

11126
82



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**DISEÑO, OPERACION Y PROTECCION DE
INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.**

**"AUDITORIA EN INSTALACIONES ELECTRICAS PARA
EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA".**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
FLORENTINO GERARDO SANCHEZ PAVIA**

ASESOR: M.I. BENJAMIN CONTRERAS SANTA CRUZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

2003.

A

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

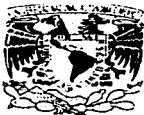


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño, Operación y Protección de Instalaciones Eléctricas
Industriales.

"Auditoria en Instalaciones Eléctricas para el ahorro de
Energía Eléctrica".

que presenta el pasante: Florentino Gerardo Sánchez Pavia

con número de cuenta: 9318455-1 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 1 de Octubre de 2003

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

M.I. Benjamin Contreras Santacruz

II

Ing. Ricardo Ramirez Verdeja

IV

José Gustavo Orozco Hernández

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

B

Agradecimientos

Quiero hacer un reconocimiento a todas las personas que colaboraron en mi formación Como profesional profesores y compañeros, amigos que con su apoyo y consejos me ayudaron a concluir mis estudios.

Pero con un agradecimiento muy especial a mi familia, PADRES (Antelmo e Irma) y HERMANOS (Elena, José Luis y Carolina) que con su apoyo moral y económico me ayudaron a llegar a la meta, la cual era concluir mi carrera y obtener un título profesional y a los cuales les dedico este trabajo.

TESIS CON
FALLA EN EL ORIGEN

INDICE

CAPITULO I. CONTENIDO

1.0 Introducción.....	2
1.1 Organismos o instituciones para el ahorro de energía eléctrica.....	4
1.2 Unidades verificadoras de instalaciones eléctricas.....	4
1.3 Concordancia de normas nacionales e internacionales de instalaciones eléctricas.....	10

CAPITULO II. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA INSTALACION ELECTRICA

2.0 Acometida y equipo de medición.....	12
2.1 Interruptores y arrancadores.....	13
2.2 Transformadores y tableros.....	14
2.3 Motores, protecciones y controles.....	16
2.4 Alumbrado y contactos.....	18
2.5 Canalizaciones.....	18

CAPITULO III. PRUEBAS ELECTRICAS

3.0 Inspección visual.....	20
3.1 Pruebas de operación.....	20
3.2 Pruebas de aislamiento.....	20
3.3 Pruebas de voltaje aplicado.....	21
3.4 Otras pruebas.....	22

CAPITULO IV. SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO

4.0 Selección de conductores.....	25
4.1 Selección de canalizaciones.....	26
4.2 Selección de interruptores.....	29
4.3 Selección de fusibles.....	32

CAPITULO V. RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE LA ENERGIA ELECTRICA.

5.0 Auditorias de las instalaciones eléctricas verificando normas.....	36
5.1 Investigación de la operación del equipo eléctrico (encuestas).....	41
5.2 Motores eléctricos de alta eficiencia.....	43
5.3 Ahorro de energía en sistemas de iluminación.....	49
5.4 Aplicación de convertidores de frecuencia.....	56
5.5 Metodología para diagnosticar energéticamente un motor eléctrico de inducción.....	64
5.6 Manejo de tarifas (recargo y bonificaciones).....	68
5.7 Evaluación económica de proyectos de ahorro de energía.....	72

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

6.0 Conclusiones.....	78
6.1 Bibliografía.....	79

CAPITULO I. CONTENIDO

1.0 Introducción.

En México, hasta finales de la década de los ochenta, la preocupación y las políticas energéticas se concentraron, principalmente, en la expansión de la oferta de energía y en el desarrollo de los recursos humanos e institucionales necesarios para llevar adelante estas líneas de política. Sin embargo, los altos índices de consumo de energía por unidad de valor de la economía nacional, más el hecho de que este consumo tuviese como principal insumo al petróleo, dieron como resultado que se llevaran adelante iniciativas nacionales que culminaron en 1989 con la creación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) y en 1990 con la del Fideicomiso de Apoyo a los Programas de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE).

Una de las iniciativas que se ha llevado a cabo para aprovechar mejor la luz del sol durante los meses de mayor insolación y hacer un uso eficiente de la energía eléctrica, es la implementación del programa *Horario de Verano* en nuestro país.



La provisión del servicio de energía eléctrica en gran escala consta principalmente de las siguientes actividades: generación, despacho, transmisión, distribución y comercialización. Estas actividades, por disposición de ley son competencia exclusiva de Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de Luz y Fuerza del Centro (LFC), cuando tengan por objeto la prestación del servicio público. CFE tiene a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica en todo el territorio nacional, salvo en el Distrito Federal y parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo y Puebla, áreas atendidas por LFC. Actualmente entre ambos organismos públicos atienden a 25 millones de usuarios.

La capacidad actual de generación de energía eléctrica del sector en su conjunto es de 43.5 mil megawatts, de la cual, el 83.2 por ciento corresponde a CFE. 2.0 por ciento a

TESIS CON
FALLA EN EL ORIGEN

LFC, 4.2 por ciento a Petróleos Mexicanos, 5.6 por ciento a productores externos de energía eléctrica, y 5.0 por ciento de cogeneración y autoabastecimiento.

Capacidad Instalada en México 2002		
	MW	%
CFE	36,238	83.2
LFC	827	2.0
PEMEX	1,822	4.2
PIE	2,446	5.6
AUTOABASTECIMIENTO Y/O COGENERACIÓN	2,201	5.0
TOTAL(%)	43,534	100.0

Hoy en día la expansión y modernización del sector eléctrico nacional radica prácticamente en los ingresos públicos disponibles. A su vez, dichos ingresos públicos tienen una relación estrecha con el Producto Interno Bruto (PIB), ya que la disponibilidad de recursos públicos guarda una dependencia significativa con el desempeño económico del país.

En el periodo comprendido entre 2001 y 2010 se plantea agregar capacidad al sector del orden de 32,000 MW, así como modernizar los sistemas de transmisión y distribución a fin de alcanzar estándares internacionales en calidad y eficiencia del servicio. Estas necesidades implican inversiones del orden de 650 mil millones de pesos. Durante el mismo periodo, sólo se llevarán a cabo retiros por alrededor de 1,700 Megawatts, es decir, sólo se está respondiendo al crecimiento de la demanda dejando de lado la modernización de los activos del sector, cuya situación se encuentra lejos de los parámetros internacionales de calidad. En particular hoy en día el 44% de las unidades de generación cuenta con más de 30 años de vida activa, para 2010 esa proporción se acercará a 70%.

Las necesidades en materia de electricidad de una economía globalizada como la mexicana exigen una constante expansión y modernización para mantener la competitividad de la industria nacional. Por lo tanto, es urgente una reforma estructural del sector y de su marco normativo para que los capitales de los sectores público, social y privado puedan participar en el desarrollo de la industria sin necesidad de contar con garantías gubernamentales.

1.1 Organismos o instituciones para el ahorro de energía eléctrica.

Todas estas instituciones fueron creadas para mejorar la calidad de las instalaciones, al igual de reducir sus consumos y mejorar la eficiencia de las instalaciones. Con asesorías y recomendaciones ayudan a los consumidores a reducir su consumo de energía eléctrica.

- Comisión Nacional para el Ahorro de energía (CONAE).
- Programa de Ahorro de energía del Sector Eléctrico (PAESE).
- Fideicomiso para el Ahorro de energía eléctrica (FIDE).

1.2 Unidades verificadoras de instalaciones eléctricas.

Convocatoria para la acreditación y aprobación de unidades de verificación para la evaluación de la conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, instalaciones eléctricas (utilización).

La secretaria de energía, por conducto de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones eléctricas. (DGGIE) con fundamento en los artículos 28 de la Ley del Servicio Público de energía eléctrica; 56 del reglamento de la Ley del Servicio Público de energía eléctrica; 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 2 y 12 Bis del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía; 1, 2 fracción II inciso f), 3 fracciones I, XV-A y XVII, 68 al 72, 84 al 87, 118 y 119 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA), emiten la siguiente:

CONVOCATORIA

Dirigida a los interesados en obtener su acreditación y aprobación como Unidad de verificación en materia de instalaciones eléctricas, con el objeto de que en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, así como su reglamento, verifiquen el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización).

REQUISITOS PARA LA ACREDITACION

1. Presentar a la Entidad Mexicana de acreditación, A.C. (EMA), el formato de solicitud de acreditación que estará disponible en las oficinas de dicha Asociación Civil, ubicadas en la calle Manuel María Contreras número 133, piso 6, colonia Cuauhtemoc, código postal 06597, México, D.F. Dicha solicitud podrá recogerse a partir de la fecha de publicación de la presente convocatoria.

2. Anexar a la solicitud de acreditación los documentos que demuestren que se cumple con lo establecido en la Norma Mexicana NMX-CC-16-SCFI, Requisitos Generales de acreditación de Unidades de verificación, con las particularidades que derivan de los criterios de aplicación que se enumeran a continuación:
- Para los solicitantes, personas morales:
 - a) Acreditar que esta legalmente constituida conforme a las leyes mexicanas y que dentro de su objeto social se encuentra la verificación de normas oficiales mexicanas. Para ello deberá presentar copia certificada o testimonio de la escritura pública.
 - b) Dentro de su estructura, contar con un gerente técnico que supervise al personal técnico y un gerente sustituto que supla al primero durante su ausencia;
 - c) Presentar, en su caso, documento mediante el cual se acredite la personalidad jurídica y las facultades del representante legal;
 - d) Presentar carta suscrita por el representante legal del solicitante en la que manifieste bajo protesta de decir verdad que en la composición, capital social o en los órganos de administración no existe participación o interés alguno con las instalaciones eléctricas sujetas a verificación y que, en su caso, se abstendrá de realizar actos de verificación cuando pudiera existir conflicto de interés.
 - Para los solicitantes personas físicas:
 - a) Presentar copia certificada del acta de nacimiento.
 - b) Manifiestar, por escrito bajo protesta de decir verdad, que se abstendrá de realizar actos de verificación, cuando pudiera existir conflicto de intereses.
 - Comunes para los solicitantes:
 - a) Presentar copia de la cedula de identificación fiscal, expedida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Publico.
 - b) Presentar copia del Manual de Aseguramiento de la Calidad y del Manual de Procedimientos que usaran para la prestación de los servicios de verificación. Estos manuales deberán integrarse según lo establecido en las normas mexicanas de Sistemas de Calidad aplicables, así como estar enfocados a los metodos y procedimientos conforme a los cuales se realizara la verificación de la norma para la que solicite la acreditación.

- c) Presentar descripción detallada de la estructura de la organización del solicitante, incluyendo el organigrama, la descripción de puestos, las responsabilidades del personal técnico que llevara a cabo las labores de verificación y los mecanismos de supervisión del mismo.
- d) Demostrar que cuenta con la adecuada capacidad técnica, material, y humana, así como con los procedimientos de aseguramiento de calidad que garanticen su competencia técnica y la confiabilidad de sus servicios. El comité de evaluación de unidades de verificación determinara las acciones necesarias para tal fin.
- e) Manifiestar por escrito el compromiso de salvaguardar la confidencialidad de la información a la que se tenga acceso en el desempeño de las actividades de verificación, debiendo señalar el procedimiento que se utilizara para efectos de que el personal de la unidad de verificación salvaguarde la confidencialidad e imparcialidad de sus dictámenes.
- f) Presentar una carta firmada por el solicitante en la que la unidad de verificación se responsabilizara por las actividades de verificación del personal técnico y por los dictámenes técnicos que emita la unidad de verificación como resultado de sus labores de verificación.
- g) Presentar el programa de capacitación para el personal técnico que realice las funciones de verificación. Dicho programa deberá incorporar cursos en materias relacionadas con la norma a verificar, así como con el procedimiento de evaluación de la conformidad correspondiente y con sistemas de aseguramiento de calidad, el personal debe tener la educación necesaria, capacitación actualizada y los conocimientos técnicos y experiencia en las funciones asignadas.
- h) Demostrar que se cuenta con las instalaciones y equipos adecuados que le permitan satisfacer las necesidades asociadas a los servicios de verificación, conforme a lo siguiente:
 - 1. Los instrumentos y equipos que, en su caso, requieran estar calibrados, deberán contar con el informe de un laboratorio de calibración acreditado y contar con trazabilidad al Centro Nacional de Metrología.
 - 2. Los interesados deberán contar con equipo de computo con tecnología de vanguardia y con correo electrónico operando.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- i) En su caso, describir en forma detallada cualquier otro servicio que el solicitante ofrece como parte de sus servicios de verificación y cualesquiera otros no relacionados con los campos para los cuales solicita su acreditación.
3. La solicitud y documentación antes descrita deberán presentarse a la EMA a partir de la fecha de publicación de la presente convocatoria.
4. Los solicitantes que no cumplan con los requisitos señalados serán requeridos para que presenten la documentación necesaria, a efecto de dar curso a su solicitud.
5. Los solicitantes que cumplan con todos los requisitos especificados quedaran sujetos a una visita por parte de la EMA para comprobar la veracidad y la calidad de la información proporcionada. Dicha visita se llevara previo acuerdo con el solicitante respecto a la fecha y hora de realización de la misma.
6. La EMA expedirá previo dictamen del comité de evaluación correspondiente la acreditación como unidad de verificación en materia de instalaciones eléctricas para la evaluación de la conformidad de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones eléctricas (utilización) a quienes hayan cumplido con los requisitos señalados anteriormente.

CONDICIONES PARA LA APROBACION

Para tramitar su aprobación deberá llenar y entregar el formato de solicitud DG-UVIE-AP-001, que se anexa a la presente convocatoria, en la Oficialia de Partes de la Secretaría de energía, ubicada en Insurgentes sur 890 planta baja, colonia del valle, código postal 03100, Delegación Benito Juárez, México D.F. en el horario de 9:00 a 14: 00 hrs., en un plazo de treinta días naturales, contando a partir de la fecha en que EMA emita su acreditación.

Presentar acreditación vigente como Unidad de verificación en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 , Instalaciones eléctricas (utilización), expedida por la Entidad Mexicana de acreditación, A.C.

La aprobación de la unidad de verificación tendrá la misma vigencia que se determine en la acreditación. Las Unidades de verificación deberán comunicar tanto a la Secretaría de energía como a la EMA, cualquier cambio de datos o condiciones bajo los cuales se acreditó y aprobó durante los 15 días naturales a la fecha en que dichos cambios acontezcan.

La ultima convocatoria fue publicada el 14 de enero de 2000 en el diario oficial de la federación y hasta la fecha no se ha emitido otra.

VI	INSTRUMENTOS DE MEDICION (DESCRIPCION)
a)	
b)	
c)	
d)	
e)	
f)	
g)	
h)	
i)	
j)	

Documentos que se anexan en la solicitud:

- Copia simple de la Acreditación
- Copia simple de poder notarial del Representante Legal
- Relación del personal técnico indicando: Nombre, Cargo y especialidad
- 4 Fotografías tamaño carta de a color de frente, idénticas y recientes del solicitante, para persona física, del Gerente Técnico y Gerente Sustituto para el caso de persona moral

Bajo Protesta de decir verdad y no haberlo que son ciertos los datos manifestados en esta solicitud

Fecha

Nombre

Cargo

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FORMATO
DG-UVIE-AP-001

**SOLICITUD DE APROBACION PARA UNIDAD DE VERIFICACION EN INSTALACIONES ELECTRICAS
USO EXCLUSIVO DE DQDIE-SE**

FOLIO: _____
FECHA RECEPCION: _____

DATOS GENERALES

1) Nombre y razón social: _____

1.1 Escritura Constitutiva Número: _____

2) Domicilio: _____ Calle: _____ Número y/o letra: _____

Delegación o Municipio: _____ Ciudad y/o Estado: _____

3) Teléfono: _____ 4) Fax: _____

5) Localización: _____ 6) Correo Electrónico: _____

7) REGISTROS: _____ 8) CURP: _____

RFC: _____

Acreditación Número: _____ Cámaras y Asociaciones: _____

DATOS ESPECIFICOS

8) Nombre Oficial Mexicano de la persona que solicita la aprobación: _____

a) _____

DIRECTIVOS

12) Gerente Técnico
Nombre: _____

Cargo: _____

Profesión: _____ Cédula Profesional Número: _____

Gerente Substituto
Nombre: _____

Cargo: _____

Profesión: _____ Cédula Profesional Número: _____

Representante Legal
Nombre: _____

Cargo: _____

Profesión: _____ Cédula Profesional Número: _____

Escritura Pública Número: _____ Fecha: _____ Notario: _____

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.3 Concordancia de normas nacionales e internacionales de instalaciones eléctricas.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999) la cual es la mas reciente revisión publicada, no tiene concordancia con ninguna norma internacional. El objetivo de la NOM es establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a protección contra choque eléctrico, efectos térmicos, sobrecorrientes, corrientes de falla, sobretensiones, fenómenos atmosféricos e incendios, entre otros. El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM garantizara el uso de la energía eléctrica en forma segura.

CAPITULO II. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA INSTALACION ELECTRICA

2.0 Acometida y equipos de medición.

2.0(a) La acometida es la derivación que conecta a la red del suministrador con las instalaciones de los usuarios. La cual posee de un equipo necesario para servir de control principal y que consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizados cerca del punto de entrada de los conductores de suministro al lugar donde va a ser alimentado ya sea una fábrica, un edificio, casa, etc.

Existen dos tipos de acometidas (aéreas y subterráneas) las cuales tienen las siguientes especificaciones según la última norma publicada en nuestro país.

1. Acometidas aéreas. Los conductores de acometida deben soportar normalmente la exposición de los agentes atmosféricos y a otras condiciones de uso, sin que se produzcan fugas de corriente eléctrica perjudiciales. Los conductores individuales deben estar aislados o cubiertos con un termoplástico extraído o con un aislante termo fijo. Los conductores deben tener la suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la corriente eléctrica de la carga alimentada y calculada. Los conductores deben tener un tamaño nominal no-menor a $8,367 \text{ mm}^2$ (8AWG) si son de cobre o a $13,3 \text{ mm}^2$ (6AWG) si son de aluminio.
Las separaciones verticales de todos los conductores de una acometida aérea se deben basar en una temperatura del conductor de 20°C , sin viento y con remate en el conductor o en el cable, los conductores no deben ser fácilmente accesibles. Las separaciones verticales del piso son las siguientes:
 - A 3m a la entrada de la acometida eléctrica a los inmuebles y además en el punto mas bajo de la curva de goteo del cable aéreo a la entrada eléctrica del inmueble y las aéreas sobre el piso terminado, aceras o cualquier plataforma accesible solo para peatones, medidos desde el nivel final o superficie accesible desde los que puedan alcanzar, cuando los conductores de alimentación estén limitados a 150 V a tierra.
 - A 3.60 m sobre inmuebles residenciales y sus accesos sobre las zonas comerciales no sujetas a trafico de camiones, cuando la tensión eléctrica este limitada a 300 V a tierra.
 - A 4.5 m en las zonas de 3.6 m, cuando la tensión eléctrica supere 300 V a tierra.
 - A 5,5 m sobre la vía publica, calles o avenidas, zonas de estacionamiento con trafico de vehículos de carga, vialidad en zonas no residenciales y otras áreas atravesadas por vehículos.
2. Acometidas subterráneas. Al igual que las acometidas aéreas el conductor debe de cumplir con las mismas especificaciones como lo estipula la NOM. Los conductores deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso, sin que se produzcan fugas de corriente eléctrica perjudiciales. Los conductores de acometida subterránea deben tener aislamiento para la tensión eléctrica aplicada, como lo estipula la sección 230-30 de la NOM.
El tamaño y la capacidad del conductor esta especificado en la sección 230-31 el cual señala que deben de tener la suficiente capacidad de conducción de corriente para transportar la que se ha calculado en la carga y deben estar protegidos contra daños según la sección 300-5 de la NOM.

2.0(b) El equipo de medición es aquel, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones de compra-venta. El equipo puede conectarse a través de un juego de cuchillas que permitan que la compañía suministradora verifique su funcionamiento.

2.1 Interruptores y arrancadores.

2.1(a) Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión o conexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función contra sobrecargas y/o cortocircuitos. Las partes constructivas más importantes de un interruptor son:

1. Contactos (fijos, móviles y auxiliares).
2. Cámara de extinción.
3. Mecanismo de operación.
4. El medio de extinción.
5. Las partes aislantes que sirven de soporte.
6. Las conexiones terminales.
7. La estructura del montaje

2.1(b) Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de cuchillas con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetalico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra y abre los contactos al energizar o desenergizar la bobina. Las ventajas de esta combinación son:

- Se dispone del interruptor para la desconexión y conexión total del arrancador.
- Debido a que el funcionamiento de la bobina requiere de una corriente relativamente baja, el arranque y paro del motor puede hacerse a control remoto.
- La protección contra cortocircuito puede lograrse con el interruptor termomagnético o con los fusibles del interruptor de cuchillas.
- La protección contra sobrecarga se utilizan relevadores con elementos bimetalicos que actúan sobre el circuito de la bobina y abren el contactor. Estos bimetales tienen constantes térmicas grandes que permiten el arranque de los motores, y se fabrican en capacidades o calibraciones específicas para motores de tamaños comerciales.
- Un arrancador puede tener: botones para restablecer los disparos de sobrecarga; botones de arranque, paro y prueba, terminales para conectar y otros elementos de control.

- El arreglo del arrancador se puede lograr en unidades compactas que facilitan el trabajo del proyectista, del instalador, del operador y del encargado.

Los arrancadores se pueden agrupar en dos clases:

1. Arrancadores manuales, en los que toda la secuencia de arranque se realiza a mano.
2. Arrancadores automáticos, en los que el arranque se inicia mediante un pulsor o algún elemento externo.

2.2 Transformadores y tableros.

2.2(a) El transformador es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes se puede necesitar varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores.

Los transformadores varían en tamaño desde unidades miniaturas para radios de transistores hasta unidades gigantescas que se emplean en las centrales de distribución de energía eléctrica, pero en sí, todos se basan en las mismas propiedades, constan de un devanado primario, de un devanado secundario y de un núcleo. El devanado primario recibe energía eléctrica de una fuente de alimentación y acopla esta energía al devanado secundario mediante un campo magnético. La energía toma la forma de una fuerza electromotriz que pasa por el devanado secundario y después se transfiere a la carga.

La eficiencia del transformador al igual que cualquier máquina eléctrica se determina por la siguiente relación:

$$\% \text{ de eficiencia} = (\text{potencia real de salida} / \text{potencia real de entrada}) \times 100$$

La mayoría de transformadores de distribución, tienen un devanado de alto voltaje que sirve como primario y el devanado secundario proporciona 120-240 V para alimentar casas, comercios, etc. El devanado secundario puede estar constituido por una derivación central o bien por dos devanados conectados en serie.

1. protección contra sobrecorrientes.

Cada transformador de más de 600 V nominales debe tener dispositivos de protección para el primario y para el secundario. Los fusibles que actúen electrónicamente y que puedan ajustarse para abrir con una corriente eléctrica específica deben ajustarse de acuerdo con el valor de ajuste para los interruptores automáticos. Cuando la capacidad nominal del fusible requerido o el ajuste del interruptor automático no corresponda a la capacidad o ajuste normalizado, se permite usar el valor de ajuste normalizado próximo más alto. En lugares supervisados se debe estar solo personal calificado para proporcionar un buen mantenimiento y servicio.

2. Enlace secundario.

Un enlace secundario es un circuito que opera a tensión eléctrica nominal de 600V o menos entre fases, el cual conecta dos fuentes de alimentación o dos puntos de suministro de energía, tales como los secundarios de dos transformadores. Los circuitos de enlace deben estar protegidos en cada extremo contra sobrecorrientes.

3. protección.

Deben tomarse todas las medidas para reducir la posibilidad de daño a los transformadores por causas externas, los transformadores de tipo seco deben estar dotados de una cubierta o envolvente resistente a la humedad e incombustible, los transformadores deben estar instalados de modo que las partes vivas estén resguardadas, se debe de indicar por medio de señales o marcas la tensión eléctrica.

4. Ventilación.

La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de la temperatura que exceda la nominal del transformador.

5. Puesta a tierra.

Las partes metálicas de las instalaciones de los transformadores, que no transporten corriente y estén expuestas, incluyendo las cercas, resguardos, etc.. se deben poner a tierra.

6. Marcado.

Cada transformador debe estar provisto de una placa de datos en la que se indique el nombre del fabricante, la capacidad nominal en KVA, la frecuencia, la tensión eléctrica en el primario y en el secundario, la impedancia, el espacio requerido para transformadores con aberturas de ventilación, la cantidad y clase de líquido aislante cuando se use. La placa de cada transformador tipo seco debe indicar además la clase de temperatura para el sistema de aislamiento.

7. Espacio de alambrado para terminales.

Debe proporcionarse el espacio para formar curvas, de las guías de línea o en carga del transformador de 600V o menos.

8. Ubicación.

Los transformadores y bóvedas de transformadores deben ser fácilmente accesibles al personal calificado para la inspección y mantenimiento. Los transformadores tipo seco de 600 V o menos, localizados en espacios abiertos sobre paredes, columnas o estructuras, no es necesario que estén accesibles.

2.2(b) Tableros de distribución. Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura, confiable y ordenada. Los conductores y las barras colectoras en tablero de distribución o en un panel de alumbrado y control, deben estar instalados de manera que no queden

expuestos a daño físico y deben sujetarse firmemente en su sitio. además del alambrado requerido para la conexión y control, únicamente los conductores destinados para terminar en la sección vertical del tablero de distribución, deben colocarse en dicha sección. Se deben colocar barreras en todos los tableros de distribución de acometida para aislar de las barras colectoras de acometida y de las terminales. La disposición de los conductores y las barras colectoras debe ser adecuadas para evitar el sobrecalentamiento debido a efectos inductivos.

Las terminales de los tableros generales de distribución deben estar situados de modo que no sea necesario atravesar conductores de fase para hacer las conexiones. En los tableros de distribución que reciben energía de un sistema de 4 hilos, conexión delta, cuando el punto medio de una fase este puesto a tierra, la barra o conductor de mayor tensión eléctrica de esa fase debe ir marcado de modo permanente y duradero en su cubierta exterior.

El arreglo de las fases en las barras de sistemas trifásicos debe ser A,B y C. En sistemas trifásicos de 3 hilos conectados en delta, la fase B debe ser la que tenga mayor tensión eléctrica a tierra. Existen dos tipos de instalaciones de los tableros de distribución ;Interiores. El espacio dedicado deberá incluir las siguientes zonas.

- El ancho y profundidad se debe proporcionar para la instalación eléctrica un espacio exclusivamente dedicado, entre el piso y los elementos estructurales del techo, que tenga una altura de 7.5 m a partir del piso con el mismo ancho y profundidad del equipo.
 - Espacio de trabajo. En esta zona no debe de haber elementos arquitectónicos ni otros equipos.
2. Exteriores. El equipo eléctrico en exteriores debe instalarse en envolventes adecuadas y estar protegidos contra el contacto accidental por personas no-calificadas, contra el tráfico de vehículos y contra las salpicaduras o fugas accidentales de tubería.

2.3 Motores, protecciones y controles.

2.3(a) Los motores son los que se encuentran al final de la línea de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Tipos de motores que existen en la instalaciones:

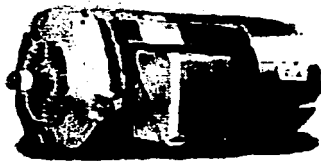
- **Motores de inducción.** Son los que se encuentran mas comúnmente en la industria, son motores eléctricos asíncronos , es decir su velocidad varia con la aplicación de carga y es siempre menor a la de sincronismo. Existen dos tipos de construcción de rotor devanado y jaula de ardilla. Este tipo de motores trabaja con factor de potencia en atraso, el cual se muestra en la siguiente figura.



- **Motores sincrónicos.** Tiene la particularidad de que la velocidad de funcionamiento es constante en todas las condiciones de carga hasta carga nominal. Esta velocidad constante de funcionamiento se puede observar incluso en condiciones en las que el voltaje de línea sea variable, se trata de un motor muy útil para aplicaciones donde se requiere que la velocidad no varíe en condiciones de carga. Este tipo de motor trabaja con factor de potencia tanto en atraso como en adelante, este tipo de motor se muestra en la siguiente figura.



- **Motores de corriente directa.** Son insuperables para aplicaciones en las que debe ajustarse la velocidad, así como para aplicaciones en las que se requiere un par grande.



2.3(b) La protección generalmente en todas las instalaciones eléctricas se realiza mediante interruptores, y por algún otro dispositivo de sensores, los cuales desconectan nuestra línea cuando detectan algún sobrevoltaje.

2.3(c) En instalaciones industriales, y en general en aquellas donde se utilizan varios motores los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero.

2.4 Alumbrado y contactos.

2.4(a) Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de la línea de la instalación y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente en calor. En alumbrado de interiores existen dos niveles de iluminación: local y general. El primero se refiere a las necesidades de luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El segundo corresponde a la iluminación en todas las demás áreas o también llamado alumbrado general por zonas.

Metodos de calculo de alumbrado:

- Método de calculo de los lúmenes. Este método se utiliza únicamente para calculo de alumbrado de interiores y esta basado en lúmenes por metro cuadrado. Con la información que da el fabricante de la luminosidad de cada lámpara, la cantidad instalada y el area de la zona considerada puede obtenerse el numero de lúmenes por metro cuadrado.
- Método de punto por punto. Es indispensable para el calculo de alumbrado de exteriores. Para la aplicación de este método se requiere de la curva fotométrica, que caracteriza a las fuentes de luz. Esta curva proporciona, en forma grafica o tabla, la información relativa a la distribución de la luz producida por la unidad de alumbrado o luminaria.

2.4(b) Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación fija.

2.5 Canalizaciones eléctricas.

Las canalizaciones eléctricas son los dispositivos que se emplean en la instalación para contener a los conductores de manera que estos queden protegidos de la mejor manera. Los medios más comunes de canalización son:

1. Tubos conduit
2. Ductos
3. Charolas

CAPITULO III. PRUEBA ELECTRICAS

3.0 inspección visual.

Esta permite detectar deficiencias en los materiales utilizados y en la forma en que se colocan e instalan. La inspección visual debe hacerse desde el inicio de la construcción hasta la recepción final. La revisión implica asegurarse de que se instalaron todas las partes necesarias, que las unidades de alumbrado están colocadas correctamente, que todas las uniones están debidamente apretadas y que las secciones de los conductores corresponden a las especificaciones de diseño.

3.1 Pruebas de operación.

El objetivo de estas pruebas es verificar el funcionamiento de todos los elementos de la instalación de tal forma que en condiciones de plena carga no se presenten temperaturas fuera de lo común. Ninguno de los equipos, materiales y partes de la instalación debe rebasar el límite de temperatura marcado en sus especificaciones. Estas pruebas deben realizarse poniendo a operar por un cierto tiempo el equipo, para comprobar que no exista ningún problema con su funcionamiento.

Este tipo de prueba es muy importante, ya que nos ayuda a prevenir futuras fallas en nuestra instalación y supervisamos que nuestro equipo este funcionando bien.

3.2 Pruebas de aislamiento.

El nivel de aislamiento de una instalación eléctrica se entiende como la capacidad del aislamiento para oponerse a las corrientes de conducción y de fuga cuando se aplica un voltaje entre todas las partes vivas conectadas entre sí y las estructuras metálicas y partes normalmente conectadas a tierra. Las pruebas deben comprobar que el nivel de aislamiento mínimo este por encima de cierto valor establecido por las normas aplicables.

Existe un elemento conocido con el nombre de megger, que es muy útil en la medición de valores de resistencia muy altos. El megger aplica un voltaje y mide la resistencia entre un conjunto de elementos conductores conectados a una de sus terminales y las partes unidas a tierra a la otra terminal también pueden medirse niveles de aislamiento entre fases.

Una prueba de la resistencia de aislamiento es una medición de la resistencia eléctrica a tierra del material aislante que rodea el conductor. Como todos los contactos o vías de fuga están en paralelo, la resistencia de aislamiento tiende a disminuir al aumentar la longitud del conductor o viceversa. Depende de la temperatura, de la humedad y del polvo o suciedad. Por lo tanto, indica el grado de deterioro y humedecimiento del material aislante. La variación local de estas condiciones hace que difieran los resultados de pruebas realizadas en distintos días.

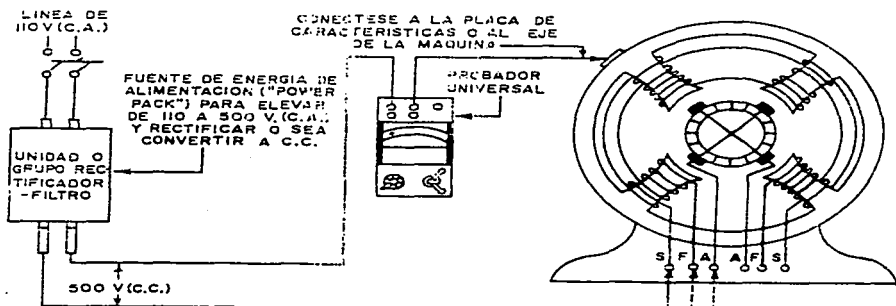
Las pruebas de los aislamientos deben efectuarse con frecuencia para evitar las averías repentinas de los conductores por deterioros o daños sin descubrir. Tales conductores pueden haber estado sometidos a humedecimiento o calor excesivos, a la acción de ácidos o vapores, a un severo roce o abrasión y a otros desperfectos. Solo la comprobación regular revelara los puntos de falla probable de un sistema o red de conductores.

El megger es un instrumento de combinación de un generador manual (o magneto) de C.C. y de un medidor de resistencia eléctrica (Megaohms) que indica directamente el valor de la resistencia. Suele tener varias gamas o escalas de tensión generada. Se fabrican en diversos tipos o modelos que varían según el tipo de aplicación.

Cuando se obtienen lecturas notablemente bajas de la resistencia de aislamiento, deben tomarse providencias inmediatamente para localizar el punto débil tanto de un equipo como de un sistema o sección de conductores. Como la efectividad de los materiales aislantes empleados en todas las maquinas eléctricas se reduce por envejecimiento o deterioro debido a la humedad, el polvo, la acción de aceites o ácidos, etc., se necesita medir periódicamente la resistencia eléctrica de un aislamiento para descubrir los puntos débiles y corregirlos antes de ocurra una avería completa.

Las pruebas de aislamiento suelen hacerse aplicando un voltaje de 500V (C.C.) entre una terminal del devanado y la armazón de la maquina; la tensión aplicada hace pasar hacia la armazón una corriente a través del aislamiento o sobre el y su intensidad se mide con un instrumento sensible provisto de una escala graduada.

PRUEBAS DE AISLAMIENTO



3.3 Pruebas de voltaje aplicado.

Puede existir lugares (picos o aristas) donde la aplicación del voltaje nominal pueda provocar una falla, especialmente en instalaciones de media tensión. Por esta razón debe aplicarse un voltaje de prueba entre todas las vías de corriente agrupadas entre sí y la tierra física. La aplicación del voltaje se hace paulatinamente desde cero hasta un voltaje de prueba por un minuto.

La prueba de voltaje aplicado es del tipo "pasa o no pasa" si no se producen falla mientras se mantiene el voltaje, la instalación y equipo queda aprobado. Esta prueba es

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

peligrosa ya que se manejan voltajes altos, así que debe contarse con personal calificado para su ejecución.

La medición de la potencia en un circuito trifásico exige comúnmente el empleo de dos watímetros monofásicos como mínimo y estos instrumentos deben ser conectados correctamente en el circuito para tener medidas exactas de la potencia. Como un watímetro trifásico consiste en dos watímetros de una fase instalados en el mismo estuche o caja se emplea con tal medidor al mismo procedimiento de conexión.

Cuando se trata de un circuito trifásico de 4 hilos se emplean frecuentemente tres watímetros, conectados como en el esquema F. La bobina de intensidad de cada uno se conecta en serie con la línea respectiva y su bobina de tensión entre esta y el neutro, como se indica. La potencia total será la suma de las tres lecturas. Un cambio de F.P. no altera los valores indicados como sucede en el método de los dos watímetros y los tres medidores siempre darán lecturas normales. Los watímetros indican efectivamente la potencia real consumida por el circuito, y como la intensidad de la corriente para una carga dada puede aumentar demasiado cuando el valor del F.P. es bajo, hay el peligro de quemar la bobina de intensidad de un watímetro cuando se utiliza para medir cargas con bajo F.P.

2.4 Otras pruebas.

Estas prueba se realizan en sociedad con los distribuidores de los equipos y están especificadas en el contrato de compra-venta, son supervisadas y aceptadas por el comprador. Por lo general se refieren a la rigidez mecánica de los tableros, de las unidades de alumbrado, de las salidas y de los soportes en general.

Esta prueba es importante para determinar que los fabricantes cumplan con los requerimientos necesarios en la fabricación del equipo, ya que el comprador generalmente se va con las especificaciones de placa y a la larga surgen las complicaciones en el funcionamiento del equipo.



Para los usuarios de equipo eléctrico, es fundamental certificar que sus instalaciones y equipos satisfacen los requerimientos establecidos en las normas y especificaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una de las maneras de comprobarlo es realizar pruebas de evaluación del comportamiento real de los equipos, vigilando que cumplan con las funciones para las que fueron diseñados.

Pruebas realizadas a los motores en INDUSTRIAS IEM

Pruebas de Rutina

- Lectura de Watts en vacío
- Lectura de corriente en vacío
- Potencial aplicado
- Rigidez dieléctrica (megger)
- Balance de fases en vacío
- Vibración en vacío
- Resistencia óhmica del devanado

Pruebas de Prototipo

- Saturación en vacío
- Saturación con carga
- Saturación a rotor bloqueado
- Operación
- Par-velocidad
- Temperatura

Muchas veces en las instalaciones eléctricas se presentan fenómenos cuya explicación no es evidente y nos dejan intranquilos.... Entre otros se pueden mencionar los siguientes:

- Fallas en los equipos eléctricos sin que exista una causa aparente del porqué fallaron
- Problemas con los equipos de protección que llegan a disparar cuando no es necesario
- Problemas con los equipos de medición que llegan a dar resultados no adecuados
- Sobre calentamiento en máquinas eléctricas como son motores, generadores y transformadores sin que haya aumentado la carga eléctrica o par mecánico a que están siendo sometidos
- La aparición de vibraciones en diferentes equipos eléctricos, etc...

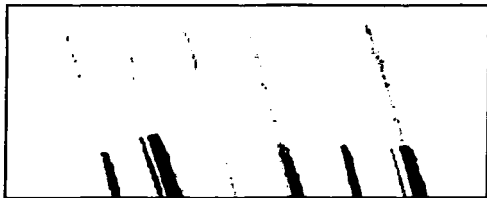
El poder efectuar mediciones especializadas de diferentes cantidades eléctricas más allá de los parámetros fundamentales, nos permite elaborar un diagnóstico que podría incluir la presencia de algunos fenómenos eléctricos que normalmente no son evidentes y que pueden ser difíciles de detectar.

CAPITULO IV SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO

4.0 Selección de conductores.

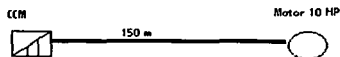
Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son: capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación, caída de voltaje permitida, capacidad para soportar la corriente de cortocircuito y calibre mínimo permitido para aplicaciones específicas. Otros criterios menos importantes son: pérdidas por efecto joule, fuerza de tiro en el proceso del cableado y alimentadores de cables diferentes que pueden compartir la misma canalización. Los dos principales son los que explicamos a continuación.

- Capacidad de conducción de corriente. Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contiene materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferentes capacidades de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento y temperatura, pero nosotros como tratamos de ahorrar la mayor cantidad tenemos que seleccionar el conductor que posea menor incremento de temperatura. En la NOM-001-SEDE-1999 en las tablas 310 y en el apéndice A se encuentran las capacidades de conducción, diámetro del conductor, lugar donde van ir colocados y temperatura a la que pueden operar.
- Caída de voltaje. Se le llama caída de voltaje a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador y el obtenido en cualquier otro punto de la instalación. La NOM nos indica que la regulación de voltaje entre el circuito alimentador y el circuito derivado no debe sobrepasar el 5%.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Calculo del conductor que alimenta a un motor de inducción de 10 HP, 220 V, el cual se encuentra a una distancia de 150 m, por medio de capacidad de corriente y caída de voltaje de acuerdo con la NOM vigente.



- Para un motor de inducción nuevo la eficiencia es de 0.9 y posee un factor de potencia de 0.8.

$$I = \frac{\text{Potencia (kW)}}{3 \times V \times F \times P \times \eta}$$

$$I = \frac{10 \times 746}{1.73 \times 220 \times 0.9 \times 0.8}$$

$$I = 27.19 \text{ A (1.25)} = 33.98 \text{ A}$$

Donde 1.25 es el factor de corrección

De la tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-1999 el calibre es **8 AWG** a 60° C

- % e = LIZ = 4.79%

Donde:

L – longitud de conductor

I – es la corriente que circula por el conductor

Z – impedancia del conductor (tabla del fabricante)

Para el conductor N. 8AWG El area es $A = 8.367 \text{ mm}^2$.

Como es una caída mayor a la permitida. Ahora se escoge un calibre mayor para reducirla, se vuelve calcular la caída.

El calibre utilizado ahora es de 6 AWG el cual posee una $A = 13.3 \text{ mm}^2$

% e = 3.01 % lo cual ya esta dentro de lo permitido. Por lo tanto el conductor seleccionado es del N. **6 AWG**.

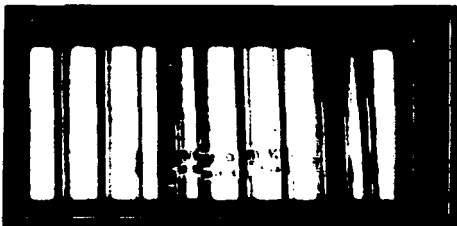
4.1 Selección de canalizaciones.

Existen varias formas de canalización, en la cual el diseñador del proyecto debe de elegir alguna de acuerdo a las necesidades que se tengan y a las ventajas que da cada una como se menciona a continuación.

1.-Tubos conduit. Existen en el mercado una gran variedad de tubería conduit de los cuales mencionaremos algunos.

- Tubo de acero galvanizado pared gruesa. Este tubo esta protegido interior y exteriormente por medio de acabado galvanizado, puede ser empleado en cualquier clase de trabajo dada su resistencia a la humedad.
- Tubo de acero galvanizado pared delgada. La diferencia con el anterior es que el espesor de la pared del tubo es la mitad, sus aplicaciones son las mismas dada su resistencia a la humedad y se acopla por medio de coples u otro tipo de conectores.
- Tubo acero esmaltado de pared gruesa. Este tipo de tubo esta protegido interiormente y exteriormente con esmalte para protección contra oxidación, por lo que se recomienda para instalaciones intemperie o en lugares permanentemente húmedos.
- Tubo de aluminio. De manufactura en pared gruesa y delgada, tiene la ventaja de ser más ligero que los tubos de acero a igualdad de sección, se recomienda su uso para instalaciones con armaduras del mismo material.
- Tubo flexible. Se emplea en aquellas instalaciones en que es necesario hacer muchas curvas. Es ideal para instalaciones de motores eléctricos, es adecuado para instalaciones industriales por su consistencia mecánica a la presión.
- Tubo de plástico flexible. Tiene las propiedades de ser ligero y resistencia a la acción del agua, no es recomendable usarlo en lugares que excedan los 60°C.

La tubería conduit tipo semipesado es una canalización circular utilizada en las instalaciones eléctricas visibles u ocultas para cualquier tipo de condición atmosférica y en cualquier tipo de edificio, principalmente en instalaciones de tipo industrial.



La función de la tubería conduit es:

- Alojar los conductores eléctricos y protegerlos contra el deterioro mecánico.
- Evitar incendios por arco eléctrico que pudieran presentarse por condiciones de corto circuito.

c)Facilitar al instalador el tendido de la red eléctrica

Para cumplir con esta finalidad la tubería conduit marca RYMCO es fabricada conforme a la norma mexicana NMX - J - 535 - ANCE- 2001 :

1. En acero soldado sin aporte de material libre de orillas o filos cortantes que pudieran dañar la cubierta protectora de los conductores.

2. En tamaños y calibres conforme a la norma, y en longitudes normalizada de 3000 mm pudiendo entregar el producto a nuestros clientes en longitudes acordes a sus necesidades.

TAMAÑO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR DE PARED
1/2	20.40	1.52
3/4	25.40	1.52
1	31.75	1.71
1 1/4	40.50	1.90
1 1/2	46.40	1.90
2	58.87	2.28
2 1/2	73.02	3.42
3	88.90	3.42
4	114.00	3.42

3. El tubo es limpiado por un proceso de decapado que garantiza que los recubrimientos protectores contra la oxidación queden firmemente adheridos a la superficie interior y exterior.

2.- Ductos. Consisten de canales de lamina de acero de sección cuadrada o rectangular con tap, se usan solo en instalaciones visibles ya que no se pueden montar embutidos en pared o centro de lozas de concreto, razón por la aplicación se encuentra en industria y laboratorios.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.- Charolas. Se tiene aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación. Las recomendaciones son las sig:

- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.
- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1.5 a 2.0 m, en el caso de grueso calibre hacerlo cada 2.0 a 3.0 m.
- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales.

Dentro de los diferentes métodos de alambrado que podemos emplear en una instalación eléctrica y que la Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001 permite usar para alojar y proteger a los conductores eléctricos en baja y media tensión, así como de telecomunicaciones, están los sistemas de soportes metálicos tipo charola.



Este tipo de sistemas frecuentemente se comparan por parte de ingenieros y contratistas con las instalaciones de conductores en tubos (conduit). Los criterios que se aplican para esta comparación son la seguridad, confianza, espacio y costo.

4.2 Selección de interruptores.

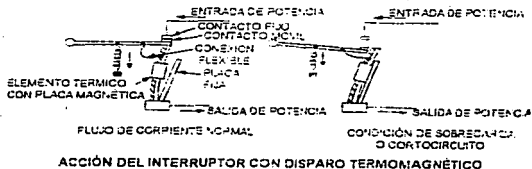
Tipos de interruptores mas utilizados en una instalación eléctrica:

- Interruptor general. Es el que va colocado entre la acometida y el resto de la instalación, y se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.
- Interruptor derivado. Es aquel que esta colocado para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.
- Interruptor termomagnético. Se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que puede realizar funciones de conexión y desconexión, protección contra cortocircuito y sobrecarga en instalaciones de baja tensión.

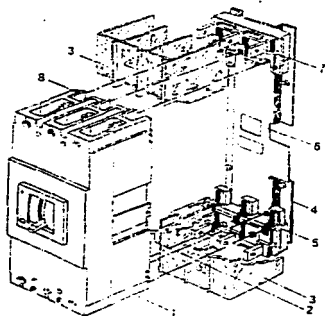
Los interruptores se clasifican de acuerdo con:

1. Nivel de voltaje (alto, medio y bajo).
2. Medio de extinción (aire, aceite, vacío, hexafluoruro de azufre, etc).
3. Condiciones de instalación (interiores, intemperie o ambiente con peligro de explosión).
4. Numero de fases (monofásico o trifásico).
5. Tipo de accionamiento (neumático, hidráulico o mecánico).

Además de las características señaladas la especificación debe incluir: la corriente nominal, la capacidad interruptiva, la corriente máxima de paso (pico de corriente de falla que puede soportar sin que se requiera su interrupción), tiempo de apertura, tiempo de cierre, voltaje nominal, voltaje de pruebas y particularidades de su operación y mantenimiento.



ACCIÓN DEL INTERRUPTOR CON DISPARO TERMOMAGNETICO



- 1.- INTERRUPTOR DE POTENCIA ENCHUFABLE
- 2.- ESPIGA PARA DISPARAR EL INTERRUPTOR.
- 3.- COBERTURAS (PROTECCIONES DE BARRAS CONTRA CONTACTOS ACCIDENTALES, SE COLOCAN CUANDO SE SACA EL INTERRUPTOR).
- 4.- ZÓCALO.
- 5.- CONTACTOS RECEPTORES PARA LAS BARRAS DE ENCHUFE.
- 6.- SITIO PARA COLOCAR HASTA TRES CANDADOS.
- 7.- BARRAS DE CONEXIÓN.

Capacidades de interruptores termomagnéticos

tensión		Amperes valor eficaz			
Nominal	máxima de diseño	continuo	Interruptivos	Momentáneos	Cierra contra falla
4.8	5.5	600	600	40 000	40 000
		600	600		
		1200	1200		
7.2	8.25	600	600	40 000	40 000
		600	600		
		1200	1200		
13.8	15	600	600	40 000	40 000
		600	600		
		1200	1200		
14.4	15.5	600	600	40 000	40 000
		600	600		
		1200	1200		

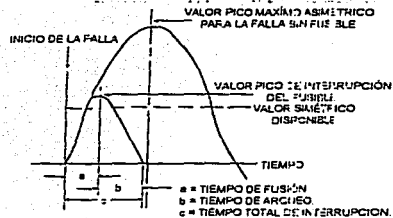
Con lo mencionado anteriormente para seleccionar un interruptor debe satisfacer nuestras necesidades y requerimientos. Estos parámetros están especificados en la NOM-001-SEDE-1999, sección 240-80.

4.3 Selección de fusibles.

Los fusibles son el elemento más utilizado en las instalaciones eléctricas. El cual se trata de un conductor con una calibración precisa para fundirse cuando la corriente que circula por el pasa de cierto límite. El fusible esta colocado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, los que limitan el nivel de voltaje. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o algún otro material para enfriar los gases del arco y restablecer el medio dieléctrico. La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por efecto Joule. La calibración esta hecha para cierta temperatura ambiente, por lo que la falta de ventilación puede modificarla.

La capacidad interruptiva, esta definida como el producto de la corriente de cortocircuito por el voltaje que aparece en las terminales después de que el fusible abrió el circuito, dependen de la separación de las terminales que rodean al elemento. El fusible se utiliza mas comúnmente como un medio de protección contra cortocircuito que contra sobrecarga. Sin embargo existen los llamados "fusibles limitadores de corriente" que también protegen contra sobrecarga. Los fusibles para baja tensión se construyen en diversas formas; las más comunes son las llamadas tipo cartucho, el cual esta diseñado para soportar de 30 a 400 amperes.

La selección del fusible se hace según el diseño y las normas de fabricación, los cuales poseen unas curvas de operación como la que se muestra en la siguiente figura, también debe de cumplir con las estipulaciones de la NOM sección 240-50 y 240-60. Las cuales nos dan ciertos criterios y normas para la instalación de los mismos.



CURVA TÍPICA DE INTERRUPTIÓN DE UN FUSIBLE

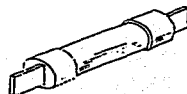
En la siguiente figura, se muestran algunos de estos tipos:



FUSIBLE TIPO TAPÓN



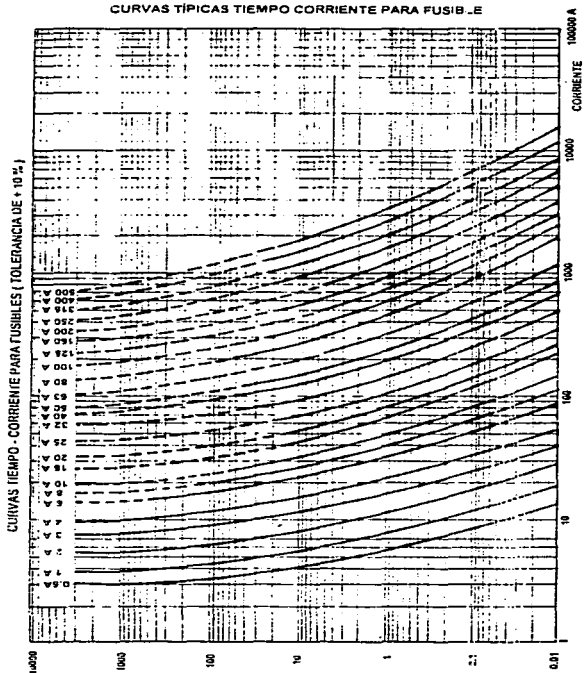
FUSIBLE DE CARTUCHO



FUSIBLE DE CARTUCHO CON CONTACTO DE NAVAJA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CURVAS TÍPICAS TIEMPO CORRIENTE PARA FUSIBLE



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO V. RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

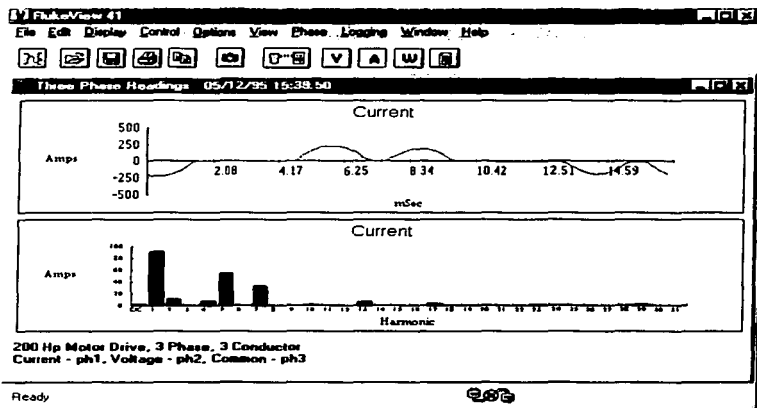
5.0 Auditoria de la instalación eléctrica verificando normas.

La auditoria debe ser una inspección que permita precisar el estado físico de una instalación y que proporcione información relativa a la eficiencia con que se transporta y convierte la energía eléctrica. Al mismo tiempo debe ayudar a determinar mejores opciones de operación.

La inspección incluye una revisión visual, mediciones del nivel de aislamiento, de la resistencia a tierra, del factor de potencia, de la demanda horaria y de la energía consumida. Tanto la maquinaria como los procesos deben ser revisados y si es necesario sustituirlos para mejorar sus eficiencias energéticas.

El análisis económico deberá incluir el costo de inversión por las modificaciones, contra el valor presente de los ahorros de energía, de posibles mejoras en la productividad y en la confiabilidad de la operación de la instalación.

MEDICIONES ELECTRICAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este servicio proporciona la medición de los parámetros eléctricos básicos en toda red o instalación eléctrica como son:

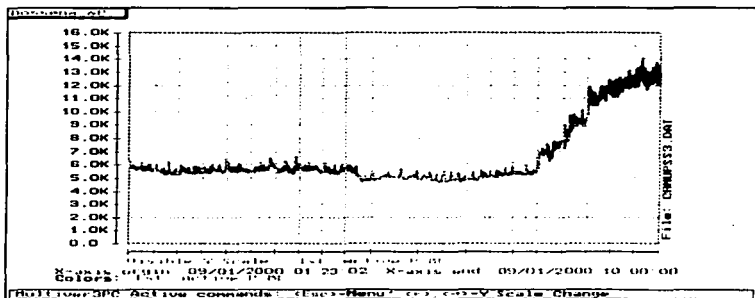
- Voltaje fase a neutro
- Voltaje entre fases
- Corriente por fase
- Potencia activa por fase y global trifásica
- Potencia aparente por fase y global trifásica
- Potencia reactiva por fase y global trifásica
- Factor de potencia por fase y global trifásico

Todas estas mediciones pueden ser efectuadas durante períodos de tiempo lo suficientemente amplios para tener una idea más completa del comportamiento de los principales parámetros eléctricos de la instalación bajo análisis.

Tanto la potencia activa como aparente y reactiva son reportadas en valores instantáneo, promedio y máximo que llegaran a alcanzar durante el periodo de medición. Es posible generar gráficas que muestren los valores en el tiempo de cada uno de los parámetros eléctricos arriba descritos a lo largo del periodo de medición.

Estas mediciones pueden ser efectuadas en diversos puntos de la instalación, con el fin de tener una caracterización más amplia de la operación de la red o instalación eléctrica bajo análisis.

MEDICIONES DE CONSUMO DE ENERGIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

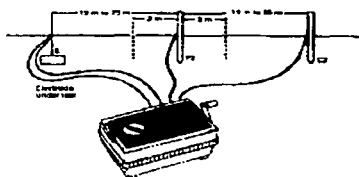
Este servicio permite efectuar mediciones de los consumos eléctricos de potencia activa y reactiva durante un período de medición que será definido de común acuerdo con el usuario, con el objetivo de identificar patrones de consumo tanto globales como en diferentes áreas o departamentos.

Es posible obtener la medición en KWhr (kilowatts hora) para cada una de las fases al igual que el consumo global del punto medido. Asimismo se puede medir los KVARHr (kilo volt amper reactivo hora) para cada una de las fases y en forma global. Los resultados pueden ser graficados en el tiempo, lo que nos permite obtener curvas que muestran los patrones de consumo en base horaria, diaria, semanal o mensual.

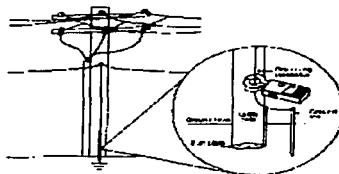
También es posible calcular la compensación reactiva en caso de que ésta fuera necesaria. Para aquellas instalaciones que lo requieran también es posible medir las potencias (activa, reactiva y aparente), durante el mismo período de medición y en forma simultánea, con el fin de monitorear la demanda y compararla con la demanda máxima contratada.

MEDICION DE RESISTENCIA DE MALLAS O ELECTRODOS

Para aquellas instalaciones que ya cuentan con sistema de tierra que pueden incluir mallas y/o electrodos separados, es necesario efectuar en forma periódica una medición de los niveles de resistencia a tierra que estos presentan. Cabe mencionar, que los cambios en los niveles freáticos del terreno, así como los problemas de corrosión, pueden modificar en forma importante un sistema de tierras, haciendo que éste alcance valores que comprometan su eficiencia y seguridad. Nuestra empresa puede desarrollar mediciones de resistencia a tierra en instalaciones energizadas sin necesidad de instalar electrodos de referencia y sin desconectar cables de aterrizamiento de los equipos a la red y/o electrodo bajo análisis.



Método para medir caída de potencial y resistencia a tierra de los electrodos

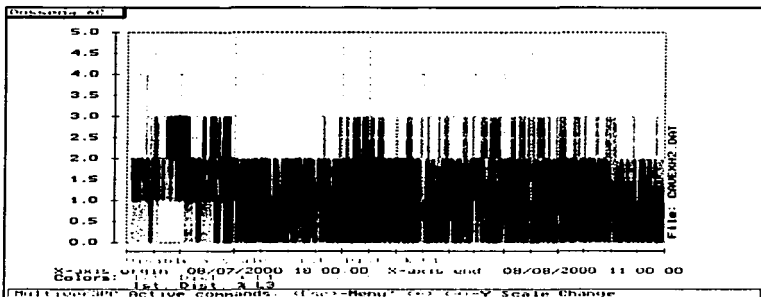


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

También es posible efectuar mediciones en electrodos o mallas de tierra que se encontraran completamente aislados y desenergizados. Para este caso se propone utilizar un método de caída de potencial de tres puntos como lo sugieren las Guías 80 y 81 del IEEE.

Como resultado de este trabajo se entrega un reporte técnico que incluye los resultados obtenidos, así como las recomendaciones que en un momento dado fueran necesarias para lograr valores adecuados de resistencia a tierra de las mallas y electrodos bajo análisis.

MEDICIONES DE DISTORSION DE ARMONICAS



Este servicio incluye la medición de los niveles de distorsión armónica tanto en voltaje como en corriente en diferentes puntos de una instalación, las mediciones se efectúan de acuerdo a las recomendaciones de la Guía 519 del IEEE y tienen como principal objetivo caracterizar las fuentes de armónicas y conocer los niveles de distorsión y la composición armónica en diferentes puntos de la instalación.

La composición armónica se refiere a la identificación de aquellas componentes armónicas (3a, 5a, 7a, etc.), que se pueden encontrar presentes, así como sus valores porcentuales referidos a la fundamental. Este análisis se efectúa tanto para voltaje como para corriente en cada uno de los puntos de medición. Como resultado de estas mediciones se entrega un reporte técnico, el cual incluye los siguientes resultados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Distorsión armónica total en voltaje (THDv)
- Distorsión armónica total en corriente (THDi)
- Curvas del comportamiento del (THDv) durante el periodo de medición
- Gráficas que muestren las formas de onda en el tiempo de voltaje y corriente
- Gráfica que muestre la composición armónica en frecuencia

MEDICION DE VARIACIONES DE VOLTAJE

También se incluye un diagnóstico en el cual se concluye la importancia de las armónicas presentes con respecto a los valores sugeridos para diferentes aplicaciones a nivel internacional (IEEE, IEC, etc.), finalmente se dan recomendaciones sobre las bases a seguir para la disminución de los niveles de distorsión armónica que estuvieran fuera de los límites sugeridos. Estas pueden incluir el desarrollo de estudios de análisis armónico para el diseño y ubicación de filtros, cambios de topología en la red, re-ubicación de cargas, instalación de otros equipos (transformadores de aislamiento), etc.

Este servicio incluye la medición del voltaje y corriente en cada una de las fases, con el fin de verificar la calidad y el comportamiento del voltaje en condiciones de operación de un equipo de red eléctrica.

Para ello, se efectúan mediciones durante periodos que pueden abarcar varias horas o varios días y donde se van tomando las siguientes mediciones.

- Valores mínimo, máximo y promedio en RMS que presentan el voltaje y la corriente.
- Variaciones rápidas de voltaje (bajos voltajes) o "Sags" y altos voltajes (Surges).
- Transitorios de voltaje con una duración mínima de hasta cuatro micro segundos y máxima de 500 micro segundos.
- Variaciones rápidas de corriente.

5.1 Investigación de la operación del equipo eléctrico (ENCUESTAS).

“Cooper Wiring Darices”

1. ¿Considera que la instalación eléctrica en forma general esta bien instalada?.
SÍ, ya que toda la instalación esta por medio de charolas.
2. ¿Existen cables fuera de canalizaciones?.
NO
3. ¿Hay puentes o algo similar?.
NO
4. ¿Considera que el mantenimiento es el adecuado?.
Sí, ya que una subdivisión dentro del area de mantenimiento, que se llama servicios generales y esta se encarga del correcto funcionamiento de la instalación eléctrica dentro de la empresa. Haciendo todo conforme a las normas de seguridad requeridas.
5. ¿Existe algún programa de limpieza de lámparas?.
Sí
6. ¿Existe sobrecalentamiento de equipos?.
NO
7. ¿Los trabajadores cocinan con resistencias?.
No hay microondas, pero se usan resistencias disipadoras en las máquinas de moldeo por inyección y por compresión.
8. ¿Dejan equipos sin aprovecharse?.
Si, principalmente los molinos de esqueletos de plásticos, ya que aunque no se usen están en funcionamiento las 24 horas.
9. ¿Hay lámparas encendidas sin aprovecharse?.
NO
10. ¿Cómo ahorraría energía eléctrica en la empresa donde labora?.
Haciendo una cultura de apagar y desconectar el equipo que no se utilice
11. ¿Se sabe de multas por bajo factor de potencia?.
NO
12. ¿Que opina del horario de verano se ahorra o no se ahorra energía?.
Esta empresa no ahorra energía, ya que produce las 24 horas del día los 7 días de la semana.

13. ¿A que capacidad operan los equipos en la empresa donde laboran?
90 %
14. ¿Cómo arrancan los motores en la empresa?
Con carga.
15. ¿Existe algún programa de mantenimiento?
No existe plan de mantenimiento preventivo solo el correctivo.

IOELECTRONICS SA de CV

1. ¿Considera que la instalación eléctrica en forma general esta bien instalada?
SI
2. ¿Existen cables fuera de canalizaciones?
NO
3. ¿Hay puentes o algo similar?
NO
4. ¿Considera que el mantenimiento es el adecuado?
NO
5. Existe algún programa de limpieza de lámparas?
NO
6. ¿Existe sobrecalentamiento de equipos?
NO
7. ¿Los trabajadores cocinan con resistencias?
NO
8. ¿Dejan equipos sin aprovecharse?
SI
9. ¿Hay lámparas encendidas sin aprovecharse?
NO
10. ¿Cómo ahorraría energía eléctrica en la empresa donde labora?
Tener los equipos encendidos únicamente mientras sean utilizados.
11. ¿Se sabe de multas por bajo factor de potencia?
NO

12. ¿Que opina del horario de verano se ahorra o no se ahorra energía?
No se ahorra
13. ¿A que capacidad operan los equipos en la empresa donde laboran?
90 %
14. ¿Cómo arrancan los motores en la empresa?
Con carga
15. ¿Existe algún programa de mantenimiento?
NO

5.2 Motores eléctricos de alta eficiencia.

Hoy en día, debido a los altos costos de la energía eléctrica y la tendencia a su incremento, los motores eléctricos deben ser seleccionados y aplicados considerando su costo y duración, incluyendo factores tales como: primer costo, eficiencia de la energía, ciclo de operación y tiempo de trabajo. Las normas **NOM 016-ENER-1997** y **NEMAMG-1** han establecido tablas que indican valores de eficiencia mínima y nominal, que pueden ser supuestos para un diseño de motor dado (tablas No. 1 y No. 2 para valores de eficiencia de motores tipo cerrado y abierto).

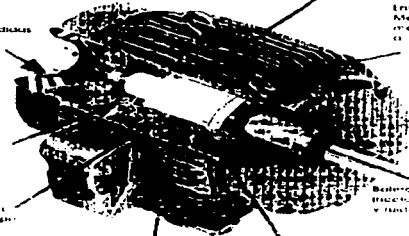
La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. La sustitución de motores estándar por motores de alta eficiencia puede aplicarse a los siguientes casos:

- Por una nueva adquisición. En este caso se realizara la comparación con respecto a la operación de un motor estándar. La inversión del motor de alta eficiencia será la diferencia entre el estándar y el de alta eficiencia, ya que de cualquier manera se hubiera realizado la inversión.
- Para sustituir equipos dañados. De igual manera que la alternativa anterior, la inversión corresponde al costo marginal del motor de alta eficiencia y el estándar. En ambos casos la sustitución puede ser una medida de ahorro muy rentable.
- Por reemplazo de motores operando. La sustitución de un motor en operación por uno de alta eficiencia, es mas atractivo en los casos en los que el motor actual opera con bajo factor de carga, como consecuencia con baja eficiencia y factor de potencia. Por tanto la sustitución debe hacerse con un motor de menor capacidad que el actual y de alta eficiencia. Al sustituirlo se mejoraran substancialmente estos parámetros obteniendo atractivos ahorros energéticos y económicos.

Acero al Silicio. Se reducen las corrientes de Eddy y las de campo magnético.

Construcción Especial:
Zonas estructurales, láminas paralelas
con los polos y láminas.

Entrehierro más estrecho
Menores pérdidas
magnéticas y de flujo en el
aire que en el rotor.



Alta eficiencia y menor
consumo de energía. Se
reducen las pérdidas de la
energía y disminuyen las
pérdidas por el flujo de
energía.

Alta eficiencia y menor
consumo de energía. Se
reducen las pérdidas de la
energía y disminuyen las
pérdidas por el flujo de
energía.

Bobinas más cortas con mayor
eficiencia, menor calentamiento
y ruido.

Almacén de hierro fundido
Resistencia a la corrosión, mayor
durabilidad de color.

Embobinado de cobre de alta
eficiencia. Resistencia a la
humedad, calentamiento menor.
Fasea hasta 6000 C.
Alta eficiencia, gases nocivos en
energía, ruido.

Valores de eficiencia para motores cerrados de alta eficiencia Norma NOM 016-ENER-1997

HP	2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima
75.5	72.0	82.5	80.0	80.0	80.0	77.0	74.0	70.0
82.5	80.0	84.0	81.5	81.5	85.5	82.5	77.0	74.0
84.0	81.5	84.0	81.5	81.5	86.5	84.0	82.5	80.0
85.5	82.5	87.5	85.5	85.5	87.5	85.5	84.0	81.5
87.5	85.5	87.5	85.5	85.5	87.5	85.5	85.5	82.5
88.5	86.5	89.5	87.5	87.5	89.5	87.5	85.5	82.5
89.5	87.5	89.5	87.5	87.5	89.5	87.5	88.5	86.5
90.2	88.5	91.0	89.5	89.5	90.2	88.5	88.5	86.5
90.2	88.5	91.0	89.5	89.5	90.2	88.5	89.5	87.5
91.0	89.5	92.4	91.0	91.0	91.7	90.2	89.5	87.5
91.0	89.5	92.4	91.0	91.0	91.7	90.2	91.0	89.5
91.7	90.2	93.0	91.7	91.7	93.0	91.7	91.0	89.5
92.4	91.0	93.0	91.7	91.7	93.0	91.7	91.7	90.2
93.0	91.7	93.6	92.4	92.4	93.6	92.4	91.7	90.2
93.0	91.7	94.1	92.4	92.4	93.6	92.4	93.0	91.7
93.6	92.4	94.5	93.6	93.6	94.1	93.0	93.0	91.7
94.5	93.6	94.5	93.6	93.6	94.1	93.0	93.6	92.4
94.5	93.6	95.0	94.1	94.1	95.0	94.1	93.6	92.4
95.0	94.1	95.0	94.1	94.1	95.0	94.1	94.1	93.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Valores de eficiencia para motores abiertos de alta eficiencia
Norma NOM 016-ENER-1997**

Hp	2 Polos		4 Polos		6 Polos		8 Polos	
	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima	Nominal	Mínima
1	75.5	72.0	82.5	80.0	80.0	77.0	74.0	70.0
1.5	82.5	80.0	84.0	81.5	84.0	81.5	75.5	72.0
2	84.0	81.5	84.0	81.5	85.5	82.5	85.5	82.5
3	84.0	81.5	86.5	84.0	86.5	84.5	86.6	84.0
5	85.5	82.5	87.5	85.5	87.5	85.5	87.5	85.5
7.5	87.5	85.5	88.5	86.5	88.5	86.5	88.5	86.5
10	88.5	86.5	89.5	87.5	90.2	88.5	89.5	87.5
15	89.5	87.5	91.0	89.5	90.2	88.5	89.5	87.5
20	90.2	88.5	91.0	89.5	91.0	89.5	90.2	88.5
25	91.0	89.5	91.7	90.2	91.7	90.2	90.2	88.5
30	91.0	89.5	92.4	91.0	92.4	91.0	91.0	89.5
40	91.7	90.2	93.0	91.7	93.0	91.7	91.0	89.5
50	92.4	91.0	93.0	91.7	93.0	91.7	91.7	90.2
60	93.0	91.7	93.6	92.4	93.6	92.4	92.4	91.0
75	93.0	91.7	94.1	93.0	93.6	92.4	93.6	92.4
100	93.0	91.7	94.1	93.0	94.1	93.0	93.6	92.4
125	93.6	92.4	94.5	93.6	94.1	93.0	93.6	92.4
150	93.6	92.4	95.0	94.1	94.5	93.6	93.6	92.4
200	94.5	93.6	95.0	94.1	94.5	93.6	93.6	92.4

En cualquiera de los casos anteriores, las horas del motor son un factor muy importante, ya que a medida que el motor opere con un mayor número de horas el proyecto se hace más rentable.

Selección del motor de alta eficiencia. Al sustituir un motor de alta eficiencia se deben considerar los siguientes puntos:

1. Seleccionar un motor de alta eficiencia con la potencia nominal para que trabaje entre 75-85 % de porcentaje de carga.

$$\text{Potencia del motor (HP)} = \frac{\text{Potencia en la flecha (HP)}}{0.75 \text{ o } 0.85}$$

2. Seleccionar un motor con la misma velocidad de operación (RPM), o en su defecto se demostrara que el cambio no afecta al proceso.

3. El motor propuesto debe satisfacer las necesidades de la carga: para par constante o variable (para valores de alto par, medio o bajo) y también el par de arranque.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Sustitución de un motor en operación por uno de alta eficiencia. Una vez determinada la eficiencia y realizados todos los ajustes pertinentes, la potencia en la flecha se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia en la flecha} = \text{Potencia demandada} \times \text{Eficiencia del motor}$$

Para la sustitución del motor, se debe obtener la máxima eficiencia la cual se obtiene entre 75-85 % de carga, por tanto es necesario que el motor opere cercano a este valor. Esto con la finalidad de obtener el máximo ahorro por la sustitución del motor. Con este valor se tiene que escoger entre el valor de potencia inmediata superior o inferior, pero debe ser el que se encuentre trabajando a un porcentaje de carga mayor, además de acuerdo a las características del equipo accionado debe garantizarse una operación confiable.

Determinación de la eficiencia del motor nuevo. Una vez que se ha definido la potencia del motor a instalar, se utiliza nuevamente la curva del motor y se tomara el valor de la eficiencia al factor de carga seleccionado, si es necesario se interpolará dependiendo del porcentaje de carga del motor elegido. El factor de potencia se termina utilizando el mismo procedimiento que para la eficiencia.

Ajustar eficiencia y factor de potencia. En caso de que en la instalación eléctrica no se corrijan la desviación y el desbalance de voltaje se tendrá que hacer nuevamente el ajuste en la eficiencia de acuerdo a los procedimientos descritos anteriormente.

Determinación de los ahorros de energía. Ya que se tiene la eficiencia y factor de potencia del nuevo motor se calcula la potencia demandada a la línea del nuevo motor mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia demandada} = \frac{(\text{Potencia del motor de alta eficiencia}) \times (\text{Factor de carga})}{\text{Eficiencia del motor}}$$

también

$$\text{Potencia demandada} = \frac{\text{Potencia de motor actual} \times \text{Eficiencia actual}}{\text{Eficiencia del motor de alta eficiencia}}$$

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Potencia demandada} \times \text{Eficiencia del motor}}{\text{Potencia del motor de alta eficiencia}}$$

$$\text{Eficiencia actual} = \frac{\text{Potencia demandada} \times \text{Eficiencia del motor de alta eficiencia}}{\text{Potencia del motor actual}}$$

$$\text{Ahorro en demanda kW} = \text{kW}_{\text{demandados motor actual}} - \text{kW}_{\text{demandados nuevo motor}}$$

$$\text{Ahorro de energía kWh} = \text{kW}_{\text{ahorro en demanda}} \times \text{horas de operación del motor}$$

Ahorros económicos. Finalmente se determinan los ahorros en términos económicos de potencia y energía de acuerdo al tipo de tarifa en que facture la planta en cuestión. Los ahorros quedan definidos considerando los siguientes parámetros:

- La tarifa aplicada en la empresa.
- Costo demanda (\$ / kW).
- Costo energía (\$ / kWh).

Donde:

Ahorros monetarios por demanda = Ahorro en demanda x costo del kW

Ahorros monetarios por energía = Ahorro en energía mensual x costo de energía (kWh)

Ahorros totales mensuales = Ahorros econ. demanda + Ahorros econ. energía

Demostración:

Se tiene un motor con las siguientes características de diseño:

Marca: SIEMENS

Potencia: 40HP

Voltaje de placa: 440V

Corriente de placa: 53 A

Velocidad sincrónica: 1800 rpm

Velocidad a plena carga: 1750 rpm

Equipo accionado: ventilador

Tiempo de operación:

Horas al día: 24 hrs.

Días del año: 365

Base: 2,930 horas al año

Intermedia: 5,034 horas al año

Punta: 796 horas al año

Total: 8,760 horas al año

El motor ya ha sido reembinado se estima un factor de perdidas de 1 %.

La siguiente tabla muestra la curva de comportamiento del motor con respecto a la carga.

Factor de carga	Eficiencia	Factor de potencia
100	91.00 %	88.30 %
75	89.50 %	86.50 %
50	86.00 %	81.50 %
25	N/A	N/A

Después se realizan mediciones en el motor de corriente por fase, de voltaje entre fases, potencia activa por fase y factor de potencia por fase, estas mediciones se muestran en la siguiente tabla:

Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (kW)	Factor de potencia
35.40	461.00	6.40	68.00 %
35.30	460.00	6.10	65.00 %
34.00	458.00	5.80	65.00 %
34.90	459.67	18.30	66.00 %

La potencia demanda también se puede calcular de la siguiente manera:

$$Potencia(kW) = \frac{3 \times V \times I \times F.P.}{1000}$$

$$Potencia demandada (kW) = \frac{1.732 \times 459.67 \times 34.90 \times 0.66}{1000} = 18.3$$

$$Factor de carga = \frac{18.3}{40 / 0.91} \times 100 = 55.83 \%$$

Para calcular la eficiencia y factor de potencia, se interpola en la curva del motor de acuerdo al factor de carga obtenido:

$$Factor de interpolación = \frac{75 - 55.83}{75 - 50} = 0.77$$

$$Eficiencia = (0.895 - 0.77 \times (0.895 - 0.86)) \times 100 = 86.82\%$$

$$Factor de potencia(Eficiencia-Factor de interpolación)(Eficiencia-Factor de Pot) = (0.865 - 0.77 \times (0.865 - 0.815)) \times 100 = 82.67\%$$

$$\% \text{ Variación de voltaje} = \left(\frac{459.67}{440} - 1 \right) \times 100 = 4.47 \%$$

Datos del fabricante:

$$Factor de ajuste de eficiencia = - 0.28 \%$$

$$Factor de ajuste del factor de potencia = - 2.79 \%$$

$$Eficiencia = 86.82 \times (1 - 0.0028) = 86.57 \%$$

$$Factor de potencia = Factor de potencia \times (1 - \text{Factor de ajuste del F.P}) = 82.67 \times (1 - 0.0279) = 80.36 \%$$

$$\% \text{ Desbalanceo de voltaje} = \frac{459.7 - 458}{459.7} \times 100 = 0.36 \%$$

$$Factor de ajuste = 0.998$$

$$Eficiencia = 86.57 \times 0.998 = 86.39 \%$$

Nota : Como el motor ya fue embobinado, por tanto la eficiencia y factor de potencia se ajustan de la siguiente manera:

$$Factor de pérdidas de 1%$$

$$Eficiencia = 86.39 - 1 = 85.39\%$$

Estos valores de eficiencia y factor de carga corresponden al motor de acuerdo a las condiciones actuales de operación.

$$Potencia en la flecha = 18.3 \text{ kW} \times 0.8539 = 15.62 \text{ kW}$$

Sustituyéndolo por un motor adecuado y de alta eficiencia.

$$Potencia del nuevo motor (HP) = \frac{15.62 \text{ kW} / 0.746(\text{kW/HP})}{0.75} = 28 \text{ HP}$$

Por lo tanto el motor más próximo al calculado es el motor de 30 HP, con los datos obtenidos podemos verificar los catálogos de los fabricantes y cambiarlo por el nuevo que es más eficiente y a la larga amortizara su precio.

5.3 Ahorro de energía en sistemas de iluminación.

Metodología para rediseñar y mejorar un sistema de iluminación.

Los sistemas de iluminación se diseñan para realizar determinadas tareas o necesidades, sin embargo, por diferentes motivos se van realizando modificaciones, de tal manera que también cambian los requerimientos a la iluminación, pero en muy pocas veces se toman en cuenta las nuevas necesidades luminosas. En otros casos los sistemas de iluminación desde su diseño original no contemplan el nivel de iluminación adecuado para la tarea a realizar. El objetivo de la metodología es rediseñar sistemas de iluminación actuales y obtener sistemas nuevos que garanticen los niveles de iluminación requeridos en ese local, además hacer uso de nueva tecnología en lámparas y balastos ahorradores de energía. De tal manera que pueden obtenerse atractivos ahorros de energía y mejorar el confort visual.

La metodología consta de las siguientes actividades:

- Levantamiento de la información del sistema de iluminación en estudio.
Para realizar esta actividad se tiene un formato donde se vacía toda la información requerida del sistema de iluminación actual. El formato incluye la información que se describe a continuación:

Denominación del inmueble o area. Nombre con el que se identifica el inmueble ya sea edificios, oficinas, pabellones, talleres, laboratorios. Indicar también el nivel o piso, se refiere a la ubicación del lugar, dentro del edificio de donde se hace el levantamiento (Planta baja, mezanine, 1er piso, etc.).

Fecha. Día en que se efectuó el levantamiento.

Localización del luminario. Area donde se encuentra el luminario considerado (Taller 1, Biblioteca, Dirección general, etc.).

Dimensión del local. Dimensiones del local mencionado en el punto anterior.

Costumbres de uso. Cuantas horas diarias y mensuales se utiliza la iluminación.

Color del local. El color del local mencionado anteriormente. Si hay ventanas con cristal transparente se debe indicar.

Tipo de luminaria y potencia de lámpara y balastro. Se refiere al tipo de luminarias por el tipo de lámparas que contengan (incandescentes, fluorescentes, de alta descarga, vapor de sodio, etc.) indicando cantidad de lámparas y potencia.

Cantidad de luminaria. Es el número de luminarias que se encuentran en el total referido en los puntos anteriores, indicando los que están fuera de servicio y los totales.

Nivel de iluminación. Es el nivel de iluminación o iluminancia en luxes del local ya referido. Para tomar lecturas actuales se debe de tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Se deben realizar sin luz natural (de preferencia de noche) con toda la iluminación disponible en operación.
2. Formar una malla imaginaria con cuadros de un metro de lado y en cada nodo tomar una lectura, la célula fotosensible del luxómetro deberá colocarse a la altura del plano de trabajo, la lectura reportada es el promedio de todas. Se debe emplear luxómetro con carátula que cubra un rango de 0-1000 luxes.

Tipo de control de luminaria. Se indicara como se operan, es decir que tipo de interruptor las controla y donde se localiza, si es a través de apagador individual o interruptor en tablero.

Tipo de gabinete y difusor. Se deberá indicar si es gabinete rectangular, cuadrado, cónico, etc. Con sus dimensiones, además el tipo de montaje (empotrado, sobrepuesto o suspendido), mencionando si lleva acrílico y de que tipo es. Ejemplo: luminaria cuadrada 0.30 x 0.30 metros con difusor de vidrio.

Observaciones. En esta columna se anotaran las características de las luminarias, del local, del tipo de montaje.

- **Análisis de la situación actual.**

Una vez realizado el levantamiento del sistema de iluminación se puede caracterizar de manera clara el sistema actual, es decir, las dimensiones y colores del local, las actividades que realizan en el mismo, el tipo de lámparas instaladas, el tipo de luminarios y el estado de deterioro de ellos, el nivel de iluminación actual, el tiempo de uso del sistema de iluminación, el tipo de control, etc.

Toda esta información permitirá establecer si el sistema de iluminación es adecuado. Es importante además contar con información de los fabricantes para tener mas elementos de análisis como:

1. Los colores, los claros permiten una mayor reflectancia en techos, paredes y pisos.
2. Que el tipo de lámparas sea adecuado para la altura de montaje.
3. El estado de los luminarios, en cuanto aprovechan el flujo luminoso de las lámparas.
4. Si el nivel de iluminación actual cumple con los recomendados para cada actividad en particular.

5. El control de encendido y apagado, individual y/o general.
6. El tipo de luminaria, si su diseño es acorde con el local y las tareas que en el se realizan.
7. El tipo de lámparas y balastos, de que tipo de tecnología son y en que color de lámpara se utiliza.
8. El tipo de difusor, si esta amarillento, corroído, etc.

Formato para determinar la situación energética por tipo de iluminación.

Tipo de luminaria actual	Cantidad	Demanda Watts	Demanda total kW	Consumo de energía kW/h

- Realizar la nueva propuesta del sistema de iluminación.

En esta etapa se realiza la propuesta del nuevo sistema de iluminación, tomando como base el análisis realizado al sistema actual. Posteriormente se realizan los estudios de iluminación para el sistema propuesto. Por tanto, se establecen los tipos de lámparas y balastos a utilizar, es decir, la potencia de los mismos, la temperatura de color de las lámparas, de igual manera los tipos y números de luminarios a instalar y su nueva distribución si es el caso. Puede emplearse el mismo formato, que en el punto anterior, para cuantificar la situación energética, además de ser necesario debe recomendarse el cambio de color de las paredes y techo para obtener mejores niveles de iluminación.

SISTEMA ACTUAL	OPCION AHORRADORA
1 Fluorescentes 2x75w	Fluorescentes 2x60w Lámpara T-12 Banco frío y Balastro electromagnético
2 Fluorescente 1x75w	Fluorescente 1x60w Lámpara T-12 Banco frío y Balastro electromagnético
3 Fluorescentes 2x39w	Fluorescentes 2x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
4 Fluorescentes 2x40w	Fluorescentes 2x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
5 Fluorescentes 2x40w tipo U	Fluorescentes 3x17w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
6 Fluorescentes 4x39w	Fluorescentes 3x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
7 Fluorescentes 4x20w	Fluorescentes 3x17w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
8 Fluorescentes 6x39w	Fluorescentes 4x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
9 Fluorescentes 8x39w	Fluorescentes 6x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
10 Fluorescentes 2x56w	Fluorescentes 2x32w Lámpara T-8 3,000K y Balastro electromagnético de alta eficiencia
11 Halog 35w tipo Dicroica	SLS-18W Lámpara Fluorescente compacta tipo reflector 18w
12 Incandescente 75w	SL-15W Lámpara Fluorescente compacta tipo reflector 15w
13 Incandescente 100w	SL-15w Lámpara Fluorescente compacta 15w
14 Incandescente 150w	SL-18 Lámpara Fluorescente compacta 18w

- Comparar niveles de iluminación y la situación energéticamente de los sistemas actual y propuesto.

En esta etapa se comparan los niveles de iluminación de ambos casos, en el sistema actual se conocieron los niveles de iluminación directamente mediante mediciones, y en el sistema propuesto se determinan a partir de conocer las características técnicas de los elementos que integran el sistema, tales como: el flujo luminoso de las

lámparas, el coeficiente de utilización del nuevo luminario, etc. , y se utiliza la metodología para realizar estudios de iluminación.

Por otra parte, se compara la carga energética entre la situación actual y propuesta.

Demostración:

En la situación de una oficina se tienen dos luminarios empotrado, cada uno de ellos con dos lámparas de 39 watts con balastro electromagnético, y se pretende sustituir estos luminarios por dos del tipo envolvente y sobrepuesto cada uno de ellos con dos lámparas de 34 watts con balastro electromagnético ahorrador de energía. La oficina requiere iluminación durante 12 horas al día, 5 días a la semana.

I. Carga de la situación actual:

Numero de lámparas x potencia de las lámparas x factor de consumo del balastro
= Potencia total consumida por luminario.
 $2 \times 39 \text{ watts} \times 1.20 = 93.6 \text{ watts}$
1.20 equivale al 20 % de potencia consumida por el balastro con respecto a la potencia de las lámparas.
 $\Rightarrow 93.6 \text{ watts} \times 2 \text{ luminarios} = 187.2 \text{ watts}$

II. Carga de la situación propuesta:

$2 \times 34 \text{ watts} + 4 \text{ watts del balastro} = 72 \text{ watts}$
 $72 \text{ watts} \times 2 \text{ luminarios} = 144 \text{ watts}$

III. El ahorro en potencia se determina:

Ahorro en potencia = potencia sist. Actual – potencia del sist. Propuesto
Ahorro en potencia = $187.2 \text{ watts} - 144 \text{ watts} = 43.2 \text{ watts}$

IV. El ahorro en consumo de energía se deriva del ahorro en potencia y el tiempo de uso del sistema de iluminación, es decir:

Ahorro de energía = Ahorro en potencia x Horas de operación (día, mes, año).

Ahorro de energía = $43.2 \text{ watts} \times 12 \text{ horas} \times 22 \text{ días/mes} \times 12 \text{ meses/año}$

Ahorro de energía = $136, 857.6 \text{ watts-hora por año.}$

Formato para comparar los sistemas actual y propuesto.

Concepto	Situación Actual	Situación Propuesta
Identificación del área		
Largo (metros)		
Ancho (metros)		
Altura (metros)		
Área (metros cuadrados)		
Tipo de luminaria		
Número total de luminarias		
Watts por luminaria		
Potencia total del área (kW)		
Días de uso al mes		
Horas de uso por día		
Consumo de energía (kWh/mes)		
Costo de la potencia por iluminación		
Costo de la energía por iluminación		
Costo energético de la iluminación por mes		
Nivel de iluminación promedio (luxes)		
Costo de cada lux		
Costo de la iluminación por m ²		
Costo mensual para obtener los luxes propuestos		
Vida de las lámparas (año)		
Costo inicial de lámparas y su reposición		
Costo anual equivalente de las lámparas		

- Determinar el volumen de obra de inversión del sistema propuesto. Se debe cotizar cada uno de los elementos del sistema de iluminación propuesto y determinar la inversión total sistema:

VOLUMEN DE OBRA				
CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	TOTAL
1Lampara fluorescente de 60W B.F 1Balastro ahorrador 2x60W 1Mano de obra por instalación Subtotal medida 1				
2Lampara fluorescente de 60W B.F 2Balastro ahorrador 2x60 W 2Mano de obra por instalación Subtotal medida 2				
3Lampara fluorescente de 32W 3000K 3Bases y soportes para lámparas ar. 3Balstro ahorrador 2x32W electrónico. Subtotal medida 3				
SUBTOTAL MEDIDAS DE AHORRO EN ILUMINACION IVA				
TOTAL MEDIDAS DE AHORRO EN ILUMINACION				

- Calcular el tiempo de recuperación de la inversión.
Cuando se analiza cualquier proyecto de ahorro de energía es importante determinar los ahorros de energía, sin embargo, el mayor interés es cuando expresamos este ahorro de energía en términos económicos. Para determinarlos, es necesario conocer que tipo de tarifa se aplica al inmueble.

Por tanto:

Ahorro económico en potencia = Ahorro en potencia x costo de kW

Ahorro económico en energía = Ahorro en energía x costo de kWh

Ahorro económico total = Ahorro econ. Potencia + Ahorro econ. energía

Por ultimo, se determina el tiempo de recuperación del sistema de iluminación propuesto:

Tiempo de recuperación = inversión total / Ahorros económicos por ahorros de energía.

5.4 Aplicación de convertidores de frecuencia.

El convertidor de frecuencia variable es un control para el motor de inducción tipo jaula de ardilla; que es el motor más económico, sencillo y robusto además es el más utilizado en la industria e instalaciones en general. Es el único control que suministra la potencia, permite la variación de la velocidad en el motor sin ningún accesorio extra entre el motor y la carga, y es una excelente protección al mismo, por lo que ha llegado a ser uno de los controles más usados en los últimos años.

Una de las limitaciones del motor de inducción es la de tener velocidades fijas sin posibilidades de variación; siendo que los procesos y aplicaciones requieren diferentes aplicaciones requieren diferentes velocidades y torques. Sin embargo, se han desarrollado una infinidad de métodos para cambiar y variar las velocidades nominales, pero o bien la eficiencia es baja o el costo del equipo y mantenimiento es alto. Uno de los métodos es el convertidor de frecuencia variable (CFV). La principal ventaja de este es la posibilidad de disminuir los consumos de energía eléctrica en algunos de los procesos que controla, dando como resultado considerables disminuciones en los costos de operación. La alta confianza que ofrecen los convertidores de frecuencia variable y la disminución de los precios en los mismos han permitido que cada día se instalen más equipos en México y en todo el mundo.

El convertidor de frecuencia variable es conocido con diferentes nombres: variadores de velocidad, drivers, inversores, etc., pero el nombre correcto es el convertidor de frecuencia variable pues incorpora el término de frecuencia que es lo correcto en este caso, debido a que los variadores de velocidad pueden ser equipos mecánicos por ejemplo, turbina de vapor, etc. La manera como un convertidor de frecuencia variable convierte voltaje y frecuencia constante en voltaje y frecuencia variable se basa en un proceso de 2 pasos principales. Primero la corriente alterna es rectificadas y convertida a corriente continua, después la invierte y vuelve a entregar corriente alterna pero con valores de frecuencia y voltajes variables.

El suministro de voltaje (CFV) puede realizarse a frecuencias que van desde 0Hz hasta 120 o más Hz, por lo tanto la velocidad del motor es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia, así el motor puede girar lento o muy rápido de acuerdo a la frecuencia que le suministre el CFV. Al mismo tiempo el voltaje es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia, para asegurar que la relación voltaje / frecuencia se mantenga con el mismo valor en todo el rango de velocidades mientras no pase de 60 Hz. Esto es debido a que el par que entrega el motor según diseño es determinado por esta relación y un motor de 460 Volts tendrá una relación voltaje / frecuencia de 7.6, si este mismo motor lo manejamos a una frecuencia de 30 Hz, se tiene que suministrar un voltaje de 230 Volts para mantener la misma relación y el mismo par. Cualquier cambio en esta relación puede afectar el par, temperatura, velocidad o el ruido del mismo. Para producir el par nominal en un motor a diferentes velocidades, es necesario modificar el voltaje suministrado conforme se modifica la frecuencia. El CFV mantiene esa relación de Volts/Hertz suministrada al motor automáticamente.

Componentes de un convertidor de frecuencia variable:

1. Rectificador de corriente directa. La parte rectificadora en el CFV convierte voltaje C.A. en voltaje de C.D. para generar la frecuencia variable de salida necesaria de una fuente no alterna, dependiendo del tipo de convertidor este voltaje de C.D. puede ser variable o suavizada. La mayoría de los convertidores usados hoy son del tipo de modulación del ancho de pulso que operan con un voltaje en C.D. suavizado. Los diodos de potencia son usados para producir un voltaje de C.D. suavizado y los rectificadores controladores de silicio SCR's son usados para el diseño de voltaje de C.D. variable. Es importante hacer notar que el voltaje del bus de C.D. es 1.41 veces mayor al voltaje de C.A. , ya que toma el valor del pico de voltaje y no el voltaje RMS.
2. Inversor. En esta sección el voltaje C.D. se invierte y vuelve a tomar forma alterna por medio de rectificadores de silicio o transistores de potencia conectados directamente al bus de C.D. y controlados por microprocesadores, pero esta vez con una frecuencia y voltaje variable. Esta generación trifásica de C.A. se realiza a través de aperturas instantáneas de los transistores, aunque tiene ciclos positivos y negativos toma una forma cuadrática e interrumpida similar a la alimentación de entrada simulando la onda senoidal, según las necesidades de frecuencia pero manteniendo la misma relación Volts/Hertz del motor.

Aplicaciones de los convertidores de frecuencia.

La instalación de los convertidores de frecuencia se han venido realizando, para el mejoramiento en el control de los procesos y para fines de ahorro de energía. Sin embargo, para esto es importante conocer los procesos y las necesidades de los mismos, esto implica conocer los tipos y clases de cargas que existen. Hay que recordar que la potencia requerida por la carga es variable y se incrementa conforme aumentamos la velocidad.

- Cargas de par constante. La aplicación principal de los CFV en este tipo de carga, es la optimización del proceso y rara vez hay ahorros de energía, al menos de que se cumplan las siguientes condiciones: que la potencia demandada sea menor a la nominal y que esto sea a velocidades menores.

En una aplicación de par constante también es factible ahorrar energía eléctrica durante la operación, siempre y cuando se tengan variaciones en la carga y/o el equipo no se encuentre operando a su capacidad nominal. Por ejemplo, una banda transportadora de material pesado. Las bandas siempre se dimensionan para transportar la máxima capacidad a la que fue diseñada, por lo tanto, el motor en determinadas ocasiones trabajara sobrado, ya que no siempre transporta la máxima carga, e inclusive sin carga debido a que no se alimenta de material regularmente, en estos casos si la velocidad baja el consumo de energía disminuirá conforme a lo solicitado por el sistema. Una banda medio cargada consume solo un poco menos de energía que una completamente llena. Una banda parcialmente cargada puede consumir 80% de la energía necesaria para transportar la carga completa. Esta relación se empeora si la banda esta vacía, ya

que consume 50 al 70% de la energía requerida para la carga nominal, de tal manera que aunque no este realizando ningún trabajo ni suministrando material hay consumo de energía y un desperdicio del 50% de la energía instalada.

Con un CFV se logra ajustar la velocidad de la banda al material disponible en un momento dado. Regulando la velocidad sobre la base del factor de carga, de otra manera si la cantidad del material por transportar disminuye a la mitad, la velocidad de la banda disminuirá a la mitad, y si la cantidad de material disminuye de tal forma que la banda este vacía, la velocidad de la banda se reduce hasta en mínimo con el correspondiente ahorro de energía.

- Cargas de par variable. En este tipo de cargas el CFV ofrece grandes oportunidades de ahorro de energía, debido a que los requerimientos de potencia disminuyen considerablemente conforme la velocidad es menor. Las cargas de par variable son las que proporcionan mayor ahorro de energía y el mayor numero de estas aplicaciones son bombas y ventiladores centrifugos. Por otra parte, casi la totalidad de las bombas centrifugas actuales son accionadas por motores de inducción de jaula de ardilla de velocidad constante, sin embargo, ya puede ser modificada su velocidad mediante un convertidor de frecuencia variable que permita variar la capacidad de bombeo evitando las considerables perdidas de fricción o energía debido principalmente a la estrangulación.

Beneficios y ventajas de la aplicación de convertidores.

Al utilizar los convertidores de frecuencia variable como método de control se puede eliminar la inversión inicial, de cualquier tipo de arranque y protección de motor, ya que estos hacen función de arranque y protección, mejorando la operación evitando los picos en el arranque el cual se realiza de forma suave, por consiguiente se pueden eliminar las presiones excesivas y golpes de ariete en tuberías. También al utilizar este sistema en bombeo se requieren menos bombas, por ejemplo, para regular el flujo se utiliza bombas de diferentes capacidades, conectados en paralelo, las cuales operan en turnos y se logra el control de paso a paso. Este control se puede lograr con una inversión menor, si se utiliza solo una bomba de mayor capacidad con un CFV para obtener el control del flujo, y en algunos casos se puede eliminar el uso de tanques de presión, ya que con el CFV se logra un mejor control y proporciona una presión uniforme.

Otras de las ventajas es la disminución en los costos de mantenimiento, al emplear los CFV equipos acoplados se someten a un menor desgaste, se reduce la carga estática ya que el sistema no tiene que trabajar constantemente con alta presión en ductos y tuberías, como en el caso del uso de válvulas, y la carga dinámica es menor comparando con un control internamente de arranque y paro. En algunos casos se puede llegar a duplicar la vida útil de los equipos. Las principales ventajas del uso de los CFV son:

1. Proporciona un arranque lento y suave.
2. Tiempos de aceleración y desaceleración ajustables.
3. Amplio rango de velocidad.
4. Mayor precisión en el control.
5. Sistema de control con microprocesador programable.

6. Factor de potencia casi unitario.
7. Convertidor de diseño compacto y requiere poco espacio.
8. Se aplica a motores de inducción robustos y sencillos.
9. Se puede controlar remotamente.
10. Pueden enlazarse a una computadora o a sistema de control.
11. Automatización sencilla y rápida al incorporar transductores.

Además se obtienen los siguientes beneficios desde el punto de vista del proceso, y en consecuencia también se ahorra dinero.

1. Reducción en el desgaste de los sistemas electromotrices.
2. Incremento de la vida útil de los equipos asociados con los convertidores.
3. Incremento de la productividad.
4. Reducción de los costos de producción.

Demostración:

Una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas, cuenta con cinco sopladores, los cuales distribuyen aire a las áreas de digestores constituida por 2 tanques, y al tratamiento de aguas que cuenta con 4 tanques. El suministro de aire a los tanques 1 y 2 de digestores se realiza mediante los sopladores 1 y 2 mientras que los sopladores 2, 4 y 5 suministran aire a los 4 tanques de aireación.

Se tiene un sistema de control automático mediante dampers o válvulas. La regulación de flujos es muy importante, ya que de esta manera se puede satisfacer con la cantidad de oxígeno requerida de acuerdo a la carga orgánica en digestores y tratamiento. Por otro lado, los actuadores actuales en este caso las válvulas pueden operar de manera manual o automático, para esta modalidad se tiene un PLC que controla la apertura de las válvulas de los 5 sopladores.

Digestores.

La propuesta consiste en instalar un convertidor de frecuencia variable en el motor de los sopladores 1 y 2 el cual estará operando solamente uno de los dos motores. La operación del sistema propuesto estará en función de la carga orgánica nivel registrado mediante los sensores de oxígeno, estos enviaran una señal al convertidor para que modifique la velocidad del soplador y con ello los CFM. En el caso de un incremento en las necesidades de oxígeno, debe aumentar la velocidad del soplador, y si disminuyen las necesidades de flujo decrece la velocidad del soplador. En este caso de no ser suficiente el suministro de aire de un soplador, se puede arrancar otro el cual trabaje a plena carga, mientras que el otro opere a carga parcial controlado con el convertidor de frecuencia.

Tratamiento.

La propuesta consiste en instalar un convertidor de frecuencia en el motor de los sopladores 3, 4 y 5 el cual estará operando solamente uno de los tres motores. La operación del sistema propuesto estará en función de la carga orgánica nivel registrado mediante los sensores de oxígeno, estos enviaran una señal el convertidor para que modifique la velocidad del soplador y con ello los CFM. En el caso de un incremento en las necesidades de oxígeno, debe aumentar la velocidad del soplador, y si disminuyen las

necesidades de flujo decrece la velocidad del soplador. En este caso de no ser suficiente el suministro de aire de un soplador, se puede arrancar otro el cual trabaje a plena carga, mientras que el otro opere a carga parcial controlado con el convertidor de frecuencia. En las dos áreas se pretende que se trabaje de manera automática mediante el convertidor de frecuencia y los sensores de oxígeno. El sistema propuesto se muestra en la siguiente figura.

Evaluación de flujo promedio de operación.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los parámetros eléctricos promedios y los flujos de aire de operación.

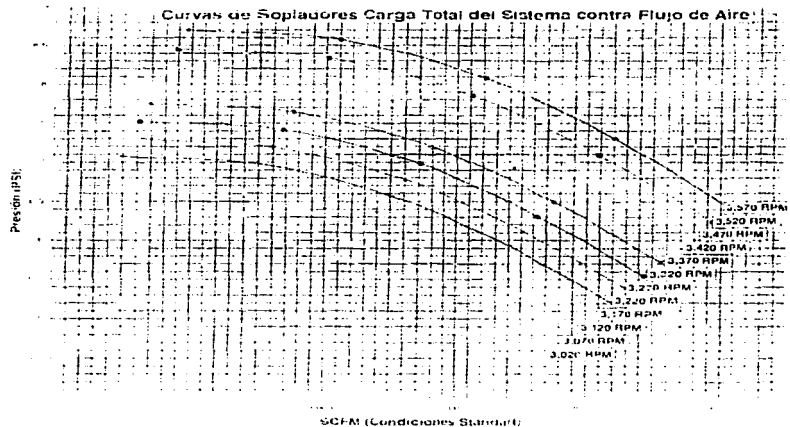
Area Equipo	Digestores			Tratamiento			
	Sop 1	Sop 2	Promedio Digestores	Sop 3	Sop 4	Sop 5	Promedio Tratamie.
Potencia promedio (kW)	290	310	300	315	313	318	315
Flujo CFM*	9053	9820	9436	10304	10162	9053	9839
Flujo SCFM**	6368	6908	6638	7249	7149	6368	6922

En el caso de digestores la potencia promedio de los sopladores es de 300kW contra 9,436 CFM (6,638 SCFM), mientras que en el tratamiento se tiene una potencia promedio de 315 kW y un flujo de aire de 9,839 CFM (SCFM 6,922).

Por tanto, el flujo promedio a considerar en el análisis para digestores es 9,436 CFM, y en tratamiento 9,839 CFM.

Características del soplador. Los sopladores son de la marca LAMSON, modelo 1850, de 5 etapas, para una velocidad de 3,570 RPM y tiene acoplado un motor de 450 HP de 3,565 RPM. Las dimensiones del impulsor son 30.5". Los acopladores están diseñados para entregar un flujo de 8,000 SCFM a una presión atmosférica 0.722 (10.61 PSIA) y una temperatura de entrada al soplador de 26 °C con una potencia al freno de 428 BHP. Condiciones de operación en sitio, 26°C, 0.722 Atm (10.61 PSIA). Condiciones Standart, 25°C, 1 Atm (14.7 PSIA).

Curvas de comportamiento de los sopladores:



En la gráfica anterior se presentan unidades inglesas puesto que los valores de diseño del soplador así están dados, además en este caso las unidades mas utilizadas. El flujo de aire esta dado bajo condiciones standart.

Carga estática.

En los digestores se considero una carga estática de 0.47 Atmosferas o 7 PSIA, estos valores se determinaron en función de la profundidad promedio de los tanques.

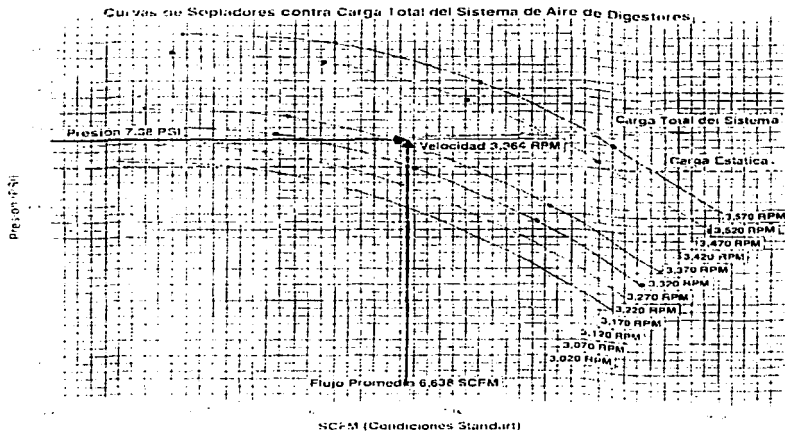
Carga total del sistema.

- Digestores:
 - Diámetro interior: 36 pulgadas
 - Distancia de tubería: 5 metros
 - Diámetro interior: 24 pulgadas
 - Distancia de la tubería: 200 metros
 - Fluido: Aire
 - Presión manométrica: 0.51 Atm (7.5 PSI)
 - Temperatura: 90°

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Tratamiento: 36 pulgadas
- Diámetro interior: 5 metros
- Distancia de la tubería: 30 pulgadas
- Diámetro interior: 52 metros
- Distancia de la tubería: 18 pulgadas
- Diámetro interior: 10 metros
- Distancia de la tubería: 14 pulgadas
- Diámetro interior: 88 metros
- Fluido: Aire
- Presión manométrica: 0.51 Atm (7.5 PSI)
- Temperatura: 90° C

A continuación se construye una gráfica que incluye las curvas de comportamiento del ventilador y la carga total del sistema. El resultado de esta gráfica permite determinar la carga necesaria en el sistema para el flujo promedio de operación y la velocidad a la que debe operar el soplador para satisfacer estos valores.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para los digestores el flujo promedio de operación es 6,638 SCFM o 9,436 CFM, la carga requerida por el sistema es 7.38 PSI. Por otra parte, el soplador requiere operar a una velocidad de 3,364 RPM para satisfacer estos valores.

Para el tratamiento el flujo promedio de operación es 6,922 SCFM o 9,839 CFM, la carga requerida por el sistema es 7.15 PSI. Por otra parte, el soplador requiere operar a una velocidad de 3,333 RPM para satisfacer estos valores.

De igual manera que se construyeron las curvas de comportamiento de carga contra flujo de aire, se construye una gráfica de potencia (kW) contra flujo de aire (CFM en esta gráfica se presenta el flujo a las condiciones de operación en sitio) y la velocidad del soplador RPM. En esta gráfica se incluye la eficiencia del motor del soplador la cual es de 95.4 %. Conociendo el flujo de aire y la velocidad del soplador la cual se determinó en el procedimiento anterior, se calcula la potencia requerida para el motor.

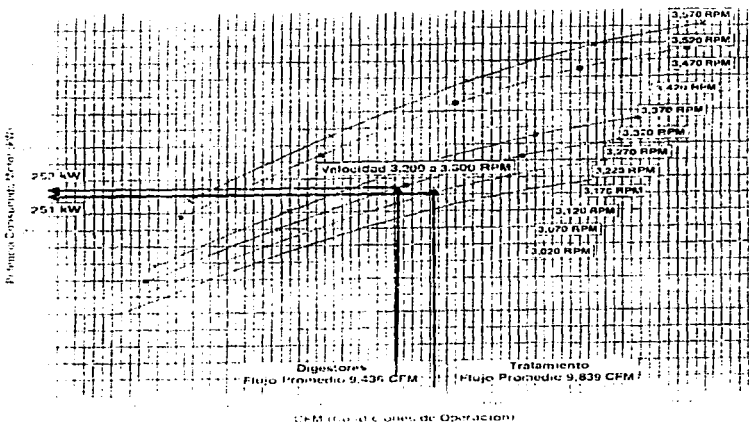


Gráfico de Operación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Digestores;
Potencia a la velocidad actual: 301 kW
Potencia esperada: $(3,364/3,570)^3 \times 301.4 = 252.24$ kW
La potencia promedio requerida para los sopladores 1 y 2 es de 299.9 kW
Ahorro en potencia : $299.9 - 252.24 = 47.68$ kW
Tiempo de operación
Horas día: 24 horas
Días año: 365
Base: 2,930 horas al año
Intermedia: 5,034 horas al año
Punta: 796 horas al año
Total: 8,760 horas al año
Ahorro por consumo 47.68 kW x 8,760 horas = 417, 697 kWh por año

Tratamiento;
Potencia a la velocidad actual: 309.53 kW
Potencia esperada por ley de afinidad: $(3,333/3,570)^3 \times 309.53 = 251.88$ kW
La potencia promedio requerida por los sopladores 3, 4 y 5 es de 315 kW
Ahorro en potencia : $315 - 251.88 = 63.19$ kW
Tiempo de operación
Horas día: 24 horas
Días año: 365
Base: 2,930 horas al año
Intermedia: 5,034 horas al año
Punta: 796 horas al año
Total: 8,760 horas al año
Ahorros por consumo = 63.19 kW x 8,760 horas = 553,578 kWh por año

5.5 Metodología para diagnosticar energéticamente un motor eléctrico de inducción.

Recopilación de información sobre el motor a analizar:

- Marca del motor
- Potencia del motor (HP)
- Voltaje de placa
- Corriente de placa
- Velocidad de rotación a plena carga
- Velocidad de rotación de sincronismo
- Eficiencia nominal
- Tipo de motor; abierto, cerrado o a prueba de explosión
- Equipo acoplado: Bomba, ventilador, compresor, banda transportadora, etc.

DATOS DE PLACA								
No.	Numero de referencia	Aplicacion	Marca	Potencia (HP)	Velocidad (r.p.m)	Eficiencia	Voltaje	Amperaje

Posteriormente deben realizarse mediciones de los siguientes parámetros eléctricos:

1. Corriente de fase y se calcula la corriente trifásica.
2. Voltaje entre fases y se calcula el voltaje trifásico.
3. Factor de potencia trifásico.
4. Mediciones de las RPM con tacómetro.
5. Aportaciones de corrientes armónicas.

También es muy importante conocer el tiempo de operación del motor, si es de manera continua o tiene varios paros y arranques durante el día, tipo de transmisión, es decir, si esta acoplado de manera directa o mediante una banda, etc. El tipo de arrancador (tensión plena o tensión reducida) el tipo de control ya sea manual o automático.

Determinación de factor de carga y eficiencia por el método de deslizamiento

Los motores de corriente alterna se clasifican de dos maneras; motores asíncronos (o de inducción) y motores sincرونos.

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, debida a la circulación de corriente alterna trifásica por los devanados trifásicos del estator. La velocidad de giro de este campo magnético en (r.p.m), es :

$$n_s = \frac{120 \times f}{P}$$

Donde:

f = Frecuencia de alimentación .

p = Numero de polos del devanado del estator.

El rotor gira a una velocidad "n", que no llega a ser la velocidad de sincronismo, sin embargo es muy próxima esta. Se le llama deslizamiento "S", a la diferencia entre la velocidad de sincronismo n_s y la del rotor n, expresada en % de la velocidad de sincronismo:

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

A partir de los datos de placa y de los parámetros medidos se determina la potencia demandada en la línea con la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia demandada (kW)} = \frac{1.732 \times V \times I \times F.P.}{1000}$$

Conociendo las RPM de operación del motor, el deslizamiento se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Deslizamiento} = (\text{RPMsincrona} - \text{RPMnominal})$$

Ahora se puede estimar la carga del motor y la eficiencia a partir del deslizamiento:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Deslizamiento}}{(\text{RPMsincrona} - \text{RPMnominal})}$$

Este método para calcular el factor de carga y eficiencia del motor no debe ser utilizado con motores reembobinados o que no operen al voltaje de diseño. Solo cuando realicen los ajustes en la eficiencia necesaria. La potencia de salida o al eje del motor se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia de salida o en la flecha} = \text{Factor de carga} \times \text{Potencia de placa}$$

La eficiencia se determina como:

$$\text{Eficiencia del motor} = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia demandada}} = \frac{0.746 \times \text{HP de salida}}{\text{kW demandados}}$$

La eficiencia se debe ajustar por los siguientes factores:

- variación de voltaje.
- Desbalance de voltaje.
- Motor reembobinado.

Demostración:

Se tiene un motor con las siguientes características;

Marca: RELIANCE

Potencia = 10 HP

Voltaje de placa: 440 V

Corriente de placa: 15 A

Velocidad sincrona: 3600 RPM

Velocidad plena carga: 3515 RPM

Equipo accionado: Bomba

Horas de operación mensual: 720 Horas

Nota: El motor ya ha sido reparado, y por el tipo de reembobinado se estima un factor de pérdida de 1%.

Curva de comportamiento del motor con respecto a la carga

Factor de carga(%)	Eficiencia (%)	Factor de potencia (%)
100	84	89
75	84	86
50	82	79
25	73	60

Se realizaron las mediciones en el motor :

	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (kW)	F.P. (%)
FASE I	7.69	470	1.53	0.73
FASE II	7.88	468	1.64	0.77
FASE III	7.45	469	1.5	0.75
Promedio	7.67	469	1.55	0.75

$$Potencia(kW) = \frac{3 \times V \times I \times F.P}{1000}$$

$$Potencia demandada (kW) = \frac{1.732 \times 469 \times 7.67 \times 0.75}{1000} = 4.67$$

$$Factor\ de\ carga = \frac{4.67/0.746}{10/0.84} \times 100 = 52.6 \%$$

Para calcular la eficiencia y el factor de potencia, se interpola en la curva del motor de acuerdo al factor de carga obtenido.

$$Factor\ de\ interpolación = \frac{75 - 52.6}{75 - 50} = 0.896$$

$$Eficiencia = (0.842 - 0.896 \times (0.842 - 0.82)) \times 100 = 82.2\%$$

$$Factor\ de\ potencia = (0.86 - 0.896 \times (0.86 - 0.785)) \times 100 = 79.3\%$$

Ajuste de eficiencia y factor de potencia

$$variación\ de\ voltaje = ((469/440) - 1) \times 100 = 6.6\%$$

$$Factor\ de\ ajuste\ de\ eficiencia = -0.8\%$$

$$Eficiencia = 82.2 \times (1 - 0.008) = 81.54\%$$

$$Factor\ de\ potencia = 79.3 \times (1 - 0.046) = 75.65\%$$

$$\% \text{ Desbalance de voltaje} = \frac{470 - 469}{469} \times 100 = 0.21$$

Datos del fabricante:

$$Factor\ de\ pérdidas\ por\ reembinado = 1\%$$

$$Eficiencia\ 81.54 - 1 = 80.54\%$$

$$Factor\ de\ potencia = 75.65 - 1 = 74.65\%$$

Estos valores de eficiencia y factor de potencia corresponden al motor de acuerdo a las condiciones actuales de operación.

5.6 Manejo de tarifas (recargos y bonificaciones).

Es importante conocer el tipo de tarifas eléctricas que se aplican en nuestro país para determinar con exactitud el importe de servicio eléctrico, de toda la empresa y para cada una de sus áreas, procesos, productos, etc. Las tarifas eléctricas tienen como objetivo establecer y fijar un precio que deberá pagar el usuario de acuerdo a las condiciones en las que se efectúa el suministro. El suministro de la energía eléctrica se realiza en diferentes condiciones, dependiendo principalmente de las características de uso en cuanto a demanda, voltaje y servicio que se darán a la energía eléctrica.

Las condiciones especiales en que participa el suministro de energía eléctrica conduce a diferentes métodos para fijar las tarifas eléctricas, por tanto, estas son diferentes para los distintos tipos de usuarios. Teóricamente, todas las tarifas deberán contener tres cargos fundamentales: por costo comercial, por costo financiero (demanda kW) y por costo de energía (kWh). Sin embargo, no es práctico aplicar tarifas técnicamente correctas para todos los clientes, dado que es complicado y costoso medir todos los elementos descritos a todos los tipos de usuarios.

Una tarifa que es satisfactoria para un cliente grande es demasiado complicada para un cliente residencial; la medición de la demanda y el factor de potencia para cargas pequeñas frecuentemente es costosa y es por ello que en algunas tarifas se incluye parte o la totalidad del cargo por demanda dentro de la parte correspondiente a los cargos por energía.

Las condiciones de precio de la energía dependen básicamente de los siguientes aspectos:

- Características del suministro.
- Demanda contratada.
- Potencia máxima demandada.
- energía consumida.
- Voltaje de alimentación.
- Carácter garantizado o no del suministro.

Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica (2002 – 2003)

Cargos y bonificaciones de las tarifas

Para su aplicación, los cargos y bonificaciones de las tarifas se redondearán a dos, tres o cuatro decimales, según sea o no menor que 5 (cinco), en función de los decimales restantes, según se detalla a continuación:

- a) cargos fijos, cargos por demanda y bonificaciones: a dos decimales.
- b) cargos por energía de las tarifas no horarias: a tres decimales.
- c) cargos por energía de las tarifas horarias: a cuatro decimales.

Quando se autorice aplicar incrementos o factores de ajuste a los cargos o bonificaciones de las tarifas, éstos se basarán en los redondeados de acuerdo con lo anteriormente señalado.

tensión de suministro

Se considera que:

- a) **Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1 (un) kilovolt.**
- b) **Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1 (un) kilovolt, pero menores o iguales a 35 (treinta y cinco) kilovolts.**
- c) **Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 35 (treinta y cinco) kilovolts, pero menores a 220 (doscientos veinte) kilovolts.**
- d) **Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra en niveles de tensión iguales o mayores a 220 (doscientos veinte) kilovolts.**

En los casos en que el suministrador tenga disponibles dos o más tensiones que puedan ser utilizadas para suministrar el servicio, y éstas originen la aplicación de tarifas diferentes, el suministrador proporcionará al usuario los datos necesarios para que éste decida la tensión en la que contratará el servicio.

Los servicios que se alimenten de una red automática se contratarán a la tensión de suministro disponible en la red, y de acuerdo a la tarifa correspondiente a esa tensión.

Factor de potencia

El usuario procurará mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado a 100% (cien por ciento) como le sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 90% (noventa por ciento) atrasado, determinado por los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90% (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala.

Fórmula de Recargo:

$$\text{Porcentaje de Recargo} = 3/5 \times ((90 / \text{FP}) - 1) \times 100 \quad \text{FP menor que 90\%}$$

Fórmula de Bonificación:

$$\text{Porcentaje de Bonificación} = 1/4 \times (1 - (90 / \text{FP})) \times 100 \quad \text{FP mayor o igual a 90\%}$$

Donde **FP** es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120% (ciento veinte por ciento), ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5% (dos punto cinco por ciento).

Factores de ajuste mensual a las tarifas de energía eléctrica

Donde:

- 2 Servicio general hasta de 25 kW de demanda.
- 3 Servicio general para más de 25 kW de demanda.
- 7 Servicio temporal.

El factor de ajuste se aplica a las cuotas vigentes del mes inmediato anterior.

FAB | Factor de ajuste mensual a las tarifas generales en baja tensión

2003 1.0060 1.0052 1.0192 1.0492 1.0254 0.9969

Donde:

- OM Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW.
- HM Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o más.
- HM-C Tarifa horaria para servicio general en media tensión con demanda de 100 kW o

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

más, para corta utilización. En la región Baja California.

☉ El factor de ajuste se aplica a las cuotas vigentes del mes inmediato anterior.

FAM | Factor de ajuste mensual a las tarifas generales en media tensión

2003	1.0071	1.0055	1.0230	1.0593	1.0298	0.9969
------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Factores de ajuste mensual a las tarifas de energía eléctrica

Donde:

- HS** Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión.
- HS-L** Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización.
- HT** Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión.
- HT-L** Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.

☉ El factor de ajuste se aplica a las cuotas vigentes del mes inmediato anterior.

FAA | Factor de ajuste mensual a las tarifas generales en alta tensión

Año	Enc.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2003	1.0085	1.0058	1.0276	1.0718	1.0352	0.9969						

Factores de ajuste mensual a las tarifas de energía eléctrica 2003

Demostración de una facturación eléctrica:

Un centro comercial ubicado en la zona central del país, tiene una tarifa OM, demanda una potencia máxima promedio de 145 kW, opera durante 16 horas al día y todos los días al mes. Cual es el consumo de energía mensual que requiere el inmueble, cual son los costos por demanda, energía y la facturación total para el mes de marzo de 1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El consumo de energía se determina mediante: Consumo de energía = Demanda promedio (kW) x Horas de operación mes (Horas/mes).

$$\text{Consumo de energía} = 145 \text{ kW} \times (16 \text{ Horas/día} \times 30 \text{ días/mes}) = 69.600 \text{ kWh/mes}$$

Costo de energía para tarifa OM, región central, y mes de diciembre:

$$\text{Costo demanda unitaria} = \$ 39.95/\text{kW}$$

$$\text{Costo de energía unitario} = \$ 0.29866/\text{kWh}$$

Se aplican los factores de ajuste para determinar los costos para el mes de marzo:

$$\text{Costo demanda} = 39.95 \times 1.0733 \times 1.0401 \times 0.9829 = 43.835 \text{ \$/kW}$$

$$\text{Costo de energía} = 0.29866 \times 1.0733 \times 1.0401 \times 0.9829 = 0.3277 \text{ \$/kWh}$$

Por tanto:

$$\text{Costo demanda mes} = 145 \text{ kW} \times 43.835 \text{ \$/kW} = \$ 6,356$$

$$\text{Costo de energía mes} = 69,600 \text{ kWh/mes} \times 0.3277 = \$ 22,807.92$$

$$\text{El costo de la facturación} = 6,356 + 22,807.92 = \$ 29,163.92 \text{ mensuales.}$$

5.7 Evaluación económica de proyectos de ahorro de energía.

La práctica de la ingeniería implica la necesidad de elección entre los diversos diseños para una misma operación. Muchas veces la apariencia atractiva de un cierto plan a la larga no resulta ser tan conveniente como en un principio se creyó. La evaluación económica de proyectos es discriminar entre proyectos de baja y alta rentabilidad, así seleccionar los que en verdad son convenientes.

La evaluación económica toma en cuenta todos los costos y beneficios expresados en cantidades monetarias, a lo largo del tiempo y bajo las circunstancias económicas preexistentes y previstas hacia el futuro. El problema central que se aborda en este capítulo es adquirir los conocimientos para determinar si un proyecto resultara económico, en operación con otras alternativas posibles.

Formulas fundamentales de interés:

1. Tasa de interés. Es el interés con que se realizara una operación económica. Puede ser expresado en diferentes periodos como mensualidades, anualidades, etc.
2. Plazo de interés. Es el tiempo durante el cual es valida una operación económica, en nuestro caso puede tomarse como referencia la vida útil del equipo.
3. Valor presente. Es el valor actual de una cantidad de dinero.
4. Valor futuro. Es el valor del dinero tiempo después de un cierto plazo de interés y de acuerdo a cierta tasa de interés.
5. Costo anual equivalente. Es al valor del dinero expresado en su equivalencia de pagos anuales, de acuerdo al plazo y tasa de interés.

Técnica de evaluación. A continuación se describe cada uno de los métodos más utilizados para evaluar económicamente opciones propuestas.

- **Periodo o tiempo de recuperación.** Este método consiste en calcular el tiempo de recuperación de la inversión inicial tomando en cuenta los ahorros e inversiones del proyecto; se reconsideran todos los costos en términos nominales y se considera el valor del dinero en el tiempo.

$$\text{Periodo o tiempo de recuperación} = \frac{\text{inversión}}{\text{Ahorros anuales}}$$

El tiempo de recuperación es simple cuando para su determinación se involucra la evaluación económica de un solo beneficio.

$$\text{Tiempo de recuperación simple} = \frac{\text{inversión}}{\text{Costos econ. de los beneficios}}$$

- **Valor Presente Neto (VPN).** Consiste en transformar a valor presente, vía una tasa de actualización todos los componentes del flujo efectivo durante el periodo de análisis del proyecto, la tasa de actualización debe ser superior al costo de capital, a fin de satisfacer el costo de oportunidad que tendría el inversionista. Si el valor presente neto del flujo efectivo es positivo, significa que los beneficios son mayores que los costos y que el rendimiento que se espera obtener del proyecto de inversión es mayor que el rendimiento mínimo establecido por la empresa.

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Valores}}{(1 + \text{tasa})^t}$$

Donde:

n: es el número de flujos de efectivo.

Valores: representa los flujos de efectivo.

Tasa: es la tasa de actualización establecida por el inversionista.

- **Tasa Interna de Retorno (TIR).** La TIR está relacionada con el VPN y es la tasa de descuento que hace el VPN sea igual a cero. Para que la inversión sea rentable se debe tener una tasa interna de retorno (TIR) mayor que la tasa de descuento propuesta por el inversionista.

La tasa de retorno se determina de manera iterativa, se propone una tasa de interés y se determina el VPN del flujo de efectivo del proyecto, si el resultado del valor presente es positivo, $VPN(tasa_1) < 0$. Entonces se proponen otras tasas de interés hasta obtener un VPN negativo, es decir, $VPN(tasa_2) < 0$.

Finalmente, la TIR se determina interpolando entre los VPN resultantes para cada tasa de interés propuesta para un $VPN = 0$.

$$TIR = \left(tasa_1 - \left(\left(\frac{VPN_1}{VPN_1 - VPN_2} \right) X (tasa_1 - tasa_2) \right) \right)$$

- Relación de beneficio / costo. La relación beneficio / costo expresa los beneficios como una proporción de los costos, en donde los beneficios y los costos pueden ser descontados tanto en valor presente como en anualidad equivalente. Para calcular esta relación, todos los beneficios y costos deberán ser calculados en el mismo periodo de tiempo, con la misma tasa de descuento y sumados separadamente, se calcula el VPN para los beneficios y para los costos. Los beneficios son divididos por los costos, por lo que esta relación tiene que ser mayor a uno para que la inversión sea rentable:

$$\text{Beneficio / costo} = \frac{\text{VPN} \times (\text{Ahorros generados})}{\text{VPN} \times (\text{Costos del proyecto})}$$

Demostración:

La ingeniería energética con tasa de interés del 40 % desarrollada para un proyecto de ahorro de energía ha establecido que es factible sustituir un motor de 20 HP que trabaja en baja carga por otro que realizara la misma función, sin afectar el proceso productivo, pero que será de menor tamaño. La tarifa que factura la empresa es HM.

Se reportan los siguientes datos:

CONCEPTO	BV - 9014 GE Alta Eficiencia 10 HP
Potencia absorbida promedio del motor actual (kW)	7.60
Potencia absorbida promedio del motor propuesto (kW)	6.38
Ahorro en potencia (kW)	1.22
Consumo promedio del motor actual (kWH/mes)	5,228.80
Consumo promedio del motor propuesto (kWH/mes)	4,387.45
Ahorro de consumo base (kWH/mes)	721.51
Ahorro de consumo punta (kWH/mes)	119.84
Ahorro de consumo total (kWH/mes)	841.35
IMPORTE DEL AHORRO	
Importe del ahorro en demanda	\$29.51
Importe del ahorro en consumo base por mes	\$90.77
Importe del ahorro en consumo punta por mes	\$24.11
Importe del ahorro total por mes	\$144.39
Importe del ahorro total por año	\$1,732.71
inversión	\$3,000.00
Amortización	1.73

El costo de los equipos nuevos:

CONCEPTO EQUIPO ACTUAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1 Motor 20 HP, marca GE a 230v 3525 RPM	1	\$4,250.00	\$4,250.00
Total			\$4,250.00
CONCEPTO EQUIPO AHORRADOR	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1 Motor 10 HP, marca GE a 230v 3525 RPM	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Total			\$3,000.00

El costo anual equivalente de los mismos y su vida útil es:

COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE EQUIPOS		
Motor actual	10	Años
Costo anualizado	\$1,760.88	
Motor propuesto	20	Años
Costo anualizado	\$1,201.44	

El ahorro adicional por mayor vida útil:

Ahorro económico por mejores materiales \$ 559.44 por año

Entonces los ahorros totales al año son:

Por energía \$1,732.71
 Por materiales \$ 559.44
 Totales \$2,292.15

La acción de ahorro de energía presenta los siguientes tiempos de recuperación.

AMORTIZACIONES:

inversión equipo ahorrador \$ 3,000.00
 Por ahorros de energía 1.73 años
 Compuesto por ahorros totales 1.31 años

El flujo de efectivo a valor constante se presenta como:

año	inversión	Ahorro	Flujo
0	\$3000.00	\$0.00	\$2,229.15
1	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
2	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
3	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
4	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
5	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
6	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
7	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
8	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
9	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15
10	\$0.00	\$2,229.15	\$2,229.15

Los resultados económicos son:

La Tasa Interna de Renta	TIR	75.14 %
El valor presente del flujo	VPI	\$ 3,000.00
El valor presente del flujo	VPA	\$ 3,951.62
La relación beneficios / costos B/C		1.32

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

7.0 Conclusiones.

Uno de los principales problemas que enfrenta nuestro país es que aun no existe una cultura de ahorro de energía eléctrica dentro de los consumidores debido a diferentes factores, esto lleva a que muchos de los lugares donde se puede llevar a cabo el ahorro no se hace, este problema surge porque muchas de los consumidores piensan que al adquirir un equipo ahorrador lo consideran un gasto y no una inversión. Pero aquí tratamos de explicar de la manera más sencilla y con demostraciones de los beneficios al adquirir equipos ahorradores.

El gran problema que existe en la industria de nuestro país es que la mayor parte esta dentro de la mediana y ven otras prioridades y los equipos de ahorro de energía lo ven muy riesgoso, pero aquí tratamos de convencerlos de que por lo contrario son una gran inversión y que la amortización será muy rápida. Al hacer el estudio de ahorro de energía nos damos cuenta que con ligeros cambios en la instalación, ubicación de los luminarios, el cambio de colores claros en las paredes, el uso de lámparas ahorradoras, motores de alta eficiencia, etc., se pueden lograr grandes ahorros de energía. Pero como observamos en esta investigación nos damos cuenta que desde la plantación, la construcción y desarrollo de la instalación tiene que ver con el ahorro de energía. Otro punto importante es el material instalado sea el adecuado para la carga a conectar, ya que muchas veces las pérdidas son debidas a que nuestros equipos tienen pérdidas muy altas y estas son debidas a calentamientos de los conductores o que el equipo no fue conectado con el material adecuado.

Cuando termine esta investigación me di cuenta que tan importante es el ahorro de energía eléctrica y de los cuales son las principales causas (sobre calentamiento en los conductores, sobre carga en la instalación eléctrica, calentamiento de los equipos, el uso excesivo de motores de inducción, el desaprovechamiento de los equipos, el bajo factor de potencia bajo, la aparición de armónicos en la instalación, etc).

Soluciones (instalar el conductor adecuado para nuestra instalación, diseñar a futuro nuestra instalación para no tener sobre cargas en el sistema, mantener un programa de mantenimiento para que nuestros equipos funcionen correctamente, implementar el uso de equipos ahorradores en nuestra instalación, realizar pruebas para comprobar que nuestro equipo esta trabajando correctamente, corregir el factor de potencia, para recibir bonificaciones por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica, colocar filtros de armónicos y así reducir las corrientes que circulan por nuestros conductores, apagar lámparas y equipo que no se utilice en horas laborales, aprovechar mas la luz del día, etc).

Con estas medidas se reflejara en el consumo de energía y como consecuencia en el pago de recibo de energía eléctrica.

7.1 Bibliografía.

- ABC de las maquinas eléctricas
Gilberto Enríquez Harper
Editorial Limusa
- Instalaciones eléctricas (conceptos básicos y diseño)
Neagu Bratu Serban
Eduardo Campero Littlewood
Editorial Alfaomega
- Introducción a las maquinas eléctricas y transformadores
George Mc. Pherson
Editorial Limusa
- Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales
Gilberto Enríquez Harper
Editorial Limusa
- Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-1999)
Instalaciones eléctricas (utilización)
Editorial Alfaomega
- Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales
Gilberto Enríquez Harper
Editorial Limusa

- www.energia.gob.mx
- www.fide.org.mx
- www.paese.org.mx
- www.cfe.gob.mx

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA