.

Debido a que pueden existir tensiones a las que se puede ver sometido el cuerpo humano como consecuencia del contacto con carcazas y estructuras metálicas de máquinas e instalaciones, la trayectoria de la corriente y las condiciones del individuo son también de gran importancia, ya que la circulación a tierra de las corrientes de falla, produce gradientes de voltaje sobre la superficie del suelo, en la vecindad de los sistemas de tierra. El voltaje que exista entre los dos pies de una persona parada sobre el suelo (1 m. aproximadamente), se le conoce como "**Voltaje de Paso**"; en tanto que el voltaje que existe en un contacto entre la mano y ambos pies de una persona, se conoce como potencial o "**Voltaje de Contacto**". Si una persona toca un conductor conectado a tierra, a una distancia mucho muy grande; el impacto del voltaje, puede esencialmente ser igual a la elevación total del voltaje del sistema de tierras, bajo condiciones de falla; tal voltaje de contacto, se le llama potencial o "**Voltaje de Transferencia**".

3.3. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CONEXIÓN A TIERRA.

La instalación del sistema de conexión a tierra consta de varios elementos que son importantes para el buen funcionamiento de ésta:

- a) Objeto por conectar a tierra.
- b) Conexión a tierra (conectores y accesorios).
- c) Conductor de tierra.
- d) Dispensor de corrientes (electrodos y malla).

3.3.1. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS.

Para realizar el diseño de un sistema de tierra física se deben de tomar en cuenta ciertos factores. A continuación se explica un procedimiento sencillo y práctico:

- I. DETERMINAR EL TIPO DE LA POSIBLE FALLA A TIERRA.
- II. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL TERRENO.
- III. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS.
- IV. SELECCIÓN DEL MATERIAL Y DEL CALIBRE DEL SISTEMA DE TIERRAS (MALLAS).
- V. SELECCIÓN DE LOS ELECTRODOS DEL SISTEMA DE TIERRAS.
- VI. SELECCIÓN DE LOS CONECTORES Y LOS ACCESORIOS NECESARIOS.
- VII. SELECCIÓN DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS.

3.3.1.1. POSIBLES TIPOS DE FALLA A TIERRA.

En éste caso se requiere determinar el valor de las corrientes máximas de corto circuito a tierra, y para tal fin se requiere:

a) Determinar el tipo de la posible falla a tierra que produzca el máximo flujo de corriente entre la malla del sistema de tierras y la tierra adyacente, y por lo tanto su mayor elevación de potencial y los mayores gradientes locales en el área de la instalación eléctrica (y en el área de ubicación del UPS, en el caso de ser independiente). Los posibles tipos de fallas son de dos tipos principalmente:

1. Falla monofásica a tierra.
2. Falla trifásica a tierra.

b) Determinar por cómputo o por analizadores el máximo valor efectivo de la corriente simétrica de falla a tierra "I" entre la malla de tierras y la tierra circundante al iniciarse la falla.

3.3.1.2. CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL TERRENO DE UNA TIERRA FÍSICA.

Para determinar las características del suelo, normalmente se obtienen muestras hasta de una profundidad razonable que permita juzgar de la homogeneidad del tipo de terreno así como condiciones del nivel de humedad o nivel de aguas fráticas. Para determinar la resistividad

eléctrica es conveniente hacer mediciones con métodos y aparatos aceptados para estos fines. Las mediciones deben incluir datos sobre temperatura y condiciones de humedad en el momento de efectuarlas, tipo de terreno, profundidad de la medición y concentraciones de sales en el suelo.

La resistividad del terreno puede variar considerablemente, dependiendo de la época del año en que se hagan las mediciones; por lo que siempre que sea posible se deben obtener en época de secas, para obtener el máximo valor de resistividad del suelo.

En la mayoría de los casos basta con calcular la corriente de falla a tierra despreciando las resistencias. Sin embargo, pueden presentarse casos donde la resistencia predicha del sistema de tierras sea muy alta comparada con la reactancia del sistema que obligue a tomarla en cuenta.

Para el cálculo del valor de esta resistencia, se puede usar la siguiente fórmula de Laurent:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

DONDE:

R = Resistencia del sistema de tierras.

r = Radio equivalente al área ocupada por la instalación o el sistema de tierra.

L = Longitud total del conductor de la malla en metros.

ρ = Resistividad media del terreno en ohms-metro.

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

La resistividad del terreno varía dentro de límites muy amplios, entre 1 y 10 000 ohm-metro.

Las siguiente tabla nos da una idea de los valores medidos de la resistividad.

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM-METROS.
TIERRA ORGÁNICA MOJADA.	10
TIERRA HÚMEDA.	10^2
TIERRA SECA.	10^3
ROCA SÓLIDA	10^4

TABLA 3.1.

La temperatura también ejerce influencia apreciable, ya que a menos de 0° C la resistividad crece bruscamente y a mayores temperaturas decrece, excepto al llegar al punto de ebullición del agua que rodea al electrodo debido a la evaporación de la humedad.

3.3.1.3. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS.

Para las redes de tierra, se han considerado básicamente tres sistemas a escoger, de acuerdo con las necesidades del diseño y del uso que se le dará al sistema de tierras:

A) Sistema radial.- Es el más barato pero el menos satisfactorio ya que al producirse una falla en un aparato, se producen grandes gradientes de potencial. Éste sistema consiste en uno o varios electrodos a los cuales se conectan las derivaciones de cada aparato.

B) Sistema de anillo.- Se obtiene colocando en forma de anillo un cable (preferentemente de cobre) de suficiente calibre alrededor de la superficie ocupada por el equipo del sistema eléctrico o del equipo del sistema UPS (en caso de ser independiente) y conectando derivaciones a cada aparato, mediante un cable más delgado. Es un sistema económico y eficiente y en él se eliminan las grandes distancias de descarga a tierra del sistema radial. Los potenciales peligrosos disminuyen al disiparse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

C) Sistema de red.- Es el más usado actualmente en nuestros sistemas eléctricos y consiste, como su nombre lo indica, en una malla formada por cable (preferentemente de cobre) conectada a través de electrodos de varilla de copperweld a partes más profundas para buscar zonas de menor resistividad. Éste sistema es el más eficiente, pero también el más caro de los tres tipos.

3.3.1.4. MATERIAL DEL CONDUCTOR DEL SISTEMA DE TIERRAS (MALLAS)

Y SU CALIBRE.

El material de los conductores utilizados en las mallas de los sistemas de tierra son de cable de cobre⁸, los calibres difieren de acuerdo con la configuración del sistema tomando en cuenta los siguientes factores⁹ :

- * Que tenga estabilidad térmica, en las corrientes de falla a tierra.
- * Que sea mecánicamente resistente.
- * Que tenga una duración al menos de 50 años sin rupturas, debido a problemas de corrosión.
- * Que tenga una conductividad adecuada.

Y desde el punto de vista de las consideraciones térmicas, el calibre depende de:

- * El valor de la corriente de falla a tierra.
- * El tiempo de interrupción de la falla.
- * El material del conductor.

Estos factores se pueden observar en la siguiente tabla:

⁸ El material utilizado en los conductores puede ser cualquiera de los señalados en NOM-001-SEMP-1994 en su INCISO J, ART. 250-91.

⁹ Se deben de tener en cuenta los parametros y las medidas especificadas para la sección transversal de los conductores de puesta a tierra en la NOM-001-SEMP-1994 en su INCISO J, ART. 250-93 y 250-94.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA FALLA (SEG)	TAMAÑO MÍNIMO DE CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL* POR AMPERE:					
	UNIONES SOLDADAS:			UNIONES ATORNILLADAS:		
	COBRE.	ACERO.	ALUMINIO.	COBRE.	ACERO.	ALUMINIO.
30	50	120	91	64	143	123
3	16	38	29	21	46	39
1	9.5	22	17	12	27	23
0.5	6.5	16	12	805	19	16

TABLA 3.2.

En la práctica se utiliza el cobre por su mejor conductividad, tanto eléctrica como térmica, y sobre todo, por ser resistente a la corrosión debido a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

Con el objeto de mantener los potenciales de paso y de contacto dentro del perímetro de la malla en los límites de seguridad; se requiere cierta longitud aproximada de los conductores de la malla. Para esto, se hará uso de la siguiente expresión matemática:

$$L = \frac{K_m K_1 \rho I \sqrt{T}}{165 + 0.25 \rho_s} \quad [\text{metros}]$$

DONDE:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} L_n \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} L_n \left[\left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{5}{6}\right) \left(\frac{7}{8}\right) \dots \right]$$

DONDE:

D = Separación entre conductores paralelos (20 metros en promedio).

* 1 CIRCULAR MIL = 0.0005067 mm².

h = Profundidad en la malla (0.5 metros en promedio).

d = Diámetro equivalente del conector de la malla.

K_i = Factor de irregularidad de la conexión.

Para prevenir la no uniformidad de la distribución de la corriente de la malla, el valor de éste factor se obtiene de la expresión:

$$K_i = 0.65 + 0.172n$$

DONDE:

n = Número de conductores en paralelo, en una dirección.

ρ = Resistividad aparente del terreno en ohms-metro.

I = Corriente máxima de falla en amperes.

ρ_s = Resistividad del terreno debajo del punto donde se pisa, expresada en ohms-metro (se puede tener con fines conservadores como 300 ohms-metro.).

3.3.1.5. LOS ELECTRODOS EN EL SISTEMA DE TIERRAS.

Los electrodos son la varillas que se clavan en terrenos más o menos blandos y que sirven para encontrar zonas más o menos húmedas, y por lo mismo con menor resistividad eléctrica. Con el objetivo de dispersar fácilmente en ellas las corrientes eléctricas.

Según las características del terreno y de la configuración del sistema de tierras, se pueden encontrar varios tipos de electrodos:

- 1) Electrodo en forma de varilla.
- 2) Electrodo en forma de placa.
- 3) Electrodo en forma de anillo.
- 4) Electrodo en forma de malla.

En algunos casos se combinan los tipos 2,3 y 4 con electrodos en forma de varilla para obtener mejores resultados.

Los electrodos pueden fabricarse con tubos o varillas de fierro galvanizado o bien con varillas de copperweld.

En el caso del fierro galvanizado, se puede usar en terrenos cuya constitución química no ataque dicho material.

En terrenos cuyas componentes son más corrosivas, se utiliza el copperweld que consiste en una varilla de fierro a la cual se adhiere una lamina de cobre. Este material combina las ventajas de la alta conductividad del cobre con la alta resistencia mecánica del fierro. Tiene buena conductividad, excelente resistencia a la corrosión, buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno y se puede conectar a los cables de la red de la tierra a través de los conectores que se describen en la sección posterior.

Las varillas o electrodos se consideran como un complemento de la malla de tierras; y se deben distribuir de manera uniforme, y cercanos a puntos donde se encuentra el equipo instalado. Una regla práctica para determinar el número mínimo de electrodos, indica que se debe dividir la corriente de falla entre 500; es decir:

$$\text{NUMERO MINIMO DE VARILLAS } 10 \text{ PIES } \times \frac{3}{8} = \frac{I_{FALLA}}{500}$$

3.3.1.6. CONECTORES Y ACCESORIOS NECESARIOS EN UNA RED DE TIERRAS.

Los accesorios son los elementos que nos sirven para unir la red de tierras, los electrodos profundos¹⁰, las estructuras, etc.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos:

- a) Conectores atornillados.
- b) Conectores a presión.
- c) Conectores soldados.

Todos los tipos de conectores deben poder soportar la corriente de la red de tierra en forma continua.

Los conectores atornillados se fabrican en bronces de alto contenido de cobre, formando dos piezas que se unen por medio de tornillos cuyo material está formado por bronces al silicio que les da alta resistencia mecánica y a la corrosión.

La utilización del bronce, que es un material no magnético, proporciona una conducción segura para las descargas atmosféricas que son de alta frecuencia.

Los conectores a presión son más económicos que los atornillados y dan mayor garantía de buen contacto.

Los conectores soldados (cadweld) son los más económicos y seguros por lo que se usan con mucha frecuencia.

¹⁰ Para mayor referencia consultar las NOM-001-SEMP-1994, INCISO J, ART. 250-115 al 250-119.

Los conectores para sistemas de tierra difieren de los usados para barras colectoras, en que se fabrican para unir electrodos de tierra al cable; de la malla de tierra al cable de las estructuras, etc. En general, se utilizan en los siguientes tipos de conexiones atornilladas:

- 1) Del electrodo al cable de cobre de la malla, tomando en cuenta si el cable es paralelo o perpendicular al electrodo.
- 2) Del electrodo a dos cables verticales.
- 3) Del electrodo a tres cables verticales.
- 4) De un cable a un tubo o columna.
- 5) De dos cables a un tubo perpendicular a ellos.
- 6) Zapata para conexión a diferentes equipos.
- 7) Conector T de cable a cable.
- 8) De cable a placa.
- 9) De dos cables a placa.
- 10) De varilla a placa.

3.3.1.7. CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A TIERRA DE EQUIPOS

Con relación al calibre de los conductores que deben ser usados en la puesta a tierra de los equipos; las normas para instalaciones eléctricas, establecen que no debe ser menor al indicado en la tabla siguiente:

Tabla 3.3. Sección transversal mínima de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. No mayor en (amperes)	Sección transversal Cobre		Sección transversal Aluminio	
	mm ²	AWG KMC	mm ²	AWG KCM
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1000	67.43	2/0	107.2	4/0
1200	85.01	3/0	126.7	250
1600	107.2	4/0	177.3	350
2000	126.7	250	202.7	400
2500	177.3	350	304.0	600
3000	202.7	400	304.0	600
4000	253.4	500	405.4	800
5000	354.7	700	612.0	1200
6000	405.4	800	612.0	1200

CAPÍTULO IV.

CRITERIO BÁSICO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE (UPS).

4.1. PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA UPS.

El objetivo principal de un sistema de alimentación ininterrumpible es la proteger un aparato eléctrico o un sistema eléctrico con cargas críticas conectadas a él, de toda una serie de inconvenientes que se presentan en el suministro de la energía eléctrica. Actualmente, este tipo de problemas varían de acuerdo con distintos factores que involucran, la zona geográfica, el clima, la calidad de la energía eléctrica, etc.; en fin, toda una serie de inconvenientes que dependen en cada aplicación de los sistemas de respaldo (tal y como se manifiesta en las NOM-001-SEMP-1994, ART. 700-12 Y 701-11).

Por tal motivo se debe aplicar un criterio para diseñar el sistema de alimentación de respaldo que convenga, en cada caso particular, a las necesidades de: protección de los sistemas eléctricos, el espacio disponible para su instalación, y sobre todo al presupuesto disponible. Todos los puntos mencionados nos darán la pauta para seleccionar al fabricante y el modelo del UPS.

El procedimiento a seguir en el diseño de un sistema UPS se puede dar através de los siguientes pasos:

- 1.- DETERMINAR EL TIPO DE CARGA A RESPALDAR.
- 2.- DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CONSUMO DE LA CARGA.
- 3.- SELECCIONAR EL TIPO DE UPS A IMPLEMENTAR.
- 4.- DETERMINAR EL TIEMPO DE RESPALDO DEL UPS.
- 5.- CALCULAR Y SELECCIONAR EL CARGADOR DE BATERÍAS.
- 6.- SELECCIONAR LOS ACCESORIOS QUE SEAN NECESARIOS.
- 7.- SELECCIONAR EL LOCAL REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA UPS.
- 8.- SELECCIONAR EL PROVEEDOR QUE BRINDE EL SISTEMA UPS MÁS CONVENIENTE PARA NUESTRAS NECESIDADES.

4.2. TIPO DE CARGA A RESPALDAR.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible son requeridos para proporcionar energía eléctrica a equipos de carga cuando falle el suministro normal en el tiempo suficiente para evitar poner en peligro la vida y la seguridad del personal, evitar daños en propiedades, y/o para asegurar la continua operación satisfactoria de las instalaciones¹¹. Es decir que se tienen cargas que son más críticas que otras por su aplicación.

El tipo de carga crítica determina el tiempo de transferencia y el acondicionamiento de la alimentación normal; es decir, el tiempo en el cual el conmutador de transferencia conecta la carga crítica, ya sea al voltaje de suministro comercial o al voltaje de respaldo.

¹¹ Tal y como se marca en los Artículos 700-1, 701-1, 701-2 y 702-2.

De acuerdo con lo anterior debemos determinar el tipo de carga a respaldar teniendo en cuenta que existen diversos tipos de cargas, tales como las que a continuación se mencionan.

1.- Tipos de cargas que pueden resistir la pérdida de voltaje durante más de $\frac{1}{4}$ de ciclo:

- Motores.
- Sistemas de iluminación de emergencia (incandescente o fluorescente) en los que la continuidad absoluta no es importante.
- Elementos de calefacción.

2.- Tipos de cargas que pueden resistir la pérdida de voltaje durante $\frac{1}{4}$ de ciclo sin efectos apreciables.

- Instrumentos electrónicos de control de procesos.
- La mayoría de los relevadores y contactores.
- Elaboración de datos y computadoras en proceso.
- Sistemas de iluminación en los que la continuidad es importante (fluorescente y de vapor de mercurio).

3.- Tipos de carga que no pueden resistir interrupciones.

- Redes de comunicaciones de alta velocidad en los que la pérdida de energía implica pérdida de claridad.
- Sistemas electrónicos de elaboración de datos en los que las pérdidas de microsegundos significa pérdida de dígitos o pérdida de memoria.
- Sistemas de control de tráfico aéreo, tanto para aeronaves de alta velocidad como para

vuelos comerciales o privados.

- Sistemas repetidores de microondas.

4.- Tipos de cargas que no pueden resistir variaciones de frecuencia.

- Computadoras digitales.
- Selectores de frecuencia.
- Etc.

Podemos decir que éste es el punto más importante en el diseño y planeación de un sistema UPS debido a que si la carga no presenta ninguna alteración importante al momento de sufrir un corte de energía o debido a las variantes en la calidad de la energía; entonces, o no se requiere de un UPS, o se necesita de una unidad poco sofisticada o se hace presente la necesidad de una fuente que cubre todos los problemas posibles en la instalación o equipo eléctrico.

4.3. CAPACIDAD DE CONSUMO DE LA CARGA.

Otro aspecto importante para la selección de un UPS, es la capacidad de carga¹² que éste puede soportar o manejar. La capacidad de carga de un UPS está dada en KVA y para poder determinar la capacidad de consumo de la carga hay que calcular el consumo total de potencia de la carga.

¹² Referencia: NOM-001-SEMP-1994 ART. 700-5 Y 701-6.

Este dato es de suma importancia debido a que la información que nos proporciona nos da la pauta para determinar la capacidad del inversor necesario, el cual es generalmente especificado en KVA a un factor de potencia dado.

Cuando un UPS es parte de un proyecto integral e inicial, se tienen que consultar las especificaciones del equipo a instalar para realizar la suma de potencias (KVA's totales) y determinar el factor de potencia necesario. Si la unidad de respaldo será adicionada a un sistema o a un aparato eléctrico/electrónico, previamente instalado se medirá el voltaje, la corriente y la potencia (con un wattmetro) con el fin de calcular los KVA's totales si el factor de potencia de todas las cargas es igual. En el caso de tener un factor de potencia diferente para cada equipo, se procederá de la siguiente manera:

- a) Determinar la potencia aparente para cada carga (para lo cual se deben realizar las mediciones de voltaje, corriente y potencia de cada carga).

$$VA = V \cdot I \quad \text{o} \quad VA = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$$

- b) Determinar la potencia activa afectada por el factor de potencia de cada carga.

$$W = V \cdot I \cdot f.p. \quad \text{o} \quad W = V \cdot I \cdot f.p \cdot \sqrt{3}$$

- c) Determinar la potencia aparente reactiva de cada carga.

$$VA_r = \pm \frac{W}{f.p.}$$

- d) Sumar todas las potencias activas.

- e) Realizar la sumatoria de todas la potencias reactivas con factor de potencia en retraso (inductivos) asignándoles un signo negativo.

- f) Realizar la sumatoria de todas la potencias reactivas con factor de potencia en adelanto

(capacitivos) asignándoles un signo positivo.

g) Sumar "e" y "f" para obtener la potencia reactiva neta.

h) Determinar la potencia total aplicando la siguiente fórmula:

$$VA_T = \sqrt{W_T^2 + VA_{rT}^2}$$

i) Obtener el factor de potencia total:

$$F.P._T = \pm \frac{W_T}{VA_T}$$

Otro factor que se debe considerar para determinar la capacidad del inversor lo constituyen las corrientes de irrupción de los motores. La corriente de irrupción se puede medir con un amperímetro en el instante en que se energiza el equipo eléctrico.

Si se trata de corrientes de irrupción con valores altos (más del 125 % de la capacidad nominal del inversor), puede hacerse necesaria la protección por limitación de corriente.

4.4. TIPO DE UPS A IMPLEMENTAR.

La selección del sistema de alimentación ininterrumpible más apropiado se basa en el tiempo de transferencia determinado por el punto 4.2, de las características de la carga determinadas por el inciso anterior y por la confiabilidad del sistema.

Por lo tanto, en ésta sección tendremos que determinar si se implementará un sistema "ON-LINE" o un sistema "OFF-LINE" ; también, si se requiere que el sistema sea más o menos confiable, se debe decidir si el sistema será o no redundante tomando en cuenta algunos

factores importantes, tales como: los circuitos monofásicos y trifásicos, salida de onda senoidal o cuadrada, valores de voltaje (en el caso de requerirse diferentes voltajes de salida) y la máxima temperatura del sitio en donde se instalará el sistema.

4.5. TIEMPO DE RESPALDO DEL UPS.

Como ya se había mencionado, las baterías son los elementos que almacenan la energía que se requiere en el caso de una falla en la fuente principal del suministro y dependiendo del tipo, y de la capacidad, de éstas se tendrá un determinado tiempo de respaldo de la carga. Para poder determinar dicho tiempo se deben de tomar en consideración algunas especificaciones de la batería que son importantes para cumplir con nuestro objetivo:

- 1.- Tipo de batería.
- 2.- Capacidad del banco de baterías.
- 3.- Selección del cargador de baterías.
- 4.- Método de carga.

Generalmente las unidades UPS pequeñas tienen un tiempo mínimo de operación de la batería de 10 a 15 minutos. De hecho, en la industria de los UPS's se ha estandarizado un tiempo de operación de 15 o 60 minutos de operación a plena carga con un factor de potencia igual a 0.8.

4.5.1. TIPO DE BATERÍA.

Las baterías de Plomo-Ácido han sido ampliamente aceptadas para aplicaciones en UPS por su seguridad y bajo costo de adquisición. Esta preferencia ha sido reforzada en años recientes con la llegada de la batería de aleación Plomo-Calcio completamente sellada. Aunque ambas baterías, Plomo-Antimonio y Plomo-Calcio, dan excelente servicio, éstas últimas ofrecen mejores costos contra seguridad aun cuando su costo es de un 10 o un 15 % mayor que el primer tipo.

Cuando esta batería es puesta en flotación, se obtienen excelentes rangos de descarga, ya sea que se requiera una operación de 5 minutos o una reserva de 24 horas. Como en el caso de toda batería, se genera algo de Hidrógeno; sin embargo, por no requerirse carga de igualación (período de sobrecarga) con una flotación apropiada de 2.5V por celda, la emisión del elemento es muy baja. En suma, el mantenimiento de esta batería (adición de agua, limpieza de terminales, checar el peso específico) es únicamente requerido a intervalos de tiempo extensos y su depreciación anual en porcentaje del costo inicial es aproximadamente 4.6 % para Plomo-Calcio y alrededor de 6.2 % para Plomo-Antimonio.

La batería de Niquel-Cadmio no es recomendable para usarse en sistemas UPS debido a su alto costo. Además, necesita de carga compensada y debe descargarse y recargarse periódicamente para mantenerla a plena capacidad. Las ventajas principales de esta batería son: no pierde su capacidad a bajas temperaturas y puede proporcionar altas corrientes de descarga durante periodos cortos (medidos en segundos). La correcta especificación de la batería es de gran importancia para la integridad de un sistema UPS.

4.5.2. CAPACIDAD Y EFICIENCIA DEL BANCO DE BATERÍAS.

La capacidad de la batería es la cantidad de electricidad almacenada durante la carga y que es susceptible de ser entregada en un proceso de descarga.

La capacidad es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que dura la descarga, calculando que se alcanza una tensión final establecida y a una temperatura dada. La capacidad se mide en amperes-hora (Ah).

De lo anterior se concluye que para definir la capacidad nominal de una batería hay que fijar cual es el tiempo de descarga nominal, el cual es conocido también como "régimen de descarga" y la tensión final (*tabla 4.1*).

RÉGIMEN EN HORAS:	ÁCIDA: (EN %)	ALCALINA: (EN %)
1	27	36
3	22	22
5	--	10
6	17	--
8	14	7

TABLA 4.1. Régimen horario de baterías.

CAPACIDAD DE LABATERIA:

$$C = A \times h$$

DONDE:

C = Capacidad.

A = Intensidad de descarga.

h = Tiempo de descarga.

Los puntos a fijar son muy importantes ya que la capacidad real obtenida puede ser diferente al variar la corriente requerida, el tiempo o el voltaje final. Por lo tanto para tener una idea más clara de las características reales de la batería se deben consultar los índices de descarga que se consideran en las tablas y en las gráficas de cada fabricante en particular.

Como ejemplo, podemos observar los valores característicos de una batería de 120 volts nominales:

TIPO.	CELDAS.	FLOTACIÓN.		I/AH.	IGUALACIÓN.		DESCARGA.	
		V_{pc}	V_t		V_{pc}	V_f	V_{pcf}	V_{tf}
ÁCIDA	60	2.15	129	50-100	2.33	140	1.75	105
ALCALINA	92	1.4	129	50-100	1.52	140	1.14	105

TABLA 4.2. Valores característicos de baterías.

DONDE:

V_{pc} = Volts por celda.

V_t = Volts terminales.

V_f = Volts en flotación.

I/AH = Corriente en miliamperes por cada 100 AMP/8 hrs. de capacidad de las celdas.

V_{Pcf} = Volts por celda finales.

V_{tf} = Volts terminales finales.

La baterías también se clasifican o seleccionan de acuerdo con su eficiencia. Tomando como base una batería de 120 volts nominales podemos observar que las eficiencias de los diferentes tipos de baterías son como se muestran en la *tabla 4.3*.

EFICIENCIAS EN %	ÁCIDA.	ALCALINA.
Eficiencia en A-H	91	71
Eficiencia en volts	85	80
Eficiencia en watts-hora	77	57

TABLA 4.3. Eficiencias en las baterías.

EN DONDE:

EFICIENCIA EN AMPERE-HORA. Es la relación de los ampere-hora de salida entre los ampere-hora de entrada.

EFICIENCIA EN WATTS-HORA. Es la relación de energía de salida entre la energía de entrada, ambas en watts-hora.

Por las cifras observadas se ve que en los dos tipos de baterías se tiene la misma tensión de flotación, aunque la energía que demandan es diferente, así que, podemos concluir que la batería

alcalina tiene una eficiencia menor a la batería ácida; sin embargo, como ya se había mencionado anteriormente la temperatura afecta la actividad química de las baterías. Tomando como referencia una temperatura de 25°C (77°F), podemos decir que a bajas temperaturas, la actividad química se hace más lenta y la batería no puede proporcionar la misma cantidad de corriente que proporciona a la temperatura de referencia, por lo tanto, las baterías que se usan en exteriores, tienen además una clasificación de amperes-hora para temperaturas bajas. Para el caso de situaciones extremas, la batería alcalina trabaja mejor que la ácida desde 0°C hasta -51°C con un rendimiento de hasta un 90% para intensidades de descarga pequeñas.

En general las baterías pueden soportar descargas extremadamente intensas durante intervalos reducidos, o pueden suministrar energía durante largos periodos de tiempo disminuyendo la cantidad de corriente entregada. Por ejemplo, si tenemos una batería con una eficiencia de 200 Ah, dicha batería suministraría 5 amperes durante 40 horas antes de que disminuya su nivel de descarga, y por otro lado nos podría proporcionar 10 amperes durante 20 horas y si necesitamos una intensidad de 200 amperes para el arranque de un motor u otro elemento, la carga sólo durará un instante.

Para aumentar la capacidad de corriente se pueden conectar baterías en paralelo y la corriente total será igual a la suma de todas las baterías, las cuales deben conectarse con la misma polaridad.

Por otro lado si lo que queremos es obtener un voltaje más alto, las baterías se conectan en serie de manera que sus fem se sumen. Las celdas se pueden conectar dentro de la batería o combinarse baterías separadas para obtener dicho aumento. En este sentido se deben de tomar en cuenta la resistencia interna de la batería y el número de elementos (celdas) de la batería.

4.5.2.1. RESISTENCIA INTERNA DE UNA BATERÍA.

La variación de la tensión con la intensidad de descarga requerida, depende de la resistencia interna de la batería (R_i).

Cuanto menor sea R_i , menos cae la tensión y más se aprovecha la capacidad de la batería en descargas de corrientes fuertes.

De acuerdo con esto, podemos disponer de tres tipos de elementos o baterías:

- 1.- Baterías de resistencia interna relativamente grande.
- 2.- Baterías de resistencia interna media.
- 3.- Baterías de resistencia interna muy baja.

El primer tipo de baterías son buenas para descargas prolongadas y por lo tanto con intensidades pequeñas (durante tres horas o más); el segundo tipo es bueno en descargas medias (de 30 minutos a tres horas aproximadamente) y el tercer tipo es bueno para descarga de intensidades grandes y tiempos breves o tensiones finales altas (para un tiempo inferior a 30 minutos).

La calidad de los tres tipos es la misma por lo que su uso varía de acuerdo con las necesidades de aplicación.

4.5.2.2. NÚMERO DE ELEMENTOS DE LA BATERÍA.

Este parámetro es para calcular el número de celdas o elementos dividiendo la tensión nominal a la salida de la batería entre la tensión final de cada elemento:

$$n = \frac{\text{Tensión nominal a la salida de la batería}}{\text{Tensión de cada elemento (V/celda)}}$$

4.6. EL CARGADOR DE BATERÍAS.

Los rectificadores-cargadores son los dispositivos eléctricos o electrónicos, generadores de CD, que se utilizan para cargar y mantener en flotación, con carga permanente, la batería de que se trate. El cargador se conecta en paralelo con la batería.

La capacidad de los cargadores va a depender de la eficiencia de la batería, o sea, del tipo de batería que se adquiera. Para una misma demanda impuesta a la batería, se requiere un cargador de mayor capacidad, si es alcalina, por tener ésta una eficiencia menor, de acuerdo con lo visto en el inciso anterior.

Selección de un cargador. Para seleccionar un cargador es necesario fijar su capacidad de salida en amperes. Para ambos tipos de baterías, la capacidad se determina según la siguiente expresión:

$$I_C = \frac{AH_D}{\eta_{AH}} \times T_R + I_{DN}$$

DONDE:

I_c = Corriente del cargador en amperes.

AH_D = Ampere- horas que se necesita devolver a la batería.

η_{AH} = Eficiencia de la batería en ampere-horas.

T_R = tiempo de recarga en horas.

I_{DN} = Corriente de demanda normal en amperes.

En la *figura 4.1* se muestra la curva de demanda que soporta una batería, con base en la cual se selecciona el cargador adecuado.

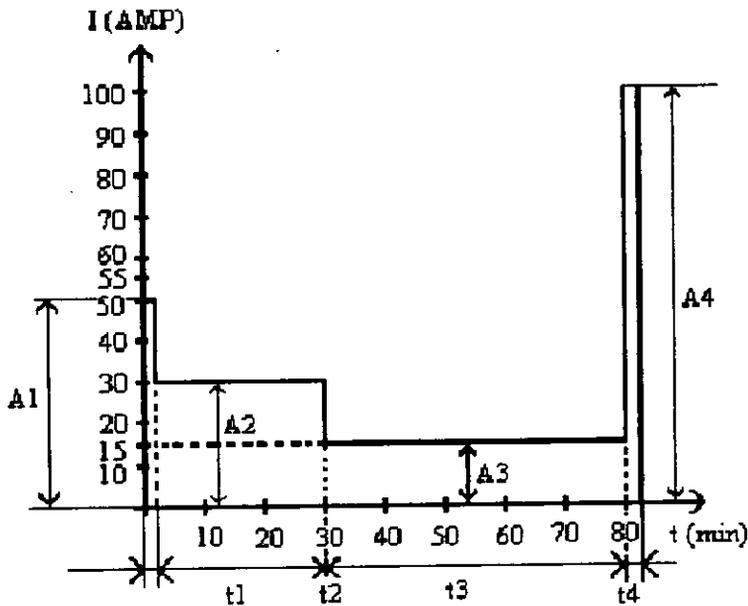


Figura 4.1. Corriente contra tiempo.

Tabulando los valores de la gráfica se tiene:

	DESCARGA EN AMPERES	LAPSO EN MINUTOS.
A ₁	55	1
A ₂	30	29
A ₃	15	51
A ₄	100	1

TABLA 4.4. Régimen de descarga.

Cargador para batería ácida.

$$AH_D = 55 \times \frac{1}{60} + 30 \times \frac{24}{60} + 15 \times \frac{51}{60} + 100 \times \frac{1}{60} = 31.83 \text{ amp-hora.}$$

$\eta_{AH} = 0.91$ por ser ácida.

$T_R = 4$ horas. Se considera que 4 horas es un tiempo razonable para recargar la batería sin dañarla.

Sustituyendo en la fórmula se tiene:

$$I_C = \frac{31.83}{0.91} \times 4 + I_{DN} = 8.75 + I_{DN}$$

De la fórmula se utiliza el primer término, que es el único variable con el tipo de batería, ya que el segundo término sólo depende de la carga.

Cargador para batería alcalina. Se repite el cálculo anterior, en el cual solo cambia la eficiencia en ampere-horas.

$$I_C = \frac{31.83}{0.71} \times 4 + I_{DN} = 11.2 + I_{DN}$$

Como conclusión de los dos casos, y suponiendo que el valor de la demanda normal (I_{DN}) es cero, se requieren los siguientes cargadores.:

Cargador para la batería ácida = 9 amperes.

Cargador para la batería alcalina = 12 amperes.

es decir, que para la batería alcalina se requiere un cargador con una capacidad 33.3% mayor, lo que a su vez implica mayor costo en el equipo y en la energía consumida.

4.7. ACCESORIOS NECESARIOS PARA UN MEJOR DESEMPEÑO DEL UPS.

Se tienen que tomar en cuenta algunos otros aspectos tales como los medios para limitar la corriente, filtros de audio, circuitos de sincronización de inversores, conmutadores de transferencia, etc. El determinar cuáles son necesarios depende de la carga crítica y el grado de protección requerido.

4.7.1. CIRCUITOS LIMITADORES DE CORRIENTE.

Estos protegen al inversor contra sobrecargas y cortocircuitos a la salida. Los selenoides y los motores de gran capacidad toman fuertes cantidades de corriente de irrupción cuando son energizados. La corriente de irrupción se puede limitar hasta un valor seguro sin desconectar la carga del inversor, si se calcula la capacidad nominal del inversor tomando en cuenta la corriente de irrupción en lugar de la corriente normal de operación.

4.7.2. CIRCUITOS DE SINCRONIZACIÓN DEL INVERSOR.

Estos circuitos se usan para igualar fase y frecuencia de salida del inversor con la señal de la frecuencia de la alimentación aplicada en las terminales de sincronización del inversor. Este circuito se usa generalmente para sincronizar el inversor con la línea o con la frecuencia de cualquier fuente de alimentación. También se usa en la disposición de conmutador de derivación sincronizada.

4.7.3. CONMUTADORES DE TRANSFERENCIA.

No todos los inversores son adecuados para usarse con conmutadores estáticos de transferencia debido a la necesidad de operar con un factor de potencia unitario o de adelanto en la terminal de carga del conmutador estático. Se debe seleccionar el inversor necesario así como el conmutador de transferencia del catálogo del fabricante¹³.

4.7.4. INTERRUPTORES MANUALES DE PASO.

Estos interruptores se usan para aislar el conmutador estático o el inversor y ponerlos fuera de servicio sin interrumpir a la carga. El interruptor es normalmente del tipo "sin interrupción" y se instala frecuentemente en la cubierta del inversor.

¹³ Se debe de tomar en cuenta la normatividad que se establece por las autoridades de nuestro país en la NOM-001-SEMP-1994, ART 701-7 Y 702-6.

4.7.5. FILTROS PARA RUIDO ELÉCTRICO.

Para equipos de control suele ser suficiente con el filtrado normal del rectificador. Para telecomunicaciones, los filtros de audio son necesarios cuando el equipo de comunicación de voz es sensible al rizo de la batería. Estos filtros aíslan los ruidos de audio del inversor.

Estos dispositivos limpian la señal de CA otorgándole la calidad (forma y tipo de señal) necesaria o requerida ya que, por ejemplo, en el caso de las armónicas, éstas pueden crear problemas de calentamiento en las máquinas eléctricas o, como ya se había mencionado, crean interferencias en las telecomunicaciones y otros equipos de señales débiles. Para corregir este problema se instalan filtros que las envían a tierra.

Existen dos tipos de filtros de ruido eléctrico: uno de ellos se encuentra formado por dispositivos eléctricos tales como inductancias (L), capacitancias (C) y resistencias, dispuestos de tal forma que en conjunto pueden filtrar hasta determinado número de armónicas y entregar a su salida una señal senoidal limpia. Y el otro filtro lo conforma un transformador llamado de aislamiento, que puede ser de relación de transformación uno a uno, que aísla la señal de CA de las componentes armónicas, quedándose éstas últimas en el primario del transformador.

Las armónicas deben eliminarse a través de este transformador debido a que el tiempo de encendido cambia cada instante, el contenido de armónicas es variable y su eliminación es complicada y costosa por otros medios.

4.7.6. REGULADOR DE VOLTAJE.

En muchas aplicaciones se debe mantener el voltaje a la salida del sistema UPS dentro de un rango preestablecido. Para tal fin se puede colocar un modulo regulador de voltaje que cumpla con dicho objetivo.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible que contienen inversores a base de tiristores pueden regular el voltaje de salida y mantenerlo constante con variaciones muy pequeñas admisibles dentro de cierto rango a través de dispositivos y métodos de control ya mencionados anteriormente. La posible desventaja es el factor de potencia de entrada de los controladores que varía con el ángulo de retraso, que es por lo general pobre, especialmente en el rango bajo de salida.

Por otro lado, si se requiere de una unidad reguladora de voltaje independiente, tenemos dos tipos de reguladores: los reguladores de voltaje electrónicos y los reguladores de voltaje magnéticos.

4.7.6.1. REGULADOR DE VOLTAJE ELECTRÓNICO.

Un regulador electrónico en su forma más simple esta formado por un autotransformador con varios tap's de salida y un circuito de control electrónico conectado en paralelo a la entrada de la línea comercial. La variación promedio existente entre las selección de una derivación, es del orden de ± 5 volts.

Por otro lado tenemos a los controladores de voltaje de CA implementados con tiristores, los cuales normalmente utilizan dos tipos de control:

- 1.- Control de abrir y cerrar.
- 2.- Control de ángulo de fase.

En el control de abrir y cerrar, los tiristores conectan la carga a la fuente de CA durante unos cuantos ciclos y a continuación la desconectan por unos cuantos ciclos más. En el control de ángulo de fase, los tiristores conectan la carga a la fuente de CA durante una porción de cada uno de los ciclos de voltaje de entrada. Si se conectan como convertidores duales se pueden operar como cambiadores de frecuencia directa, conociéndose como cicloconvertidores.

4.7.6.2. REGULADOR MAGNÉTICO.

En este caso el regulador al que hacemos referencia se le conoce como de núcleo saturado.

Como su nombre lo indica, es un transformador de voltaje convencional que se diseña de tal forma que el primario opere en forma natural o normal, mientras que el secundario se lleva a la región de operación en saturación conectando, en paralelo, a su salida un condensador.

Este tipo de reguladores también son conocidos como reguladores ferresonantes con un porcentaje de regulación del $\pm 2\%$ y un $\pm 3\%$ de distorsión armónica total.

4.7.7. SUPRESORES DE SOBREVOLTAJE.

Un supresor de picos de voltaje, esta formado por un arreglo de dispositivos semiconductores con una resistencia variable que esta en función del voltaje y tienen un valor de recorte preestablecido, es decir, los sobrevoltajes son recortados y limitados a éste valor, de tal forma que no se permite el paso de voltajes mayores, ya sean instantáneos (picos de voltaje) o de mayor duración que puedan afectar o dañar a una determinada carga.

Estos módulos deben ser conectados en paralelo con el voltaje de la línea y pueden ser configurados para dar protección línea a línea, línea a neutro o línea a tierra.

Los dispositivos semiconductores que más se utilizan en la actualidad, solos o en combinación, son: los varistores de metal óxido (MOV's), los diodos de Silicio de avalancha (SAD's) y los tubos de gas. Su uso es determinado por los requerimientos de voltaje de los equipos protegidos, por los riesgos de los fenómenos naturales eléctricos, etc.; además por las características de cada dispositivo semiconductor.

Los varistores de metal óxido no son caros y son fácilmente acondicionables a aplicaciones particulares. Su capacidad para manejar la energía se incrementa simplemente aumentando su número. Su desventaja es que existe degradación o desgaste en ellos y no es detectable por alguna alarma, diseñada para ello, que indique la falla.

Los diodos de Silicio de avalancha empiezan a conducir despues de alcanzar un voltaje de rompimiento. Tienen una respuesta rápida, cobertura absoluta y ausencia de degradación. Estos dispositivos son generalmente más costosos debido a la gran cantidad de componentes requerida para conseguir adecuarlos al manejo de diferentes necesidades de energía.

Los tubos de gas reaccionan lentamente ante incrementos de voltaje por corto circuitos. Como los tubos de gas no se desactivan una vez que empiezan a conducir, la potencia puede verse disminuida lo suficiente como para terminar con la energía de una fuente secundaria.

4.8. LOCAL REQUERIDO PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA "UPS".

Cuando se planea, se diseña y se escoge un sistema UPS para una aplicación específica se deben tomar en cuenta todos los puntos expuestos anteriormente, pero también es importante tener en mente el local donde dicho sistema será ubicado.

El área debe ser lo suficientemente grande para que pueda ser accesible en caso de requerirse algún tipo de revisión y/o mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, y por ende también debe contar con una buena iluminación, ya sea natural y/o artificial, que permita detectar algún inconveniente o simplemente facilitar el acceso y revisión necesarios.

Nuestro sistema de respaldo debe ser instalado en un lugar que se encuentre ubicado lo más cerca posible a la carga crítica para evitar la disminución de potencia debido a caídas de tensión en los conductores que conectan al UPS con dicha carga, lo cual nos lleva a instalar los accesorios idóneos (conductores, canalizaciones, ductos, centros de distribución, sistemas de tierra, etc.) para la correcta entrega de la energía requerida.

Se debe considerar también si en las cercanías del UPS laborará personal que sea posible generador de ruido, ya que la mayoría del UPS's basados en dispositivos SCR usan algunas

técnicas de conmutación que interrumpen su operación con altos niveles de ruido. Este tipo de problema no es muy común en los UPS's transistorizados, ya que no emplean circuitos de conmutación que generen este tipo de interrupciones en la operación normal.

Por otro lado, debemos asegurar que el local asignado tenga la capacidad de disipar el calor generado por el UPS, especialmente para sistemas de mediana y alta potencia. Las unidades más pequeñas son generalmente ubicadas en espacios donde el calor generado puede ser manejado por el sistema de aire acondicionado normal.

Si el sistema de respaldo usará baterías externas, se debe determinar si éstas se instalaran en gabinetes o si serán montadas en estantes abiertos. En el caso de requerirse éstos últimos debemos determinar si se necesitan estantes especiales para movimientos sísmicos¹⁴ y en general verificar que se cuenta con la ventilación adecuada en la sala de baterías¹⁵ (en caso de requerirse un local independiente) o en el lugar donde se ubicará el gabinete¹⁶.

En caso de que el UPS no estuviera en un espacio ambientalmente controlado, las especificaciones del mismo deben ser examinadas para asegurar que el sistema operará en el ambiente y lugar designado para su instalación en una forma totalmente eficiente.

¹⁴ Esto es con el fin de satisfacer los requerimientos de estantes y charolas mencionados en la NOM-001-SEMP-1994, ART. 480-7.

¹⁵ Tal y como se pide en el ART. 480-9.

¹⁶ En cumplimiento del ART 480-8.

4.8.1. ESPECIFICACIONES DE LOS SISTEMAS UPS.

El ingeniero encargado del diseño debe analizar el sistema y determinar la magnitud del daño que pudiera ocurrir por una falla de energía. Entonces, debe seleccionar el sistema de alimentación ininterrumpible más económico que proporcione la potencia adecuada a la carga crítica en el tiempo mínimo permisible y sin sacrificar las necesidades de la misma.

Después de seleccionar los elementos principales y los accesorios adicionales necesarios, se debe llenar una forma de especificaciones.

Las especificaciones de los sistemas de alimentación ininterrumpible son muy importantes. Los aspectos principales que se deben tomar en cuenta cuando se especifican los componentes de estos sistemas son:

a) Cargador de baterías.

Los datos referentes a la alimentación indicarán lo siguiente:

- 1.- Voltaje de la fuente. El voltaje de entrada determina el equipo necesario. Los límites de variación del voltaje de entrada deben indicarse si es posible. Los transitorios conocidos de la fuente tales como las disminuciones momentáneas de voltaje en la línea debidas al arranque de motores, que no se incluyen en las variaciones de voltaje de la fuente, también deben de indicarse, La conexión de otras cargas a la fuente que alimenta al equipo de alimentación ininterrumpible puede ser peligrosa.
- 2.- Fase y frecuencia de la línea de la fuente de alimentación (monofásica o trifásica, a 50 o 60 ciclos).
- 3.- Protección de la línea de alimentación (interruptores o fusibles).

4.- Relevador de alarma de falla de potencia (accesorio opcional).

Los datos referentes a la salida indicarán:

- 1.- Voltaje de CC (125, 48, 24, u otros voltajes).
- 2.- Regulación de voltaje.
- 3.- Capacidad de régimen de recarga de la batería.
- 4.- Protección (interruptores o fusibles).
- 5.- Detector de conexión a tierra con luz indicadora o alarma (opcional).
- 6.- Instrumentos (amperímetro o voltímetro o ambos, conmutador de igualación de flotación si se requiere, relevador de bajo voltaje de CC para detectar pérdidas de potencia hacia el cargador {opcional}).
- 7.- montaje (pared o piso).

b) Batería y soporte.

- 1.- Tipo de batería (ácida, alcalina o de cualquier otro tipo).
- 2.- Voltaje (125, 48, 24, u otros voltajes de CC).
- 3.- Capacidad en amper-horas de la batería a un régimen de descarga determinado (debe garantizarse el funcionamiento satisfactorio del inversor durante el período de interrupción especificado, sin ninguna caída perjudicial de voltaje en las terminales de la batería).
- 4.- Tipo de soporte para la batería.
- 5.- Conexiones entre celdas y entre filas, terminales de cables, electrolito y accesorios normales.
- 6.- Duración de la capacidad de la fuente de alimentación proveniente de la batería en caso de falla de potencia.

7.- Control de tiempo (para controlar la carga de igualación de la batería, si es necesario).

c) Inversor.

Los datos referentes a la alimentación indicarán:

- 1.- Voltaje (125, 48, 24, u otros voltajes de CC).
- 2.- Amperes (con el voltaje seleccionado a plena carga).
- 3.- Protección (interruptores o fusibles).

Los datos referentes a la salida indicarán:

- 1.- Voltaje (480, 240, 120, voltaje de CA).
- 2.- Fases (monofásicas o trifásicas).
- 3.- Frecuencia (50 o 60 ciclos a $\pm 1\%$).
- 4.- Forma de onda (senoidal o cuadrada).
- 5.- Distorsión armónica.
- 6.- Regulación del voltaje de salida.
- 7.- Regulación de frecuencia.
- 8.- Limitador de corriente.
- 9.- Conmutador sincronizador de derivación (es opcional, pero si se especifica, debe tener contactos del tipo "sin interrupción" para inspeccionar o dar servicio al inversor).
- 10.- Protección (interruptores o fusibles, indicando el tipo apropiado para satisfacer condiciones de la carga crítica).
- 11.- Instrumentos (amperímetro o voltímetro, o ambos, de CA y CC, y un medidor de

frecuencia { opcional }).

12.- Temperatura ambiente (0° a 100° F; el enfriamiento por ventilación forzada se puede especificar para una operación continua a 120° F).

d) La información de la carga crítica indicará:

- 1.- La carga constante (en volts/amperes).
- 2.- El factor de potencia total de las cargas críticas.
- 3.- La carga de irrupción (carga de arranque en VA).
- 4.- El lapso durante el cual debe alimentarse la carga sin el cargador en operación.
- 5.- Voltaje (porcentaje de variación permisible).
- 6.- Naturaleza de las cargas críticas.
- 7.- Condiciones especiales de operación para una carga crítica.

e) Las especificaciones generales proporcionarán:

- 1.- La unidad integral de alimentación ininterrumpible o los componentes individuales por separado.
- 2.- Las disposiciones para la calefacción del medio ambiente.
- 3.- La unidades a prueba de hongos o para climas tropicales.
- 4.- Las indicaciones del fabricante con respecto a configuraciones, pesos y espacios necesarios, así como el suministro de diagramas de conexión e instrucciones de operación y mantenimiento.
- 5.- La lista de partes de repuesto necesarias.

**4.9. SELECCIÓN DEL PROVEEDOR QUE BRINDE EL SISTEMA UPS MÁS
CONVENIENTE PARA NUESTRAS NECESIDADES.**

Actualmente, éste es uno de los puntos de mayor importancia debido a que los adelantos en la tecnología han hecho que los fabricantes de este tipo de equipos diseñen módulos completos que nos evitan realizar todos los cálculos requeridos, proporcionándonos mediante gráficas, tablas, etc., datos que son útiles para determinar el sistema UPS más conveniente para satisfacer nuestras necesidades de alimentación de nuestra carga crítica, y también se cuenta con el asesoramiento técnico, capacitación, instalación y servicio garantizados.

La principal ventaja de esto es que, nosotros como usuarios, tan sólo tendremos que proporcionar al fabricante unos cuantos datos, como por ejemplo: el tipo de carga que vamos a respaldar (resistiva, inductiva o capacitiva), la capacidad de la carga en VA's, el factor de potencia, el tiempo de respaldo y el tipo de protección demandados por nuestra carga, además de los datos sobre la infraestructura con que se cuenta para la instalación del sistema de respaldo.

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN PRÁCTICA DE UN SISTEMA UPS.

5.1. INTRODUCCIÓN.

Los principales objetivos de un sistema de alimentación ininterrumpible (UPS) son, como su nombre lo dice, suministrar energía sin interrupción cuando falla la fuente primaria de alimentación y proteger al equipo respaldado de los factores que afectan la calidad de la energía suministrada por la fuente primaria (en el caso de los sistemas ON-LINE).

Como ya habíamos mencionado anteriormente, los sistemas UPS pueden tener aplicaciones muy variadas dependiendo de la carga crítica a proteger. Particularmente en este caso, expondremos el caso de un sistema de emergencia requerido para el control del tráfico aéreo en el Aeropuerto Internacional "Lic. Benito Juárez" de la ciudad de México.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, es el sector responsable de integrar el sistema de comunicación terrestre, marítimo y aéreo, para responder así a los requerimientos económicos y sociales del país. Con base en ello, establece la infraestructura permanente para la consolidación de los servicios, racionaliza su organización y crea organismos de simplificación para lograr una prestación eficiente y eficaz.

Dentro de la estructura orgánica del sector y como apoyo sustancial, se contempla la Subsecretaría de Comunicaciones y Desarrollo Tecnológico, la cual es responsable de la

administración, operación y prestación de los servicios de Telecomunicaciones, Informática, Teleinformación Postal, Telegráfico y demás conexos a su área.

5.2. SERVICIOS A LA NAVEGACIÓN EN EL ESPACIO AÉREO MEXICANO.

SENEAM, Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano, es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, dependiente de la Subsecretaría de Desarrollo Tecnológico, que fue creado el día 3 de Octubre de 1978 respondiendo a la necesidad de que las actividades aeronáuticas se realicen con el máximo de eficiencia y responsabilidad.

El órgano desconcentrado SENEAM suministra importantes servicios a la aviación nacional e internacional que transita por el espacio aéreo bajo la jurisdicción de México. Tales servicios son: Tránsito Aéreo, Despacho e Información de Vuelo, Meteorología Aeronáutica, Telecomunicaciones Aeronáuticas, Radioayudas para la Navegación Aérea e Información Aeronáutica. Además; elabora los procedimientos de vuelos que seguirán las aeronaves en los aeropuertos y en ruta.

5.2.1. OBJETIVO DE SENEAM.

Garantizar el transporte seguro y eficiente de personas y bienes en el Espacio Aéreo Mexicano, a través de servicios para la Navegación Aérea, como son:

- A) Control de Transito Aéreo.
- B) Meteorología Aeronáutica.
- C) Telecomunicaciones Aeronáuticas.
- D) Radioayudas a la Navegación Aérea.
- E) Despacho e Información de Vuelos.

5.2.2. SERVICIOS QUE PRESTA SENEAM.

- A) Servicios de Control de Transito Aéreo.

La función de estos servicios es la de garantizar un movimiento seguro y rápido de las aeronaves en los aeropuertos y en el Espacio Aéreo Mexicano.

Para el logro de éstos fines, se cuenta con 52 torres de control, 27 unidades de control de aproximación, 3 AFIS (servicios de información de vuelo de aeródromo), 3 FIS (servicio de información de vuelo) y 4 centros de control que ejercen control radar en la totalidad del espacio aéreo superior y parte del inferior. Todos estos procedimientos se realizan a través de sistemas automatizados y bajo estrecha supervisión de personal altamente calificado.

- B) Servicio de Meteorología Aeronáutica.

Este consiste en proporcionar al personal de vuelo (pilotos, líneas aéreas, aeronaves oficiales y aviación general), informes meteorológicos (pronósticos del tiempo) de las condiciones existentes en los aeropuertos, rutas aéreas adyacentes y en las aerovías.

Para esto, SENEAM cuenta con un centro de análisis y pronósticos donde se concentra toda la información meteorológica procedente del extranjero (Washington, vía microondas) y de la red de 56 estaciones meteorológicas instaladas en la República, en las que se efectúan las observaciones meteorológicas cada hora, para ser analizadas y procesadas a fin de elaborar los Pronósticos de Área y Terminal, así como las Cartas de Superficie y de Altura.

C) Servicio de Telecomunicaciones Aeronáuticas.

Este servicio tiene por objeto fundamental garantizar el curso de los informes necesarios para la regularidad de la navegación aérea en el territorio nacional, constituyendo así el enlace indispensable para la realización eficiente de las operaciones aeronáuticas.

Para estar acordes a ésta época de satélites y computación, cuentan con 21 estaciones terrenas, que facilitan la comunicación entre los centros de control a través de los satélites Morelos II y Solidaridad I, la comunicación con otros países es vía microondas, sólo Mérida con la Habana es a través del satélite Intelsat. Se cuenta también con la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas (AFTN) y la red de 32 estaciones repetidoras remotas aire-tierra.

D) Servicios de Radioayudas a la Navegación Aérea.

La función básica de éste servicio, es la de proporcionar a todas las aeronaves que transitan en las rutas o proximidades de los aeropuertos una guía de navegación continua y confiable para seguir trayectorias adecuadas.

Las radioayudas instaladas a disposición de los usuarios son 22 Radiofaros No Direccionales (NDB), 74 Radiofaros Omnidireccionales asociados con Equipo Medidor de Distancia (VOR-DME), 17 Sistemas de Aterrizaje por Instrumentos (ILS).

Además, y en apoyo al Servicio de Tránsito Aéreo, se han instalado 7 radares de vigilancia de área terminal y 7 radares de vigilancia en ruta, el primero de corto alcance y el otro de largo alcance.

E) Servicio de Despacho e Información de Vuelos.

Este servicio consiste, principalmente, en proporcionar a los pilotos, antes de las salidas de los vuelos, el asesoramiento meteorológico (reportes, pronósticos, vientos superiores, etc.) y operacional (NOTAMS, cartas de aerovías, información aeronáutica, etc.), coordina con la autoridad competente y los servicios de tránsito aéreo lo relativo a la presentación y aprobación del plan de vuelo, mantiene el aseguramiento del vuelo hasta su llegada, conforma procedimientos de emergencia, que incluyen desde la vigilancia del progreso de vuelo, hasta la coordinación con las autoridades para efectos de búsqueda y salvamento en su caso.

5.2.3. ORGANIGRAMA DE SENEAM.

El SENEAM esta organizado por una Dirección General, la Gerencia Técnica, la Gerencia de Normas Operacionales, la Gerencia de Finanzas, la Gerencia de Administración y cinco Gerencias Regionales. Éstas últimas se encuentran con base en México, D.F. (Gerencia Centro),

Guadalajara (Gerencia Occidente), Mazatlán (Gerencia Noroeste), Monterrey (Gerencia Noreste), Mérida (Gerencia Sureste). A su vez las Gerencias Regionales se apoyan en las Subgerencias Regionales Divididas de la siguiente manera:

- México, D.F. y Acapulco (Gerencia Centro).
- Guadalajara y Puerto Vallarta (Gerencia Occidente).
- Tijuana (Gerencia Noroeste).
- Monterrey y Chihuahua (Gerencia Noreste).
- Mérida (Gerencia Sureste).

Las cuales atienden una totalidad de 55 aeropuertos y un número considerable de facilidades ubicadas en diferentes puntos de la República.

Una de las áreas de nuestro interés es la Gerencia Técnica debido a que es el área de responsabilidad que a través de los departamentos que la conforman tiene bajo su responsabilidad el elaborar los programas operativos a corto y mediano plazo, que reflejan las metas que el SENEAM se ha trazado conforme a las directrices de los planes nacionales del transporte aéreo y de los recursos asignados. Elabora normas para la adquisición, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas y equipos empleados en la navegación aérea. Coordina con las Unidades Técnicas, Operacionales y Administrativas, sobre necesidades de sistemas, procesamiento de datos, procediendo a implementar sistemas. La Subdirecciones que conforman ésta Gerencia son :

Subdirección de Ingeniería.

Unidad técnica-administrativa responsable de la coordinación de la instalación de los sistemas y equipos, así como del establecimiento de lineamientos, procedimientos e información para el óptimo aprovechamiento de los recursos en la prestación de los servicios. Efectúa las

pruebas para el diseño e implementación de los equipos, sistemas e instalaciones y que éstos demuestren su eficiencia de operación.

Subdirección de Investigación de Sistemas de Computo Aeronáutico.

Unidad de apoyo técnico para el desarrollo, investigación y promoción de sistemas y equipos de cómputo que se utilicen o pretendan adquirir para la optimización en el manejo de información integral requerida para una prestación de servicios más eficiente y eficaz. Coordina con las diferentes áreas usuarias de los sistemas y equipos, sus necesidades de operación, integrando procedimientos de aplicación común y efectuando las verificaciones de proceso en el desarrollo de las funciones previstas, actualizando o modificando los procesos que lo requieran.

Departamento de Informática.

Área técnica-administrativa encargada del análisis, diseño y operación de sistemas de información susceptibles de aplicarse en procesos controlados por la computadora. Efectúa el proceso de datos de los diferentes sistemas en operación, verificando su funcionalidad y asesorando a los diferentes usuarios en la modificación, actualización y diseños de dichos sistemas.

Departamento de Capacitación.

Unidad responsable de efectuar la coordinación integral para el desarrollo y actualización del personal de SENEAM, programando y proponiendo los diferentes cursos y técnicas para el óptimo aprovechamiento de la capacitación como medio de superación en la operación y su repercusión en la prestación de servicios. Coordina con las diferentes áreas de las dependencia las necesidades de capacitación de personal, proponiendo convenios con diferentes dependencias, instituciones y organismos educacionales que ofrezcan apoyo a los programas de SENEAM.

5.3. RESPALDO DEL EQUIPO MEDIANTE EL CUAL SENEAM PRESTA SUS

SERVICIOS.

Para ejemplificar la aplicación practica del sistema UPS nos ubicaremos en la Gerencia Regional Centro, en la Subgerencia Regional México, D.F. y más específicamente en el Aeropuerto Internacional "Lic. Benito Juárez" de la Ciudad de México; enfocando particularmente las instalaciones de SENEAM donde se encuentra ubicado el Centro de Control y Monitoreo por Radar que brinda su atención apoyándose en la infraestructura que proporciona todos los servicios mencionados en el apartado 5.2.2. En éste caso sólo hablaremos del equipo con que cuenta éste centro, descartando las instalaciones de la torre de control, debido a que ésta última cuenta con un equipo de respaldo independiente al que nos referiremos a continuación.

Recientemente, se realizó la adquisición de un equipo de monitoreo por radar con tecnología de punta en todo el mundo que vino a sustituir al antiguo equipo y que requería, al igual que el equipo restante de comunicaciones y procesador de datos ya instalado con anterioridad, de un máximo de protección a los diferentes inconvenientes originados por la acometida de la fuente primaria, por lo tanto, se penso en el diseño de un sistema de alimentación ininterrumpible que contara con las especificaciones y los accesorios necesarios para el respaldo del equipo con el objetivo de brindar un servicio continuo las 24 horas del día, los 365 días del año.

A través de la Gerencia Técnica y de sus diferentes Subdirecciones se realizó el diseño y la adquisición de un sistema de alimentación ininterrumpible acorde con las nuevas necesidades

requeridas por el Centro de Control y Monitoreo, cabe mencionar que ya se contaba con un sistema UPS con una capacidad menor (20 KVA's) a la que se requería en ese momento y tecnológicamente inferior debido a que no contaba con algunos accesorios y funciones que le proporcionan mayor protección al equipo respaldado. Para ello, se siguió un criterio y un procedimiento semejantes a lo que a continuación se describe, a grandes rasgos.

Por todos los servicios que SENEAM presta, se sabe que la carga a proteger es del tipo que no puede resistir interrupciones de voltaje de ningún tipo ya que dicha carga incluye equipo de comunicaciones que se apoya en sistemas telegráficos inalámbricos, radio y microondas, comunicaciones aire-tierra y de punto a punto que incluyen transmisión de audio, video y datos, que cubren todos los servicios ya mencionados anteriormente.

Por otro lado, se realizó la suma de las cargas individuales a respaldar, pues si bien es cierto que ya se contaba con un módulo UPS de capacidad menor, se requería de un dato más exacto sobre la potencia consumida realmente hasta ese momento por la carga. A través de la medición directa y de los datos de fabricante se determinó una capacidad de consumo de 28 KVA con un factor de potencia del 85% en atraso incluyendo, por supuesto, las corrientes de irrupción generadas por algunos aparatos, tales como: impresoras, monitores, máquinas copiadoras, etc.

Basándose en estas características, propias de la carga, se llegó a la conclusión de que un sistema ON-LINE era la opción más viable debido a que el tiempo de transferencia debía ser instantáneo (≈ 0) con una señal de salida trifásica, puesto que la capacidad de consumo de potencia

por parte de la carga era considerable, de forma senoidal y con un voltaje de salida de 120-208 V \pm 5%.

El siguiente punto crítico, fue establecer el tiempo de respaldo del sistema de alimentación ininterrumpible. En este rubro, el tiempo de operación de las baterías no necesitaba ser muy largo puesto que se contaba y se sigue contado con otros sistemas alternos de alimentación como son: el tener dos acometidas a través de dos subestaciones con un transformador de 150 KVA con una relación de voltajes 23 000 / 220 V cada una; además de dos plantas generadoras de emergencia del tipo de combustión interna a diesel con una capacidad de 350 KVA, cada una con sensores automáticos que arrancan la unidad 30 segundos después de que se detecta la falta de energía cuando ambas acometidas o fuentes primarias de alimentación se encuentran fuera de servicio, permaneciendo en operación durante 10 minutos después de restablecerse el suministro comercial de energía¹⁷.

Así, se planteo un tiempo aproximado de operación de 15 minutos con una intensidad de descarga de 78 amperes (con una corriente de irrupción de 115 A), requiriendo por lo tanto un banco de baterías con una capacidad C=34.5 AH (en ese momento, requiriendose de módulos de expansión a futuro), de alto rendimiento y bajo nivel de gasificación por razones que involucran el lugar de su instalación. Desde luego que el cargador-rectificador, el inversor, el bypass y demás accesorios serian seleccionados de acuerdo con el tipo de banco de baterías a usar con el fin de

¹⁷ Según dice el ART. 705 de la NOM-001-SEMP-1994.

obtener la máxima eficiencia del equipo y debido también, en gran parte, a los voltajes y la corrientes a manejar en CD.

En cuanto a la selección de los accesorios necesarios para mantener una excelente protección del equipo y una buena calidad de la señal a la salida del modulo UPS, se considero necesario que el sistema de alimentación ininterrumpible contara con: filtros limitadores de corriente, filtros para ruido eléctrico, supresores de picos de sobrevoltaje, sincronizadores automáticos que mantuvieran la frecuencia o fase de salida dentro de un rango de $\pm 5\%$, dispositivos que mantuvieran una distorsión armónica de la señal de salida dentro de una tolerancia del $\pm 5\%$.

Todos estos aditamentos era muy importantes debido a que se tenían cargas de tipo inductivo que podían llegar a afectar de manera importante al equipo; sin embargo, se debían de tener en cuenta aspectos indispensables tales como: una regulación de voltaje que se mantuviera dentro de una tolerancia del $\pm 5\%$ a la salida del UPS y con una corrección automática del factor de potencia para un máximo aprovechamiento de la energía, además de los medios de protección y medición necesarios para mantener la integridad tanto del UPS como de la carga a proteger.

Hasta ese momento, tan sólo se tenían bien definidas las necesidades de la carga crítica y los parámetros que debían de ser cubiertos. Como ya se sabe, el hecho de haber contado con un primer equipo de respaldo facilito enormemente la tarea, desgraciadamente ese equipo ya no brindaba la protección necesaria con el nuevo equipo de monitoreo y control por radar recientemente adquirido.

El hecho es, que debía buscarse un equipo que superara al anterior funcional y tecnológicamente hablando, por lo tanto, se procedió a la búsqueda del proveedor que brindara las mejores perspectivas de manera integral. Es decir, que proporcionara lo último en tecnología, confiabilidad y posibilidades de expansión del módulo en un futuro, con flexibilidad para la optimización y dimensionamiento de acuerdo con la potencia y parámetros requeridos.

Finalmente, después de reunir información sobre varios equipos, se compararon las características, las ventajas y desventajas, tanto técnicas como económicas, de cada uno llegando a la conclusión de que el grupo Precisión Control S.A. de C.V., el cual es una empresa que realiza actividades de importación, fabricación y venta de sistemas de alimentación ininterrumpible (entre otros equipos y servicios), satisfacía las necesidades de acondicionamiento a través de equipos de reconocida marca y servicio de la más alta calidad.

De entre la amplia gama de sistemas UPS con que contaba este proveedor, se selecciono el sistema Powerware Plus 80 (*fig. 5.1*) de la marca internacional Exide Electronics. Dicho modelo es un sistema de alimentación ininterrumpible ON-LINE, el cual nos brinda dentro del mismo gabinete tres posibilidades de expansión sobre la potencia requerida.

Para poder apreciar las características propias de cada módulo podemos comparar las características de desempeño, brindadas por el fabricante, para los tres modelos y que a continuación se ilustran en la *figura 5.2*. Dichas características están basadas en las Normas Internacionales ISO 9001¹⁸.

¹⁸ Norma Mexicana NMX-CC-003: 1995 EMNC, ISO 9001:1994 Sistemas de Calidad - Modelo para el Aseguramiento de la Calidad en Diseño, Desarrollo, Producción, Instalación y Servicio.

Powerware® Plus 80 On-line Uninterruptible Power System

MODEL 50	50kVA / 40kW
MODEL 65	65kVA / 52kW
MODEL 80	80kVA / 64kW



The Exide Electronics Powerware Plus 80 combines on-line UPS technology with the latest in network communications. A complete solution for your mission-critical applications. For use in both mainframe and client/server environments, the Plus 80 gives you:

- Continuous on-line protection
- Superior system reliability
- World class quality
- Flexible network communications

The Exide Electronics Powerware Plus 80 UPS provides power protection through superior on-line technology, flexible communications and user-friendly operation. A variety of options allows easy integration of the

Plus 80 into centralized or remote monitoring systems, and network adapters provide LAN connectivity and SNMP compatibility. Other communications options include remote terminal capabilities, remote monitoring panel and remote emergency power-off, which are available through standard RS-232 and RS-485 ports.

Powerful, yet easy to understand. The Powerware Plus 80's monitor panel features a large easy-to-read LCD, push-button controls, operational metering features, utility statistics and intelligent alarm management. These features allow you to quickly monitor UPS

operations and the status of the supported system. A battery monitoring and test system proactively identifies the battery time available should a loss of utility power occur.

The Powerware Plus 80 is equipped with intelligent controls, dual-feed input capability, self-diagnostics, redundant fans and redundant control power supplies. The integration of insulated gate bipolar transistors (IGBTs) into a high speed inverter lets the Plus 80 more effectively support demanding non-linear loads, such as PCs, laser printers and industrial motor drives.



Figura 5.1. Presentación física del Sistema Powerware Plus 80 On-Line.

(Cortesía de Exide Electronics International.)

Powerware Plus III Performance Characteristics																
		Model 50					Model 65					Model 80				
		50kVA/40kW					65kVA/52kW					80kVA/64kW				
Input Voltage *	Volts	480	480	208	900	400	480	480	208	600	400	480	480	208	600	400
Output Voltage *	Volts	208	480	208	208	400	208	480	208	208	400	208	480	208	208	400
Input Voltage Range																
Minimum	Volts	408	408	177	510	340	408	408	177	510	340	408	408	177	510	340
Maximum	Volts	528	528	229	660	440	528	528	229	660	440	528	528	229	660	440
Input / Output Frequency	Hz	60	90	60	60	50-60	60	60	90	60	50-60	60	60	60	60	50-60
AC Input (With input filter)																
Nominal Amps	Amps	56	56	128	15	69	72	72	67	58	90	89	89	205	72	106
Maximum Amps	Amps	69	69	150	36	95	90	90	208	72	112	111	111	256	89	133
AC Input (Without input filter)																
Nominal Amps	Amps	66	66	150	52	81	95	85	196	68	105	105	105	241	84	125
Maximum Amps	Amps	82	82	198	65	101	106	106	245	85	131	131	131	301	105	157
Bypass Input																
Nominal Amps	Amps	60	60	139	48	74	78	78	180	63	97	96	96	222	77	115
AC Output																
Nominal Amps	Amps	129	60	129	139	74	180	78	180	180	97	222	96	222	222	115
10 Minutes Max	Amps	174	75	174	174	93	225	98	225	225	121	278	120	278	278	144
DC Link																
Nominal DC Voltage	Volts	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480
Float Voltage	Volts	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
End of Discharge	Volts	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401	401
Maximum Amps	Amps	100	100	100	100	100	130	130	130	130	130	150	150	150	150	150
Physical Attributes (w/o batt.)																
Installed Weight **	Lbs	2000	2000	2475	3400	2475	2000	2000	2475	3400	2475	2000	2000	2475	3400	2475
Installed Width	Inches	34	34	34	58	34	34	34	34	58	34	34	34	34	58	34
System Efficiencies																
@ 100% Load	%	92	92	91	91	91	92	92	91	91	91	92	92	90	90	91
@ 75% Load	%	92	92	90	90	90	92	92	91	91	91	92	92	91	91	91
@ 50% Load	%	91	91	88	88	88	92	92	89	89	89	92	92	90	90	90
Full Load Heat Dissipation																
BTU/hr (x1000)		11.9	11.9	13.5	13.5	13.5	15.4	15.4	17.6	17.6	17.6	19.0	19.0	24.3	24.3	21.6
kCal/hr (x1000)		3.00	3.00	3.40	3.40	3.40	3.89	3.89	4.43	4.43	4.43	4.79	4.79	6.12	6.12	5.45
Inverter Efficiency (Full Load)	%	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93

* Easily adjustable for 380, 400 or 415 VAC Input/Output, 50 or 60 Hz
 ** All cabinets are 73.5 inches (1867 mm) high and 31.5 inches (800 mm) in depth



PSIM
13 200 000 000



UL



UL



UL

Specifications subject to change without notice.
 All previously mentioned corporate names and brands are registered as trademarks by their respective companies.
 1-800-554-3448 (Toll-free in US & Canada) World Headquarters, 8009 Six Forks Road, Raleigh, NC 27615 USA
 Telephone (US) 1-919-872-3020, Fax (US) 1-900-75-ENICE, International Telephone 1-919-870-3233, International Fax 1-919-870-3300
 PLS06FXA B/98

Figura 5.2. Características de desempeño brindadas por el fabricante para los modelos 50, 65 y 80. (Cortesía de Exide Electronics International).

Como se puede apreciar, el Powerware 80 Plus es un equipo que puede ser acoplado a diferentes capacidades dependiendo de las necesidades de la carga crítica. La capacidad de consumo en el caso específico de nuestra carga era de 28 KVA; sin embargo, se tenían expectativas de ampliarla a una potencia que superaría los 50 KVA con el fin de respaldar a otras cargas o equipos proyectados a futuro. Por lo tanto, éste modelo era más redituable a largo plazo en el aspecto económico debido a la posible expansión antes mencionada dentro del mismo gabinete.

En general, este modelo, en el aspecto operacional, ofrece una gran flexibilidad en cuanto a la variación de los parámetros de alimentación respaldo y expansión de su capacidad nominal. además de su avanzada tecnología ya que cuenta con un sistema de control totalmente digitalizado manejado por un complejo pero accesible, software poderosamente provisto de las herramientas necesarias para controlar, censar, corregir y mostrar el estado del equipo y sus parámetros con la capacidad de alertar al usuario en caso de requerirlo.

5.3.1. APLICACIONES, ACCESORIOS Y CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE EL

POWERWARE ON-LINE PLUS 80.

Según su construcción y configuración el modelo Plus 80 puede ser utilizado en el respaldo de redes de trabajo, mainframes, pequeños centros de cómputo, procesos de control, equipo médico, equipo de telecomunicaciones, etc; lo cual, es muy conveniente para nuestro proyecto por la

diversidad en cuanto al tipo de cargas a respaldar, puesto que cubre una amplia gama de requerimientos por parte de éstas últimas.

En lo que respecta a los accesorios que ofrece, se tiene:

- A.- Software (OnliNet v3.0, OnliNet v3.1, OnliNet NVX y OnliSafe) con compatibilidad de protocolos (SNMP).
- B.- Conectores para nuestro UPS.
- C.- Alarma de monitoreo de baterías (BMA).
- D.- Sistema de prueba y monitoreo de baterías (BTM).
- E.- Gabinetes de baterías expansible (fuera de gabinete).
- F.- Módulo de distribución de energía a la salida.
- G.- Panel remoto de monitoreo.

Y entre las características particulares de los accesorios con que cuenta el sistema se encuentran:

- a.- Notificación remota del estado del sistema.
- b.- Monitor con la pantalla de cuarzo líquido (LCD Display).
- c.- Compatibilidad del protocolo que administra las funciones del sistema.
- d.- Bypass completamente automatizado en situación activa y de servicio (mantenimiento).
- e.- Opción a la expansión del módulo o banco de baterías en caso necesario.
- f.- Capacidad de monitoreo remoto.

La principal ventaja de este sistema, es su rendimiento con respecto a las posibles pérdidas de energía producidas por el efecto de las altas corrientes que podrían ser manejadas debido a la

carga respaldada. Ese punto es cubierto con el uso de un transformador elevador con una capacidad para manejar hasta 80 KVA y con una relación de transformación 220/480 V, lo cual nos da el voltaje y las corriente que pueden ser manejadas a la entrada del sistema UPS, contando también con entradas duales de alimentación estandarizada para 400V y 480V, proveyendo de este modo una disponibilidad incrementada (opcional para otros voltajes).

Como puede apreciarse en las características de alimentación se tienen ciertos parámetros de corriente pues el equipo cuenta con un filtro inteligente a la entrada. Este contacto aísla los capacitores que actúan como filtro de la entrada de alimentación al rectificador durante la falla de la fuente primaria proveyendo así una interfase más confiable al generar y entregar la energía almacenada en el banco de baterías. Además, el mismo contacto también desconecta el filtro durante las condiciones de poca o baja carga, reduciendo en esta forma costos de operación.

Actualmente la mayoría de los equipos de respaldo son sistemas inteligentes manejados a través del control digital y de paquetería de software (existiendo una gran diversidad en el mercado) que depende de la aplicación específica del UPS.

En lo referente a la paquetería se debe tener en cuenta la compatibilidad de los protocolos, un SNMP es un simple protocolo administrador de redes de trabajo. Esto es, una serie de reglas que gobiernan la transmisión y recepción de datos. Los productos de software y firmware diseñados para los UPS se desarrollan para proveer una organización y un control estandarizados de las aplicaciones, tales como:

- Salidas a la impresora.
- Asignar prioridades de comunicación.
- Instalar software en la red de trabajo.

- Control de las bases de datos.
- Control de la energía de la red.
- Etc.

Y todo lo anterior se puede observar a través de una pantalla de cuarzo líquido con la cual se monitorean las condiciones del equipo y sus variables a controlar.

Los productos de software que Exide Electronics ofrece para la administración y control de la energía, compatibles con el UPS Powerware Plus 80, son: OnliNet v3.0, OnliNet v3.1, OnliNet NVX y OnliSafe. Cada uno de ellos tiene sus características y beneficios propios; sin embargo, para nuestro equipo y por la aplicación que se le está dando, se selecciono el software OnliNet NVX.

OnliNet NVX es un administrador de la energía diseñado para trabajar en estaciones individuales o en redes de trabajo, ésta característica nos da la posibilidad de adaptarse a diversos tipos de protocolos teniendo, por lo tanto, la capacidad de manejar ambientes con más de un protocolo.

El monitoreo y control esta diseñado con una interface que provee poderosas herramientas a los servidores de redes de trabajo y algunas de las funciones que pueden ser utilizadas son:

- ◆ Protección de datos importantes.
- ◆ Avisos automaticos para la alerta del usuario.
- ◆ Interface gráfica para el usuario.
- ◆ Habilidad para el monitoreo de la energía en cualquier servidor de la red.
- ◆ Bitacora que lleva el registro de todos los eventos.
- ◆ Apagado programado para la conservación de la energía.
- ◆ Información general sobre la batería.

- ◆ Puerto RS-232 dedicado.
- ◆ Drive de disco flexible de 3.5 in.
- ◆ Disco duro con 2Mb de espacio libre.
- ◆ Servidor con sistema operativo Novell NetWare compatible con otros sistemas operativos.
- ◆ Estado general del módulo UPS, así como los datos del equipo (entre otra información).
- ◆ Mediciones de los parametros de la energía.

El software, en combinación con cuatro placas de circuito impreso diseñadas para un avanzado control del UPS son usados para minimizar el número de componentes de control, existiendo menos componentes los cuales puedan fallar.

Con la integración de los transistores bipolares con compuerta aislada (IGBT's) a todo el sistema (cargador-rectificador, inversor, etc.) se tiene una mayor eficiencia al respaldar cargas no lineales, tales como PC's, impresoras láser y motores industriales obteniendo varias ventajas sobre el modelo construido a base de transistores, como lo son el tener mayor control sobre la regulación del voltaje, sobre la regulación del F.P., sobre las armónicas y sobre la frecuencia, entre otros parámetros.

Otro de los aspectos más importantes fue la selección del banco de baterías. Exide Electronics puede proporcionar gabinetes de baterías con las capacidades por el tiempo que la carga lo necesite. Dicho banco cuenta con baterías selladas, libres de mantenimiento (tipo gel), con un voltaje por celda de aproximadamente 2 V por celda (con 1.67 V por celda finales), el cual puede variar debido a que las baterías pueden proporcionar diferentes voltajes que dependen del número de elementos o celdas que contienen en su interior (6V, 8V, 10V, y 12V por batería), obteniendo un voltaje en flotación de aproximadamente 540 V (2.25 V por celda) pudiendo proporcionar una

capacidad máxima nominal de 80 KVA. En nuestro caso específico. Su diseño y su periodo de vida están basados en las recomendaciones de servicio y mantenimiento proporcionadas por IEEE para las baterías usadas en sistemas UPS con la finalidad de proporcionar seguridad en aplicaciones críticas. Estos gabinetes proveen:

- Un breaker dentro de cada gabinete de baterías aislando problemas que puedan ocurrir a un gabinete individual.
- Baterías construidas en forma tal, que su cambio y/o mantenimiento sean fáciles.
- Receptáculos (molduras) y conectores especiales para una fácil instalación (conectar y trabajar).
- Controles que minimizan las corrientes de rizo y evitan las sobrecargas y los efectos contrarios (cargas bajas).
- La capacidad de recarga total del banco de baterías en un periodo de 24 horas a un régimen de voltaje constante.
- Un sistema de monitoreo del estado de las baterías, el cual es un avanzado sistema que prueba, vigila, graba y analiza las condiciones de las baterías durante las 24 horas del día, los 365 días del año. Si dicho sistema detecta un daño o un bajo desempeño del modulo se activa una alarma. Este mismo sistema monitorea continuamente los voltajes de todas las baterías, los voltajes interceldas y las corrientes durante la carga, descarga y flotación, midiendo la resistencia interna de las baterías durante los ciclos de descarga analizando estos datos y determinando el desempeño de cada una de ellas así como de sus interconexiones, reduciéndose su chequeo manual y su costo de mantenimiento.

Este último dispositivo siempre trabaja en conjunción con la alarma de monitoreo de batería, la cual se activa para alertar al usuario de una falla de potencia en el sistema de respaldo. También cuenta con almacenaje de datos en una memoria no volátil con la capacidad de almacenar hasta 1000 eventos en su historial, además su panel de monitoreo incluye indicadores a led's, alarmas auditivas con botón silenciador y con un display LCD a dos líneas con capacidad hasta de 20 caracteres.

Las características de seguridad incluyen aquellas requeridas por los estándares de calidad ISO 9001 sobre el diseño y conexión a los UPS.

El modelo analizado puede contener también una característica de servicio conocida como Notificación Remota, la cual tiene entre otras funciones las que a continuación se enumeran:

- Tener la capacidad de iniciar una llamada exterior o lejana al equipo a través de un módem compatible (interno o externo) conectado a un puerto RS-232 pudiendo conectarse a una computadora personal o a una máquina de mensajes.
- Alrededor de 190 alarmas y avisos pueden ser iniciados a través de la notificación remota.
- Todas las alarmas y avisos pueden ser iniciados llamando a dos diferentes números telefónicos y una vez activadas cada una de la alarmas se pueden cancelar a uno u otro número o a ninguno de los dos.
- Cuando se realiza el contacto con la computadora personal o con la máquina contestadora, el sistema tiene la capacidad de enviar el número telefónico del módem del UPS (hasta 20 caracteres máximo) e incluso la descripción del evento que origino la alarma (hasta 40 caracteres máximo).

- El UPS puede realizar secuencialmente llamadas y recibirlas a través del mismo módem y de la misma línea telefónica. La información útil para una computadora conectada al UPS vía módem puede incluir: mediciones de los eventos, prueba de la batería, así como el estado general del módulo UPS.
- La notificación remota puede proveer continuamente la detección de errores y corrección para módems desconfigurados o desconectados.

Por otro lado, todas las señales de comunicación de control en el Powerware Plus se envían a través de una topología de alta velocidad que elimina por completo el uso de un frágil cableado interno del UPS, reduciendo de este modo el tiempo perdido e incrementando sobre todo la utilidad del sistema.

Nuestro UPS cuenta con un Bypass completamente automatizado, por lo que este interruptor estático es altamente eficiente en caso de requerirse mantenimiento del UPS o remoción del banco de baterías. Dicho elemento conmuta rápidamente a la línea comercial en modo automático o manual.

Su característica de proporcionar por separado los voltajes a neutro para todos sus modos de operación (trifásico o monofásico) elimina la necesidad del uso de un transformador a la salida en el panel modular de distribución de energía.

Además cuenta con otras funciones programables tales como filtraje de armónicas, regulación de voltaje, regulación de frecuencia, compensación del factor de potencia entre otros accesorios.

5.3.2. ESPECIFICACIONES FINALES DEL UPS UNA VEZ INSTALADO Y CONECTADO A LA CARGA CRÍTICA.

Las siguientes características, son los elementos principales y los accesorios, con los que se implemento finalmente el sistema UPS y con los cuales realiza sus funciones.

A) RECTIFICADOR / CARGADOR DE BATERÍAS.

Los datos de alimentación son:

- 1.- Voltaje de entrada 480-540 VCA \pm 15 %. (Diseñado para suprimir los transitorios de voltaje , siendo capaz de manejar el 5 % de dicho parámetro con seguridad sin dañar la alimentación).
- 2.- Fuente de alimentación trifásica con una frecuencia nominal de 60 Hz.
- 3.- Protección de la línea de alimentación a través del bypass y del software preprogramado para tal efecto, con alarmas en display y sonoras, con opción a notificación remota.

Los datos a la salida del cargador son:

- 1.- Voltaje de salida de 480 V DC.
- 2.- Regulación de voltaje de \pm 5 %.
- 3.- Capacidad del régimen de recarga total de la batería en 24 horas a voltaje constante.
- 4.- La protección se da través del bypass y/o el software programado para activar también la alarma sonora y con opción a notificación remota.
- 5.- Cuenta con detección de conexión a tierra programado para mostrar en pantalla el resultado del monitoreo y activar la alarma sonora en caso de alguna falla o avería en la conexión.

6.- Todas las mediciones se hacen a través del software instalado en el equipo mostrando los resultados de los parámetros censados cada determinado tiempo en pantalla y en caso de detectar algún cambio fuera de las tolerancias establecidas por el programador se inicia una acción correctiva de manera automática, y por si esto no fuera suficiente, se activa una alarma sonora con opción a notificación remota o impresa para avisar al usuario.

Algunos de los parámetros medidos son el voltaje y la corriente, la potencia, la frecuencia, el factor de potencia, la temperatura, entre otros.

7.- El montaje del equipo completo (todos y cada uno de los módulos) es en un sólo gabinete.

B) BATERÍA Y SOPORTE.

1.- El tipo de batería utilizado es del tipo gel libre de mantenimiento y servicio.

2.- El voltaje a la salida de la batería nominalmente es de 480 V en DC con una corriente máxima de 100 amperes. El voltaje de flotación es de 540 V en DC teniendo al final de la descarga 400 V en DC.

3.- El voltaje por batería es de 12 V con un total de 6 celdas por batería y un banco de 40 elementos (baterías), lo cual nos da una capacidad total de 80 AH.

4.- La batería está instalada en gabinetes individuales con el fin de posibilitar la expansión externa del banco de baterías.

5.- La duración de la capacidad de respaldo es de 10 minutos a plena carga cuando está preparado para una carga de 80 KVA's pero el equipo está programado para durar 15 minutos a plena carga soportando 33 KVA's.

6.- El control del tiempo es programable de acuerdo con la capacidad de carga y con los factores que afectan la alimentación normal.

C) INVERSOR.

Los datos a la entrada:

- 1.- El voltaje de alimentación es de 480-540 VDC.
- 2.- La corriente máxima que puede soportar esta comprendida entre los 100 y los 160 amperes máximo con voltaje a plena carga.
- 3.- La protección es controlada y monitoreada a través del software y del bypass.

Los datos a la salida son:

- 1.- El voltaje a la salida es de 120 / 208 VCA.
- 2.- El voltaje a la salida es trifásico pudiendo obtener voltajes monofásicos.
- 3.- La frecuencia a la salida es de 60 Hz con una tolerancia de $\pm 1 \%$.
- 4.- La forma de la señal a la salida del sistema es de onda senoidal.
- 5.- La distorsión armónica es de $\pm 5 \%$.
- 6.- La regulación del voltaje de salida es de $\pm 5 \%$.
- 7.- La frecuencia de salida se mantiene dentro de $\pm 1 \%$ del valor nominal en caso de falla en la línea de alimentación.
- 8.- Cuenta con filtro limitador automático de corriente que protege al inversor contra sobrecargas o cortocircuitos.
- 9.- Bypass completamente automatizado con derivación del tipo "sin interrupción" para inspeccionar o dar servicio al equipo.

10.- La protección es totalmente automatizada y el monitoreo de los parámetros y las variables es realizado por los sensores, los cuales dependen del programa básico principal que controla el sistema completo activando, en caso necesario el bypass, y mandando la señal de alerta al usuario.

11.- Todas las mediciones que involucra el respaldo de la carga son realizadas por el software mostrando en pantalla los resultados.

12.- La temperatura de trabajo del equipo esta determinada en 77° F. (25°C y se tiene instalado en una sala de aire acondicionado que mantiene este parámetro constante).

D) LA INFORMACIÓN DE LA CARGA CRÍTICA A RESPALDAR ES LA SIGUIENTE:

- 1.- La carga al momento de la instalación era de 28 KVA's y actualmente es de 33 KVA a carga constante.
- 2.- El factor de potencia total de todas las cargas individuales es del 85 % en atraso.
- 3.- La carga de irrupsión (a 33 KVA's) es de 137 Amperes.
- 4.- El lapso de respaldo sin el rectificador-cargador en operación es de 30 segundos (tiempo suficiente para que inicie su operación la planta generadora de emergencia).
- 5.- El porcentaje de variación de voltaje permitido por la carga crítica es de ± 1 ó ± 2 V.
- 6.- La naturaleza de las cargas críticas es del tipo resistivo e inductivo.

E) ESPECIFICACIONES GENERALES.

- 1.- Sistema de alimentación ininterrumpible modelo Powerware Plus 80 On-Line. Fabricado por Exide Electronics
- 2.- Sistema de alimentación trifásico.

Con un voltaje de entrada 480-540 VAC \pm 15 %.

Con un voltaje de salida 120 - 208 VAC \pm 5 %.

Con una corriente de salida de aproximadamente 90 amperes por fase.

- 3.- Capacidad nominal de 50 KVA / 40 KW con posibilidad de ampliar hasta 80 KVA / 64 KW, y programado para proporcionar actualmente 33 KVA (al momento de la instalación se programo para proporcionar 28 KVA's con el fin de reducir costos de operación y posteriormente se hizo lo mismo para la potencia actual).
- 4.- Sistema de operación On-Line.
Rectificador-Cargador con filtro de entrada construido a base de Transistores Bipolares de Compuerta Aislada (IGBT's).
- 6.- Banco de baterías de tipo gel, libres de mantenimiento, compuesto de 40 unidades.
- 7.- Inversor construido a base de transistores Bipolares de compuerta aislada (IGBT's).
- 8.- Bypass o interruptor de transferencia altamente eficiente y totalmente automatizado, con opción a control manual en caso de requerirse.
- 9.- Monitor de cuarzo líquido través del cual se realizan las observaciones necesarias.
- 10.- Software preinstalado, altamente eficiente que controla todas las funciones, mediciones y accesorios del equipo automáticamente.
- 11.- Cuenta con dos puertos de comunicación (RS-232 y RS-485) en caso de monitoreo remoto.
- 12.- Todos los módulos se encuentran instalados en un solo gabinete proporcionado por el fabricante.

CONCLUSIONES.

Actualmente y debido a los grandes avances, tanto científicos como tecnológicos que se han venido desarrollando durante las últimas décadas en diversos ámbitos de la vida, el ser humano depende en gran medida del uso de aparatos que hacen más cómodos o más confortables diversos aspectos de la misma; tales como su desarrollo social, intelectual y profesional.

Todos estos aparatos requieren de cierto tipo de energía para poder funcionar y la gran mayoría se alimenta con energía eléctrica. En este aspecto, las compañías que suministran dicha energía sólo toman en consideración los factores que afectan directamente la generación para cierta carga generalizada, de tal forma que no se puede contar con un suministro eléctrico estable e ininterrumpible debido a diversas razones; como por ejemplo: la acción de los fenómenos naturales, los cuales son incontrolables por el hombre; por diversos inconvenientes ocurridos en el área de generación, transmisión o recepción de la energía eléctrica; o simplemente debido a la problemática causada por las cargas alimentadas.

México, es uno de los más claros ejemplos de este fenómeno, debido a que cuenta con regiones con un alto índice poblacional y con un amplio espectro en cuanto al uso y manejo de la energía generada y suministrada en ciertas zonas. Dichos centros de consumo, por tener una aplicación industrial, comercial y residencial en un área tan concentrada, provocan variaciones de diversa índole e incluso llegan a inducir la falta total del suministro de la energía, la cual es tan

importante en los procesos de control y monitoreo de las grandes industrias, en el uso de sistemas de computo con variadas aplicaciones y que son causa de pérdidas monetarias considerables tanto para las empresas particulares como para las pertenecientes al gobierno, así como de grandes estragos en el área científica, médica y tecnológica.

Por todas estas razones considero de gran reelevancia el tema de los sistemas de alimentación ininterrumpible y su aplicación práctica en la realidad de nuestro país y de otras partes del mundo así como los más recientes avances que se han venido dando en esta área tanto para los equipos de baja, mediana y alta potencia que son aplicables a todo un complejo industrial civil o de uso particular en los cuales se hace uso de sistemas de fuerza motriz, de sistemas de iluminación, sistemas de comunicación y equipos de baja potencia.

El tema de la presente tesis involucra a groso modo la aplicación práctica de las fuentes de alimentación de emergencia para los sistemas de baja, mediana y alta potencia. Lo anterior nos lleva a la descripción de los componenetes que forman su estructura así como su funcionamiento individual y en conjunto. También se debe hacer mención de la clasificación de los tipos de sistemas emergentes que existen y las normas oficiales que rigen su diseño, construcción, instalación y mantenimiento. Así como también los criterios necesarios para poder seleccionar dichos sistemas.

Finalmente, podemos decir que el presente trabajo se propone una introducción y una actualización general del diseño, uso y mantenimiento de los sistemas UPS (Uninterrumpible Power Supply) en base a la practica de las técnicas, los conocimientos, los avances tecnológicos y las normas que se manejan hoy en día con el único fin de llegar a una optimización de los recursos materiales y energeticos disponibles con el principal objetivo de un mejor desempeño, operación y

rendimiento de todos y cada uno de los elementos que la conforman. Todo esto, con la meta de tener una referenecia actualizada tanto para los estudiantes de la carrera de Ingenieria Mecánica Eléctrica como para los ingenieros recien egresados que inician su desarrollo profesional en el área del tema a tratar.

BIBLIOGRAFÍA.

1. ANSI / IEEE STD. 446-1995, "*IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications*".
2. APC, American Power Conversion, "*Solutions'98*", APC Latin American Headquarters Kingstom, 1998.
3. Enriquez Hasper, Gilberto. "*El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*", Ed. Limusa., 1995.
4. Folletos SENEAM, SCT, "*Expo Centenario SCT: 100 Años Comunicando a México*", SENEAM, 1991.
5. Folletos SENEAM, "*Varios*", 1994-1998.
6. General Electric, D. R. Grafham y F.B. Golden, eds., "*SCR Manual*", 6th ed. Englewood Cliffs. N. J.: Prentice Hall, 1982.
7. Grupo Precisión Control S.A. de C.V., "*Catálogo de Sistemas de Fuerza Ininterrompible de Exide Electronics*", 1997-1998.
8. IEEE STD. 446-1987, "*Recommended Practice for Emergency and Standby Power for Industrial and Commercial Applications*".
9. IEEE (1159-1995), "*Recommended Practice for Monitory Electric Power Quality*".
10. IEEE P1159. Draft 6, "*Recommended Practice on Monitory Electric Power Quality*", IEEE, December, 1994.
11. IPN - SECOFI, "*Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994, Relativa a las Instalaciones Destinadas al Suministro y Uso de la Energía Eléctrica*".
12. J. A. Gualda, S. Martiez, P. M. Martinez, "*Electrónica Industrial: Técnicas de Potencia*", 2a. Ed. Alfaomega Marcombo, 1992.
13. José Raúll Martín, "*Diseño de Subestaciones Eléctricas*", Mc Graw Hill / Interamericana de México, 1992.
14. Norma Mexicana NMX-CC-003:1995 EMNC, ISO 9001:1994, "*Sistemas de Calidad-Modelo para el Aseguramiento de la Calidad en Diseño, Desarrollo, Producción, Instalación y Servicio*".