



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA
ELECTROMECAÁNICA DENTRO DE LA FACULTAD DE
ESTUDIOS SUPERIORES ACATLAN U.N.A.M.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
FRANCISCO JAVIER GÓMEZ FERRO

ASESOR: ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2005

m. 344812

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

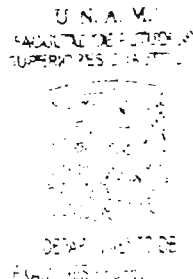
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
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. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Programa de mantenimiento en el área electromecánica
dentro de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán
U.N.A.M.
que presenta el pasante: Francisco Javier Gómez Ferro
con número de cuenta: 8615463-3 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 9 de febrero de 2005.

PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortés González	
VOCAL	Ing. David García Carreto	
SECRETARIO	Inq. Ma. de Lourdes Maldonado López	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Sergio Martín Durán Guerrero	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Marcelo Bastida Tapia	

AGRADECIMIENTOS.

Por fin... ha llegado el momento de finalizar el tan anhelado “PASO”y en mi mente solo surge la idea de reflexionar una vez más sobre lo que fue, es y será mi vida, me han dicho que me espera la felicidad en el futuro y así lo quiero, aun cuando existan en el pasado experiencias de las cuales no quiero tener memoria.

Escribo estas líneas con el pensamiento tranquilo, analizando las cosas con detenimiento para no omitir ninguna idea que deseo expresar. Siempre existirá el agradecimiento de mi para con todas las personas que me impulsaron a continuar y no claudicar durante mi vida pasada y presente, especialmente con aquellas personas con las que tal vez jamás vuelva a tener contacto. Conciente de la realidad de las cosas y siguiendo las enseñanzas que he recibido de mis padres, no tengo mas que seguir adelante sabiendo que esto debió haber sucedido en el tiempo y en la forma adecuados.

Se que las enseñanzas y el aprendizaje que he adquirido en el transcurso de mi vida han tomado un matiz muy particular, y por tal motivo quiero agradecer la ayuda recibida por lo que en mi opinión es DIOS...”A él le agradezco una vez más por otra oportunidad recibida en mi vida.”

- A mis padres: Javier Gómez Núñez.
 Por su firmeza para enseñarme a vivir.
 Lesvia Ferro Cueto de Gómez
 Por su amor, devoción por la familia y por sus sacrificios.
- A mis hermanos: Verónica del Carmen.
 Ana Isabel.
 Luis Enrique.
 Por compartir conmigo la vida familiar.

DEDICATORIA.

◆ A mi esposa:

Aurora, este trabajo es dedicado a ti “mi vida”, se que pocas veces te he escrito algo y no quiero perder la oportunidad de decirte en esta ocasión, que lo hago conciente de tu apoyo, amor y comprensión. Gracias por haber entrado a mi vida y sortear conmigo conflictos difíciles, que no cualquier mujer podría soportar, por hacer tuya mi propia vida y proyectarlas a la eternidad, ya que así lo deseamos desde que estamos juntos, por el tiempo, la paciencia y el amor que me profesas muchas gracias y solo espero estar a la altura de las circunstancias para corresponder como te mereces por el resto de nuestras vidas.

Has sido un gran aliciente para mí durante las tempestades y tenerte a mi lado en las buenas y en las malas es muy reconfortante, espero que no claudiquemos en las metas que hemos trazado ya que aun faltan muchas por conquistar.

Siempre juntos, siempre en paz.

◆ A todas y cada una de las personas que de alguna u otra forma, me apoyaron y motivaron para concluir esta etapa de mi vida.

◆ A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Mi alma mater, por sus enseñanzas y hospitalidad durante mi tiempo de estudio.

ÍNDICE

♦ OBJETIVO.	v
♦ INTRODUCCIÓN.	vi
♦ ANTECEDENTES.	vii
♦ I. ORIGEN DEL DEPARTAMENTO DE OBRA ELECTROMECAÁNICA.	1
1.1. Objetivo del Departamento.	2
1.2. Funciones del Departamento.	2
♦ II. EL MANTENIMIENTO.	4
2.1. Definición.	5
2.2. Tipos de mantenimientos.	10
2.2.1. Mantenimiento correctivo.(MC)	10
2.2.2. Mantenimiento preventivo.(MP)	11
♦ III. TEORÍA DE LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS.	21
3.1. Definición de planeación.	22
3.1.1. Alcance del trabajo	22
3.1.2. Coordinación del material.	22
3.1.3. Programación de la ruta crítica y gráfica de Gantt.	23
3.1.4. Programación CPM.(métodos de ruta crítica)	23
3.1.5. Gráfica de Gantt.	23
3.2. Definición de estimación.	24
3.2.1. Métodos de estimación.	24
3.2.2. Estimados aproximados.	24
3.2.3. Estimados basados en hechos históricos.	24
3.2.4. Estándar de trabajo.	25
3.3. Definición de programación.	25
3.3.1. Principios de programación.	25
3.3.2. Programación realista.	25
3.3.3. Revisiones esperadas.	26
3.3.4. Medios para un fin.	26
3.4. Actividades de la programación.(administrativas y técnicas)	26
3.4.1. Control de trabajo.	27
3.4.2. Programación.	28
3.4.3. Control de mano de obra.	30
3.4.4. Control de materiales.	31

3.4.5.	Control de equipos.	35
3.4.6.	Orden de trabajo.	36
3.5.	Herramientas de programación.	41
◆	IV. INSTALACIONES DEL PLANTEL.	49
4.1.	Planta física.	50
◆	V. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.	56
5.1.	Instalaciones eléctricas.	57
5.1.1.	Terminología.	59
5.1.2.	Clasificación y ubicación de equipos.	66
5.1.3.	Planos y diagramas.	67
5.1.4.	El mantenimiento.	113
5.2.	Instalaciones hidráulicas.	145
5.2.1	Terminología.	155
5.2.2.	Clasificación y ubicación de equipos.	168
5.2.3.	Planos y diagramas.	172
5.2.4.	El mantenimiento.	184
5.3.	Instalaciones mecánicas.	224
5.3.1.	Terminología.	241
5.3.2.	Clasificación y ubicación de equipos.	246
5.3.3.	Planos y diagramas.	254
5.3.4.	El mantenimiento.	278
5.4.	Instalaciones de aire acondicionado.	313
5.4.1.	Terminología.	329
5.4.2.	Clasificación y ubicación de equipos.	333
5.4.3.	Planos y diagramas.	339
5.4.4.	El mantenimiento.	357
◆	VI. EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.	399
6.1.	Antecedentes del programa.	400
6.1.1.	Diagrama general.	404
6.1.2.	Diagrama por actividades.	410
◆	CONCLUSIONES.	439
◆	GLOSARIO DE TÉRMINOS.	441
◆	BIBLIOGRAFÍA.	455

ÍNDICE DE PLANOS

IV. INSTALACIONES DEL PLANTEL.	49
Plano 4.1 Plano de planta de conjunto FES Acatlán.	51
V. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.	56
Plano 5.1 Planta de conjunto de la FES Acatlán ubicación S.E.	68
Plano 5.2. Diagrama lineal general de tensión alterna.	69
Plano 5.3. Diagrama unifilar general de instalación eléctrica de alta y baja tensión.	70
Plano 5.4. Esquema de conexión de subestación No.1 (acometida).	72
Plano 5.5 Diagrama unifilar de subestación No.1.	73
Plano 5.6. Diagrama lineal de subestación No.1.	74
Plano 5.7. Plano de planta de subestación No.1.	75
Plano 5.8. Detalle de alzado de cuarto de subestación No.1.	76
Plano 5.9 Diagrama unifilar de la subestación No.2.	79
Plano 5.10. Diagrama lineal de subestación No.2.	80
Plano 5.11. Plano de planta de subestación No.2.	81
Plano 5.12. Plano de alzado de subestación No.2.	82
Plano 5.13. Detalle de conexión en cubos de instalaciones en edificios.	83
Plano 5.14. Detalle de conexión de subestación a cubos de instalaciones en edificios.	84
Plano 5.15. Diagrama unifilar de subestación No.3.	88
Plano 5.16 Diagrama lineal de subestación No.3.	89
Plano 5.17 Plano de planta de subestación No.3.	90
Plano 5.18. Plano de alzado de subestación No.3.	91
Plano 5.19. Detalle de instalación de planta de emergencia de subestación No.3.	92
Plano 5.20. Diagrama unifilar subestación No.4.	95
Plano 5.21. Diagrama lineal subestación No.4.	96
Plano 5.22. Plano de planta subestación No.4.	97
Plano 5.23. Plano de alzado de subestación No.4.	98
Plano 5.24. Diagrama unifilar subestación No.5.	102
Plano 5.25 Diagrama lineal subestación No.5.	103
Plano 5.26. Plano de planta subestación No.5.	104
Plano 5.27. Plano de alzado de subestación No.5.	105
Plano 5.28. Diagrama unifilar subestación No.6.	109
Plano 5.29 Diagrama lineal subestación No.6.	110

Plano 5.30. Plano de planta de subestación No.6.	111
Plano 5.31. Plano de alzado de subestación No.6.	112
Plano 5.32. Plano de planta de ubicación de los equipos hidráulicos.	173
Plano 5.33. Detalle de pozo profundo.	174
Plano 5.34. Plano de planta de hidroneumático No.1.	175
Plano 5.35. Detalle de hidroneumático No.1.	176
Plano 5.36. Plano de alzado de hidroneumático No.1.	177
Plano 5.37. Plano de planta de hidroneumático No.2.	178
Plano 5.39. Detalle de hidroneumático No. 2.	179
Plano 5.39. Plano de alzado de hidroneumático No.2.	180
Plano 5.40. Plano de planta de cuarto de calderas.	181
Plano 5.41. Base de concreto para montaje de grupo electrógeno.	236
Plano 5.42. Detalle de amortiguadores.	237
Plano 5.43. Detalle de tanque de combustible.	238
Plano 5.44. Isométrico de grupo electrógeno.	239
Plano 5.45. Plano de localización de equipos electrógenos.	254
Plano 5.46. Plano de planta de cuarto de máquinas C.C. (SE No. 3).	255
Plano 5.47. Diagrama lineal de SE No. 3. C.C.	256
Plano 5.48. Diagrama unifilar de SE No. 3 C.C.	257
Plano 5.49. Vista longitudinal de equipo KTA 19 G3 (SE No.3 CC).	258
Plano 5.50. Plano de planta de SE No. 5 CCA	259
Plano 5.51. Diagrama lineal SE No. 5 CCA.	260
Plano 5.52. Diagrama unifilar de SE No. 5 CCA.	261
Plano 5.53. Vista longitudinal de equipo NTA855G3 (SE No. 5 CCA).	262
Plano 5.54. Vista de planta equipo KTA855 G3 (SE No. 5 CCA).	263
Plano 5.55. Planta de ubicación de equipos de aire acondicionado.	340
Plano 5.56. Azotea de edificio de talleres de comunicación y diseño.	341
Plano 5.57. Plano de planta de edificio A-6.	342
Plano 5.58. Plano de planta de edificio de apoyo a la docencia.	343
Plano 5.59. Plano de azotea del Centro de Cómputo.	344
Plano 5.60. Plano de azotea de edificio de posgrado.	345
Plano 5.61. Planta del edificio A-1.	346
Plano 5.62. Plano de planta de edificio A-12.	347
Plano 5.63. Plano de planta de cuarto de máquinas (aire lavado) A-12.	348

OBJETIVO

Esta tesis tiene como objetivo principal, el sentar las bases teóricas para poner en práctica un programa de mantenimiento que ayude a mejorar sustancialmente el aprovechamiento y máximo rendimiento de los sistemas, equipos y componentes electromecánicos, que proporcionan servicio, como son: luz, agua, aire de confort, etc., los cuales deberán operar de manera ininterrumpida, para no afectar el desarrollo de las actividades sustantivas que se realizan dentro de la FES Acatlán.

Planear y programar eficientemente los recursos disponibles para realizar el proyecto de mantenimiento, así mismo con la implementación de este programa se podrá lograr un entrenamiento del personal de mantenimiento, ya que se puede mostrar la importancia individual de cada actividad e interdependencia que guardan en su ejecución.

Hacer una guía para el refinamiento del programa de mantenimiento, ya que a medida que se avance en la realización de las actividades, aparecerán sugerencias y nuevas oportunidades para hacer más eficiente su ejecución, de manera que sea posible evaluar objetivamente la conveniencia de este programa. Así como reducir al mínimo los nocivos efectos de contingencias o circunstancias imprevistas, adversas para la realización de las actividades como pueden ser: fallas en el suministro de energía eléctrica en una subestación, fallas en el suministro de agua en el hidroneumático principal, entre otras, y que, cobran gran importancia al momento de presentarse, ya que el costo económico de este tipo de reparaciones son muy altos, no solo en dinero sino también en tiempo.

Todo lo anterior deberá estar apoyado y apegado a las normas y procedimientos dictados por los organismos o instituciones nacionales e internacionales, en el ramo de la ingeniería y marcaran la pauta para determinar si se cumplen o no dichas normas en las instalaciones existentes o nuevas si así fuese el caso.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, abordará los temas relacionados con la elaboración de un programa de mantenimiento del área electromecánica en la FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN, (FES Acatlán) exponiendo el desarrollo de las actividades y demás acciones que se relacionan con estos temas, a través de la planeación y programación de proyectos apoyados por las técnicas de investigación de operaciones que utilizan la técnica de ruta crítica, así mismo se mostrará una propuesta para dar a conocer la alternativa de utilización de una herramienta de programación automatizada, básica para brindar las mejoras a las actividades que se desarrollan en el área del mantenimiento.

Esto como ya se dijo, forma parte de la propuesta del mismo programa que se elabora en esta tesis. De la misma forma, los alcances que pudiera tener este programa, persiguen las mejoras al desempeño de las actividades que se tienen en el Departamento de Obra Electromecánica, del plantel, para el beneficio de las instalaciones universitarias.

Se abordarán temas relativos al cómo, cuándo y por qué nace la necesidad de crear un programa de mantenimiento para las actividades que se desarrollan en el Departamento de Obra Electromecánica (DOE) en la FES Acatlán.

Debido al crecimiento de infraestructura que ha sufrido en los últimos 10 años, la FES Acatlán ha presentado una demanda de espacios académicos adecuados y bien equipados, del mismo modo se ha originando la necesidad de crear un plan de trabajo bien definido dentro de los organismos operativos internos, encargados de brindar el servicio de mantenimiento adecuado particularmente al Área Electromecánica.(AEM).

Todas las actividades de mantenimiento del AEM están enfocadas a las instalaciones de servicios que se engloban en cuatro grandes áreas: eléctrica, hidráulica, mecánica y aire acondicionado y en estas áreas se ubican equipos tales como: cuartos de subestaciones eléctricas, hidroneumáticos, sistemas contra incendio, cuartos de calderas, plantas de emergencia y equipos de aire acondicionado.

Como se puede ver, para poder mantener la dinámica que, día con día exigen las actividades que se realizan en un plantel del tipo de la FES Acatlán y debido a la complejidad de éstas, se hace necesario desarrollar un programa de mantenimiento adecuado.

Así mismo un dato importante para lograr el objetivo marcado, debe ser el conocimiento de las normas y procedimientos técnico-administrativos dictadas por la UNAM, los reglamentos de construcción vigentes, normas oficiales dictadas por organismos institucionales del ámbito federal y estatal según sea el caso, posteriormente tener el conocimiento de la calendarización de actividades y necesidades de las áreas académico-administrativas, para realizar una valoración objetiva y apegada a la realidad. Para poder llevar a cabo acciones concretas y funcionales.

ANTECEDENTES

El Mantenimiento efectivo no sucede por accidente, existen varios principios básicos de administración de mantenimiento que deben seguirse si una organización quiere lograr su misión.

Como misión básica del mantenimiento se debe proporcionar y utilizar óptimamente, mano de obra, materiales, capital y equipamiento, a través de la implementación de mecanismos para garantizar la disponibilidad ilimitada a instalaciones y equipos, contar con capital necesario, crear la confianza absoluta en las instalaciones y los equipos, aplicando los controles estadísticos implementados, asegurar una buena operación, reparar y restaurar la infraestructura que se haya deteriorado. Cuando se hayan agotado partes de la capacidad productiva, se tendrán que reemplazar o reconstruir dichas partes.

Así mismo como funciones fundamentales de la administración del mantenimiento se debe contar con organización e identificación de cargas de trabajo, control, planeación, programación, ejecución y valoración del tipo de trabajo. Del mismo modo teniendo conceptos claros de la administración de mantenimiento se puede obtener una administración efectiva, esto es, una óptima utilización de fondos, y la clave para esto es contar con un sistema formal de administración. Otra es, que la responsabilidad del mantenimiento recaiga en el ingeniero de planta, *(para nuestro caso, esta responsabilidad recae en el superintendente de obras y el jefe del Departamento de Obra Electromecánica)* que deberá tener una actitud y capacidad administrativa superior, para lograr la efectividad total. Aplicando técnicas de planeación y control enfocadas hacia la acción y el proceso de equilibrio de los recursos con las necesidades de las instalaciones, *"El mayor beneficio al menor costo"*.

Ponderar constantemente la necesidad del mantenimiento, contra la misión completa de la institución. Fijar metas realistas de cumplimiento poniendo atención a las variaciones significativas, tomando acciones correctivas inmediatas, elaborar reportes administrativos precisos y puntuales.

Con lo anterior se busca obtener los propósitos siguientes; tener mantenimientos programados y no fallas de la maquinaria o equipos, control efectivo de los recursos, llegar a un nivel adecuado de mantenimiento, relevar al supervisor de tareas administrativas para no interferir con el liderazgo del equipo, correlación de recursos con cargas de trabajo, proporcionando un método para valorar la diferencia entre el costo real y lo que debería costar, identificación de las áreas problema para ponerles atención específica.

Poniendo en marcha lo anterior se obtendrán beneficios como: obtención de recursos económicos (ahorros) mediante el aprovechamiento máximo de instalaciones, mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipamiento, mejorar el espíritu de trabajo del personal de mantenimiento, incremento de la productividad, disminución de gastos de capital al utilizar los equipos hasta su máxima expectativa de vida, crear datos técnicos que mejoren las instalaciones, maquinaria y materiales, disponibilidad de datos que apoyen a sustentar los requisitos para la autorización de presupuestos.

CAPÍTULO PRIMERO

I. ORIGEN DEL DEPARTAMENTO DE OBRA ELECTROMECAÁNICA

Objetivo: Mostrar los antecedentes históricos que rodea las actividades que se desempeñan en el Departamento de Obra Electromecánica dentro de la estructura organizacional de la unidad multidisciplinaria de la FES Acatlán, para conocer a fondo cuales son los parámetros de sus funciones y actividades que se desarrollan en éste y poder valorar el alcance que tiene el propio Departamento en su relación con el resto de los órganos administrativos del propio plantel.

Creado en 1995 el Departamento de Obra Electromecánica (DOE) forma parte de la estructura organizacional de la Superintendencia de Obras y Mantenimiento (SOM) y funge como órgano operativo para brindar servicio a las áreas denominadas como: ELÉCTRICA, HIDRÁULICA, MECÁNICA y AIRE ACONDICIONADO.

Como ya se menciono el DOE esta adscrito a la SOM y ambos dependen de manera directa de la Secretaría Administrativa (SA), órgano que a su vez está supedita a la Dirección del plantel, la SA es la encargada de coordinar y administrar los recursos económicos y financieros de la dependencia de manera general. Así mismo debido a las actividades de mantenimiento en donde se requiere de coordinar la adquisición de materiales y equipos especiales el DOE tiene una constante colaboración con otros departamentos adscritos a la misma SA, tal es el caso del Departamento de Adquisiciones, Almacenes e Inventarios, Presupuesto. De la misma forma colabora con los otros tres Departamentos que conforman de manera conjunta la SOM, estos Departamentos son: Obra Civil, Supervisión técnica, y Servicios Generales. En las funciones del DOE se mencionan las correlaciones existentes.

1.1. Objetivos del Departamento.

Con el objeto de mantener en operación constante las áreas académico-administrativas, la escuela cuenta con equipos electromecánicos, hidráulicos y de seguridad como son: subestaciones eléctricas, plantas de emergencia, equipos de aire acondicionado, aire lavado, hidroneumáticos, bombas de agua, equipos generadores de vapor (calderas), sistemas contra incendios, sistemas de protecciones contra descargas atmosféricas entre otros. Para lo cual se deben aplicar programas de mantenimientos preventivos y correctivos.

Para alcanzar estos objetivos, es necesario coordinar acciones, procedimientos y mecanismos técnicos dentro del área electromecánica, cumpliendo las normas establecidas por los organismos oficiales que las marcan, tal es el caso de la norma oficial mexicana (NOM), dictada por la Secretaría de Economía, las Normas Universitarias de Diseño en Ingeniería Electromecánica, dictadas por la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM (DGO y C), reglamentos de construcción vigentes, dictados por parte de los gobiernos estatales o federales y normas internacionales, a las cuales se apegarán los programas y controles acordados por los órganos jerárquicamente superiores.¹

1.2. Funciones del Departamento.

¹ **Manual de Procedimientos del Departamento de Obra Electromecánica de la FES Acatlán.** Elaboración conjunta de la Secretaría Administrativa, Superintendencia de Obras y el Departamento de Obra Electromecánica.

1. Establecer los programas y controles que garanticen un eficiente mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos correspondientes al Área Electromecánica, como son: subestación eléctrica, sistemas de aire acondicionado, equipos hidroneumáticos, sistemas de bombeo, cisternas, plantas de emergencia y equipos especiales.
2. Colaborar en la elaboración del programa anual de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos especializados a cargo de su área.
3. Supervisar el buen desempeño del personal que interviene en la ejecución de cada uno de los trabajos a su cargo, racionalizando los programas de trabajo preestablecidos.
4. Elaborar y establecer la calendarización de los programas de mantenimiento, verificando su ejecución acorde a los tiempos y condiciones previstas.
5. Coordinar conjuntamente con los órganos jerárquicamente superiores, las labores de los contratistas y/o personal que ejecuta los trabajos, a fin de racionalizar los recursos en tiempo, costo programado y calidad.
6. Revisar los presupuestos de los trabajos contratados, analizando cantidades, conceptos y precios unitarios, acorde a las normas y especificaciones dictadas por la Dirección General de Obras y Conservación y demás reglamentos en vigor.
7. Implementar los mecanismos y procedimientos que faciliten el proceso administrativo de contratación y pago a las compañías ejecutoras de los trabajos y servicios requeridos.
8. Elaborar el anteproyecto presupuestal de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos especializados a cargo de su área, en apego al programa de ejecución anual.
9. Controlar cada uno de los trabajos en ejecución, verificando la entrega oportuna de las mismas.
10. Elaborar programas de mantenimiento preventivo y correctivo a todos los equipos que forman parte del área electromecánica, dividiéndose esta en área eléctrica, mecánica, hidráulica, aire acondicionado y equipos especiales.
11. Implementar los controles necesarios para mantener actualizada la información y controles del área a su cargo.
12. Elaborar y verificar la información (catálogos de conceptos, planos croquis, etc.), que se entrega a las compañías contratistas, para elaborar los presupuestos correspondientes y así aprobarlos presupuestalmente para su ejecución.
13. Colaborar en la actualización de los manuales de operación para el mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones y equipos especializados.
14. Coordinar el desarrollo y ejecución de estudios y proyectos nuevos que se le encomienden dentro de la esfera de su competencia.
15. Determinar y solicitar los requerimientos de útiles, materiales y equipos necesarios para el funcionamiento de instalaciones y sistemas del Área Electromecánica, así como el control y su correcta utilización.²

²Manual de Procedimientos del Departamento de Obra Electromecánica de la FES Acatlán.

CAPÍTULO SEGUNDO

II. EL MANTENIMIENTO.

Objetivo: Conocer los conceptos básicos sobre esta rama de la ingeniería (el mantenimiento), en la cual se pretende proporcionar los puntos de vista más importantes sobre este tema, con la finalidad de obtener un parámetro o punto de comparación entre lo que significa el manteniendo de instalaciones industriales y las similares en una escuela multidisciplinaria como lo es la FES Acatlán, teniendo en cuenta que existen muchas similitudes y diferencias al momento de realizar un programa de mantenimiento.

2.1. Definición.

Se ha hablado mucho de los rubros que involucran el área del mantenimiento industrial, por lo cual hemos encontrado, que el primer objetivo de la actividad industrial conocida como mantenimiento será su localización, su definición y la fijación de sus objetivos desglosados y clasificados en las actividades que se desarrollan en este ámbito. La ingeniería comprende cuatro grandes clases en todas sus especialidades, siendo éstas:

- Ingeniería de Investigación.
- Ingeniería de Desarrollo.
- Ingeniería de Construcción o Manufactura.
- Ingeniería de Operación y Mantenimiento.

En esta tesis, hablaremos del 4º punto, que es operación y mantenimiento, y se describe como:

“La encargada de hacer funcionar correctamente y de conservar en buenas condiciones de funcionamiento los productos, equipos, etc.,”

De esta forma consideramos a la ingeniería de mantenimiento sinónimo, de la actividad conocida como **MANTENIMIENTO**, y se define como:

Es el conjunto de actividades, desarrolladas para alcanzar el fin de conservar las propiedades físicas y operacionales de una empresa, manteniéndolas en condiciones de funcionamiento, seguro, eficiente y de manera económica.

En una empresa la infraestructura a la cual se le debe proporcionar mantenimiento, es:

Equipos	Instalaciones	Edificios	Propiedades
Herramientas.	De energía eléctrica.	Oficinas.	Carreteras.
Máquinas herramienta	De energía hidráulica.	Servicios.	Acueductos.
Máquinas (Mecánicas, eléctricas electrónicas, etc.	De energía neumática.	Talleres de procesos.	Aeropuertos.
Motores.	De energía mecánica.	Bodegas.	Muelles
Unidades Automotrices.	De energía térmica.	Hangares, etc.	Helipuertos.
Hornos, etc.			Patios, etc.

Tabla 2.1. Áreas y equipos a los que se les debe proporcionar mantenimiento.

Como podemos observar en la tabla No. 2.1., la clasificación de las áreas en donde se puede contar con un mantenimiento es en un 100 % de la infraestructura de cualquier tipo de industria, ya que cualquiera de éstas contará por lo menos con tres de los cuatro tipos de infraestructura, indicadas en la tabla.

Por otra parte es importante contar con objetivos claros, determinando el punto de vista desde donde tenemos que ver el mantenimiento, y estos son el **ECONÓMICO** y **TÉCNICO**, y es con el primero que llegaremos a un objetivo básico y con el siguiente a un objetivo inmediato.

El punto básico de cualquier mantenimiento será el de contribuir por todos los medios, a que el costo de mantenimiento sea el más bajo posible, y mientras esto se logre, el objetivo inmediato será conservar en condiciones de funcionamiento seguro y eficiente las propiedades físicas de la empresa. Es muy común ver que entre estas dos partes que conforman un proyecto de mantenimiento se presenten discrepancias de criterios entre las partes, como son, que el personal que se ocupa del aspecto financiero se opone muchas veces a ciertas demandas del personal técnico y el que se ocupa del aspecto técnico, pierda de vista el objetivo básico por el interés que le presta el objetivo inmediato.

Un ejemplo claro dentro de la dependencia sería:

“Se requiere, realizar las labores de mantenimiento preventivo básico a la subestación eléctrica principal del plantel de la FES Acatlán, se ha contemplado dentro del PROGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO pero se ha alargado la autorización de estos trabajos, debido a que las autoridades tanto de la Dirección como del área Administrativa son las que han puesto en prioridad 1 los proyectos académicos y las actividades de mantenimiento en la subestación eléctrica han pasado a prioridad 2, debido a que se desprecia su uso por estar en un lugar apartado del plantel, por ser un lugar desconocido de sus funciones y porque las autoridades visualizan con mayor importancia la actividad académica”.

Es importante ver el establecimiento de prioridades en el trabajo de mantenimiento. Con frecuencia, esta decisión se ha dejado solamente a los mandos administrativos, sin tomar en cuenta las opiniones de los supervisores del mantenimiento, la manera mas sencilla y frecuente para establecer las tres prioridades sería que, el trabajo “A” es el de máxima prioridad, el “B” tiene la siguiente, y el “C” tiene la más baja.

Por desgracia este tipo de sistemas de prioridades, no es, comúnmente un sistema como tal, y al manejo del criterio “*El engrane que rechine más alto, es al que se le pone más grasa*”, nos dice, que este criterio empírico, pueda determinar las decisiones y no se tomen decisiones basadas en un criterio teórico profesional, dando como resultado que el mantenimiento sea el que sufra las consecuencias.

Existen muchos sistemas que se han desarrollado a lo largo del tiempo para determinar las prioridades de aplicación del mantenimiento en equipos y trabajos y uno de ellos es el llamado sistema: RIME (Ranking Index For Maintenance Expenditures). Desarrollado en 1964 por Albert Ramond and Associates Inc., el cual consiste en la categorización de cada parte del equipo y la clasificación de cada tipo de trabajo de mantenimiento.

Clasificadas en una escala del 1 al 10, el diez es el que tiene máxima prioridad.¹ Y en el caso de empresas que tienen una tarea de producción, las decisiones son tomadas por la gerencia de mantenimiento y producción, por lo general se cambian solo cuando se cambia el equipo o las propiedades funcionales de la instalación.

A continuación se muestran dos tablas (No. 2.2. y 2.3.) como ejemplos de los índices de categorización del equipo y de la clasificación del trabajo.²

Categoría.	Descripción del equipo.
10 Seguridad.	Equipo con un riesgo de seguridad. Incluye la seguridad del personal y del producto.
9 Servicios públicos.	Equipos de servicios públicos que afectan varias líneas de producción.
8 Equipo clave para producción.	Equipo no disponible en reserva; se detiene toda la línea de producción.
7 Equipo de producción múltiple.	Unidades para las cuales existe disponible equipo de reserva; detienen solo parte de la línea.
6 Equipo clave para el manejo múltiple de materiales.	No se dispone de equipo de reserva ni de métodos alternos para mover los productos.
5 Equipo para el manejo múltiple de materiales.	Se dispone de equipo de reserva; existen métodos alternos para mover los productos.
4 Equipo de apoyo.	Incluye todas las Unidades de apoyo como equipos de taller y de oficina, equipos de manejo de desperdicios.
3 Patios y edificios.	Incluye: cafeterías, oficinas, baños, estacionamiento.

Tabla 2.2. Índices de clasificación a equipos, para justificar un trabajo de mantenimiento.

¹ Manual del ingeniero de planta. Robert C. Rosaled, Mc Graw Hill. p. 1-22

² Manual del ingeniero de planta. Robert C. Rosaled, Mc Graw Hill. p. 1-23

Categoría.	Descripción del equipo.
10 Seguridad real, seguridad crítica.	Trabajo con seguridad crítica donde la vida o los miembros están en peligro. Contaminación del producto. El trabajo es una emergencia. Llame a mantenimiento.
9 Interrupciones, mala calidad.	Fallas de equipos o procesos. Artículos que causan pérdida del producto, mala calidad y crean una emergencia.
8 Mantenimiento preventivo.	Inspección, lubricación y reparación de lubricadores automáticos o sistemas de alarmas. Trabajo para evitar interrupciones o trabajo de reparación.
7 Trabajo de servicio.	Trabajo necesario durante los periodos de operación. Riesgo potencial de contaminación del producto.
6 Refacciones, mantenimiento correctivo.	Trabajo en partes o unidades de repuesto, no hay repuestos adicionales. Mantenimiento correctivo para reducir el trabajo repetitivo.
5 Trabajo en interrupciones.	Trabajo necesario, la seguridad en el trabajo no es tan crítica como para exigir una inmediata interrupción del proceso.
4 Trabajo de rutina, seguridad normal.	Trabajo en partes o unidades de repuesto, mantenimiento normal y trabajo con seguridad de rutina.
3 Producción o mejoramiento de la calidad.	Trabajo necesario para mejorar la calidad o la cantidad de la producción o el manejo de materiales o del mantenimiento de calidad.
2 Reducción de costos.	Trabajo de reducción de costos que no caiga en alguna de las clases superiores.
1 Baños, pintura y conserjería.	Mantener en operación las instalaciones de los casilleros y baños. Pintura protectora para evitar la oxidación.

Tabla 2.3. Clasificación de niveles de prioridad para realizar un trabajo de mantenimiento.³

Para decidir el orden de prioridad de un trabajo, primero se determina la categoría del equipo y la clase de trabajo y estos dos factores se multiplican entre sí para dar un número de prioridad, siendo el 100 el número más alto posible. Sin embargo los supervisores de mantenimiento deben tener la autoridad para cambiar dichas prioridades, aunque se les deberá solicitar que justifiquen dichas desviaciones o el sistema podría fallar en un corto plazo.

³ N. de A.: Cualquier equipo que tenga un riesgo seguro, recibe una categoría de 10, de tal manera que el trabajo con clase 10 no tiene una orden de trabajo normal, aquí se reserva el uso de aspectos de seguridad crítica que respaldan una solicitud para un trabajo de emergencia.

Hemos explicado cuales han sido los parámetros básicos para poder determinar el mantenimiento y algunas de sus características básicas, ahora veremos como se desglosa éste, en actividades para su ejecución, agrupadas en: inspección, servicio, reparación, cambio de unidad y modificación.

Daremos a continuación una breve descripción de éstas y más adelante serán ampliadas con mayor detalle.

Inspección.- Consiste en hacer un examen del equipo o instalaciones, etc. Para darse una idea clara del estado físico que éstas guardan, con el objetivo de detectar una falla en su etapa inicial o una falla declarada. Dichas inspecciones pueden ser ligeras, superficiales o profundas incluso teniendo que desmontar partes o elementos que impiden una perfecta revisión, también se puede echar mano de métodos como lentes, tintes penetrantes, magna flux, rayos x, mediciones y en otros casos hasta pruebas funcionales como ultra sonidos, etc.

Servicio.- Esta actividad comprende los trabajos menores como: limpieza, tratamiento anticorrosivo, desinfección, lubricación y abastecimiento.

Reparación.- En estos trabajos se agrupan los trabajos necesarios para la corrección de los defectos que conforman al equipo, instalaciones, edificios y propiedades, tales como el ajuste o la reparación de una pieza en el campo de trabajo.⁴

Cambio de unidad.- Esta operación consiste en sustituir un componente que ha fallado, que se encuentra defectuoso, que haya agotado su vida útil o bien por razones de seguridad o técnicas, por otro exactamente igual y en perfectas condiciones, este trabajo comprende los siguientes pasos:

Reparación, remoción, instalación, ajuste, trabajos suplementarios, pruebas de funcionalidad.

⁴ N. de A.: No confundir la reparación con la corrección de falla, ya que puede ser un trabajo elemental y una reparación puede comprender todas las operaciones de mantenimiento.

Modificación.- En este grupo quedan comprendidos los trabajos necesarios para alterar el diseño, la construcción de las propiedades físicas de la empresa para reducir o eliminar fallas repetitivas, que tienen como origen el diseño, la construcción defectuosa o inadecuada.

2.2. Tipos de mantenimiento.

Dividido principalmente en dos grandes grupos el mantenimiento puede ser, correctivo o preventivo.

2.2.1. Mantenimiento correctivo (MC) :

Se caracteriza por realizar la corrección de fallas a medida que se van presentando, ya sea por síntomas claros, avanzados, por el paro del equipo o instalación, etc.

Este tipo de mantenimiento es el más generalizado, posiblemente por ser el que menos conocimientos y organización requiere.

Desde el punto de vista técnico, comprende dos clases de actividades:

2.2.1.1. Actividades en el mantenimiento correctivo.

➤ El mantenimiento rutinario:

Comprende: limpieza, pintura, lubricación, carga o abastecimiento, inspección entre otras similares.

➤ El mantenimiento correctivo:

Comprende el grueso de las actividades del mantenimiento. Al momento de presentarse una falla se solicita la ejecución del trabajo por los medios adecuados, y deberá ser realizado por personal capacitado para inspeccionar el quipo, detectar la falla, planear el trabajo, estimar mano de obra necesaria, y estimar el material necesario, el encargado del mantenimiento ordena la ejecución, se realiza el trabajo, concluido este, inspecciona y se hacen pruebas de funcionamiento entregándose el trabajo.

Con el fin de dar un control de costos a los trabajos de mantenimiento, y lograr así, priorizar los mismos, es importante catalogarlos como se muestra en la tabla No. 2.4.

Trabajos de Mantenimiento	Definición
Directo.	Son los trabajos a equipos y sistemas que están ligados al funcionamiento vital de las instalaciones, subestaciones, hidroneumáticos, etc.
Indirecto.	Son los trabajos que comprenden las actividades de mejora y modificaciones de las instalaciones, tendientes a evitar o reproducir fallas repetitivas
General.	Son los trabajos a las instalaciones y edificios de menor capacidad de operación, instalaciones de bajo voltaje o redes en núcleos sanitarios, carpintería o herrería menor, etc.
De servicio a las operaciones.	Son los trabajos que comprenden las actividades de mantenimiento rutinario de los equipos de servicio, donde se realizan trabajos como, limpieza, pintura, lubricación y carga.

Tabla No. 2.4. Clasificación de trabajos, según el costo y su nivel de prioridad.

Es común ver que algunas Gerencias o Direcciones, consideren a los mantenimientos como rutinarios, ya que los mantenimientos correctivos menores o las reparaciones mayores son catalogadas precisamente como reparaciones o sea una actividad independiente al mantenimiento.

2.2.2. Mantenimiento preventivo (MP):

Se caracteriza porque se desarrolla la detección de fallas en su fase inicial y la corrección en el momento oportuno, es importante mencionar que este tipo de mantenimiento, requiere de un alto grado de conocimientos y una organización eficiente y es imposible que en la práctica se logre un mantenimiento al 100 %, tanto correctivo como preventivo.

Para las Gerencias o Direcciones de cualquier industria, un paro de la línea de producción o de cualquier área de trabajo, representa pérdidas económicas enormes. Por tal motivo se toman actitudes de presión constante hacia los equipos humanos de mantenimiento con el fin de evitar al mínimo estos problemas por fallas a equipos o instalaciones.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema correctivo, con el tiempo y la experiencia obtenida, puede determinar algunas fallas repetitivas o de tiempo de operación o llegar a conocer los puntos débiles de máquinas e instalaciones.

Las dos condiciones anteriores han contribuido en gran medida al desarrollo del mantenimiento preventivo. Pero algunos autores, instituciones y empresas hablan del MP no como un sistema o un conjunto de técnicas de mantenimiento, sino como una filosofía o una actitud mental adoptada por el personal. Sin embargo, en estos tiempos no se puede dejar al azar el uso de estas técnicas, ya que muchas industrias importantes han desarrollado el MP como un sistema del cual, sus técnicas se aplican con un gran desarrollo. Algunas ventajas de la utilización del MP, se muestran en la tabla No. 2.5.

Ventajas.	Definición.
Seguridad.	Mejora en las propiedades físicas de las empresas en materia de seguridad, ya que se conoce mejor su estado físico y condiciones de operación
Tiempos muertos.	Reducción de tiempos muertos.
Vida útil.	Las propiedades físicas son sensiblemente mayores.
Costos de reparación.	Es posible reducir costos de reparaciones.
Inventarios.	Se reducen los costos de inventarios y compras, ya que se determinan en forma más precisa los materiales de mayor consumo con respecto a los de menor consumo.
Cargas de trabajo.	Reducción de las cargas de trabajo, para el personal de mantenimiento, ya que es más uniforme, reduciendo el tiempo extra, tiempos muertos y puede reducirse o controlarse mejor el trabajo efectuado por el personal ajeno a la empresa, (Contratistas).
Calidad de la producción.	Se puede esperar que la calidad del producto sea mejor en sistemas de producción.
Varios.	Se puede esperar mejoras en otros ámbitos, tales como reducción de tiempos muertos, mejor relación obrero patronal, entre otras.

Tabla 2.5. Ventajas obtenidas al usar el MP.

Es altamente recomendable implementar un procedimiento de MP en industrias mecanizadas y automatizadas en donde existen líneas de producción, procesos continuos, etc. Pero no es aplicable en todos los casos.

Solamente si los procesos de producción operan de forma anormal y esto pone en riesgo la seguridad del personal operario, será imperativo implementar un MP completo sin excepción alguna. En todos los demás casos la aplicabilidad del MP se determinará mediante estudios racionales que consideren el objetivo básico del mantenimiento, o sea el aspecto económico.

Habiendo llegado a la conclusión, que determinados grupos de propiedades físicas requieren MP, se deben desarrollar sistemas más adecuados según las características físicas de la empresa, es por eso que un buen **plan de mantenimiento**, consiste en determinar las operaciones que deben efectuarse y la periodicidad con que deben realizarse, para desarrollar el plan de MP para un determinado equipo se tienen que considerar los siguientes puntos:

- Qué debe inspeccionarse.
- Con qué frecuencia o periodicidad debe inspeccionarse.
- A qué debe dársele servicio.
- Con qué frecuencia o periodicidad debe darse servicio.
- A qué componentes debe asignársele una vida útil.
- Cuanto debe ser la vida útil de esos componentes.

Es importante considerar algunos recursos técnicos para determinar los 6 puntos anteriores, estos son:

- Cumplir con las recomendaciones del fabricante, ya que son ellos los que conocen su funcionalidad, desde el momento en que realizaron pruebas a las piezas durante su fabricación.
- Recomendaciones de otros operadores, esto es, conocer las experiencias obtenidas de operadores de equipos iguales.
- Experiencia propia, es muy útil la experiencia propia, ya que se conocen las características y los puntos débiles del equipo ó sistema.
- Análisis de Ingeniería, que se aplica cuando los datos proporcionados anteriormente no son asequibles, se recurre a este análisis, que arrojará un estudio más detallado de la máquina o instalaciones, sus características de construcción, operación y las condiciones en las que operarán, de lo cual se deducen los puntos que deben inspeccionarse y deben recibir servicio.

Del mismo modo, otro punto importante que debe existir en un plan de mantenimiento, es la frecuencia o periodicidad, que se puede medir en tiempo de operación. No obstante, existe un número reducido de unidades cuyo desgaste no depende realmente del tiempo de operación del equipo, sino de ciertas operaciones especiales o del tiempo de calendario.

Contado por horas, el tiempo de operación se toma desde que la máquina empieza a prestar servicio, hasta que habiendo acumulado cierta cantidad de horas de trabajo, completa un ciclo y se lleva a cabo una reparación y posteriormente se repite un nuevo ciclo, un concepto muy útil es el de establecer un número de horas de trabajo por día.

Así mismo existen operaciones especiales que pueden tomarse como una unidad de tiempo, estamos hablando de los eventos. Como en el caso de las marchas (motores eléctricos de arranque) instaladas en plantas de emergencia y a las cuales se les puede cuantificar por el número arranques que tuvo el equipo en un determinado tiempo.

Otro ejemplo para medir la frecuencia o periodicidad en algunos componentes es el deterioro que sufren con el paso del tiempo, por estar en contacto con el aire u otros fluidos, como combustibles, lubricantes, etc. Tal es el caso de los tanques de almacenamiento para un compresor o el tanque de combustible del cuarto de calderas, para esto se debe saber las fechas de instalación y valorar por medio de inspecciones el posible desgaste que puedan sufrir, esto se puede revisar al realizar las purgas necesarias en el tanque de compresores, de esta manera se puede valorar aproximadamente que tanto desgaste tiene el tanque, si al realizar la maniobra, salen sedimentos que indiquen desprendimiento de óxido del tanque.

Existen también componentes que se deterioran por más de una de las causas anteriores, en este caso se deberá regir el control por la primera de ellas que llegue a su tiempo límite.

Ahora definamos las actividades del mantenimiento que anteriormente ya mencionamos, entendiendo que, para el MP estas son actividades básicas y de gran importancia, por tal motivo se describen a continuación con mayor detalle.

2.2.2.1. Actividades del mantenimiento preventivo.

➤ Inspección.

La determinación de lo que debe inspeccionarse y con que frecuencia debe hacerse, con frecuencia es uno de los puntos más críticos y del que depende en gran medida el éxito o fracaso de un programa de mantenimiento. Es por eso, que a continuación se hacen algunas recomendaciones para realizar este rubro tan importante.

Debe inspeccionarse:

Todo lo que sea susceptible de falla mecánica progresiva, como:

- Desgaste.
- Corrosión.
- Vibración.

Todo lo que esté expuesto a la acumulación de materias extrañas, como:

- Filtros.
- Secadoras de agua.
- Aceites de lubricación.
- Drenes.
- Resumideros de tanques y depósitos.

Todo lo que sea susceptibles de fugas, como:

- Sistemas de combustible.
- Sistemas Hidráulicos.
- Sistemas Neumáticos.
- Tuberías de distribución de fluidos.
- Todos los accesorios que conectan a estos sistemas.

Todo lo ocasionado por vibraciones fuera de los límites permitidos, como:

- Derrames en niveles de depósitos de abastecimiento.
- Niveles y concentración de elementos químicos dañinos.

Todos los elementos reguladores de todo lo que funcione con características controladas, como:

- Fuerza.
- Presión.
- Tensión mecánica.
- Holgura mecánica.
- Temperatura.
- Voltaje, amperaje, resistencia, etc.

➤ **Servicio.**

Ya se definieron anteriormente los trabajos relacionados con el servicio como aquellos trabajos de mantenimiento sin los cuales es imposible mantener la buena apariencia y el buen funcionamiento, limpieza, pintura, desinfección, lubricación, etc.

⁵ N. del A.: En todos los casos se requieren pruebas de funcionamiento.

➤ **Reparaciones.**

Los trabajos de reparaciones abarcan los detalles que se corrigen en anomalía o fallas sin recurrir al cambio de unidades. Estos trabajos pueden agrupar actividades como el enderezado de una pieza o el apretado y soldado de conexiones eléctricas.

➤ **Cambio de Unidades.**

Es necesario para establecer un plan de mantenimiento preventivo, determinar las unidades o componentes de un equipo, instalación, etc., que deben cambiarse a determinando tiempo, mismo que también debe determinarse.

A ese tiempo de operación se le llama vida útil de la unidad y se mide como las periodicidades en horas de operación, en número de operaciones, en tiempo de calendario o en combinación de ellas.

Como recomendaciones generales y guía, debe asignarse vida útil a:

- Las unidades o componentes de un equipo mayor que por su complejidad de su propia construcción lo amerita, tal es el caso de motores, generadores, reguladores, etc.
- Las unidades cuya falla brusca pone en peligro al personal o equipos costosos o difíciles de adquirir; UPS, Reguladores de voltaje estáticos, bancos de capacitores, transformadores, etc.
- Las unidades cuya falla parcial o total origina inmediatamente fallas mayores; fallas de empaques de boquillas de transformadores, tuberías que trabajan en condiciones de posible corrosión, luminarias, etc.
- Las unidades de muy difícil acceso y función importante; bancos de baterías en estaciones repetidoras, válvulas de control de fluidos de alta presión para el paso de combustible en oleoductos, etc.
- Las unidades de bajo precio y función importante, interruptores termomagnéticos de bajo voltaje, sensores infrarrojos para paro y arranque de una línea de producción etc.

Para la clasificación de unidades, existen dos tipos de grupos de componentes los desechables y los reparables.

Para tener un control de la vida útil de estas unidades o componentes, se deben tomar cuatro criterios para un buen control:

- Individualmente o por número de serie, para las unidades o componentes costosos.
- Por servicio y por número de serie, para las unidades de precio moderado.
- Por servicio de mantenimiento y por número de parte, para las unidades de precio bajo, numerosas en el equipo, instalación, etc.

- Para las unidades que desempeñan una función importante y que tienen un bajo costo pero que tienen un difícil acceso a obtenerse, debe aprovecharse la oportunidad de cambiarlas, aun sin indicio de fallas.

Una vez conocidas las actividades y los criterios que se deben de seguir en un mantenimiento preventivo se procederá a clasificar los tipos de mantenimientos preventivos que existen.

Debemos saber que el mantenimiento preventivo tiene diferentes tipos o clases, que se derivan de un conjunto de operaciones programadas que en conjunto se denominan *Servicio de Mantenimiento*, sin confundirse con el término de *Servicio* simplemente, un servicio de mantenimiento consta de lo siguiente:

- Se realizarán las inspecciones periódicas que sean convenientes.
- Se realizarán los servicios periódicos programados para esa ocasión.
- Se realizarán los cambios periódicos de unidades que deban efectuarse en esa oportunidad.
- Se realizarán las modificaciones que se hayan programado en esa oportunidad.
- Se realizarán las correcciones de las fallas reportadas por los operadores, los usuarios o los inspectores.

De lo mencionado anteriormente, son susceptibles de programación los cuatro primeros puntos y solamente el último no es programable, al menos en su totalidad, sin embargo mediante el análisis y el afinamiento continuo de planes de mantenimiento preventivo mediante la retroalimentación de datos, es posible controlar el valor de ese renglón (mano de obra con respecto al total) y ajustarlo dentro de los valores convenientes.

Algunas instituciones o empresas, como se dijo en un principio, no incluyen dentro del mantenimiento las reparaciones mayores y tampoco le dan la importancia debida ya que de cualquier forma, este mantenimiento se realiza con personal externo al que brinda el mantenimiento normal.

Es interesante considerar las reparaciones mayores, como el conjunto de inspecciones, servicios y cambios, que mayor periodo o vida útil tienen, resultando en tiempo de calendario, del orden de tres años, dependiendo de la utilización del equipo y su operación. Generalmente estos trabajos consumen gran cantidad de materiales y mano de obra en una sola ocasión, de donde seguramente le viene el nombre de reparación mayor.

A continuación veremos como sin dejar de afectar todos los trabajos de reparación mayor, hay un tipo de mantenimiento en el que ese término carece de sentido.

Habiendo especificado los parámetros que deben contemplarse para poder definir y ejecutar un mantenimiento preventivo de manera eficaz, pasemos a explicar los tipos de mantenimiento que se pudieran implementar a las actividades que se llevan a cabo en la FES Acatlán hablaremos de tres tipos básicos de mantenimiento preventivo, estos son:

Mantenimiento de reparación mayor.

En este tipo de mantenimiento, vemos las reparaciones consideradas en valores de Tiempo-Hombre, en los que se pueden ver los tiempos de mantenimientos menores, posteriormente se representan las reparaciones mayores y al término de este se reiniciarán los ciclos nuevamente, como se indica en la gráfica No. 2.1.



Gráfica No. 2.1. Mantenimiento mayor.

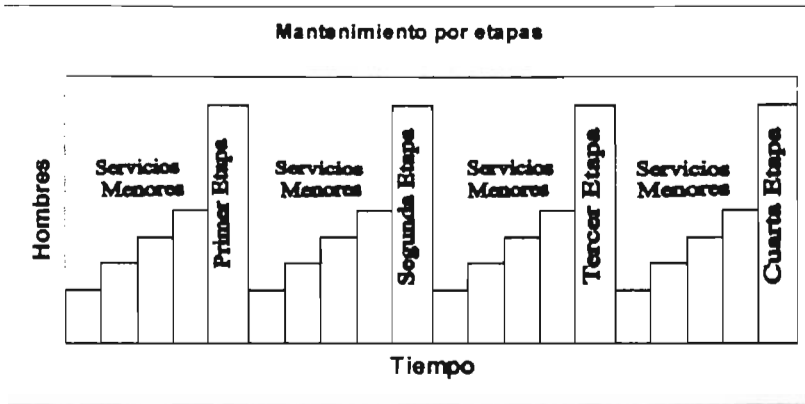
El caso anterior trae consigo muchos inconvenientes, ya que en el tiempo en que se lleva a cabo el mantenimiento mayor, el equipo puede quedar fuera de servicio por periodos largos, por lo cual, no es conveniente en muchos casos.

Mantenimiento por etapas.

A diferencia del caso anterior, se puede dividir el trabajo mayor en varias etapas, para que de esta forma el servicio no se interrumpa por periodos largos, intercalando estos tiempos entre los servicios menores.

El inconveniente de este tipo de servicios, es el desperdicio de materiales y mano de obra que implica la realización de las primeras N-1 etapas.

En la siguiente gráfica se puede ver este tipo de mantenimiento, en donde se observan los periodos de trabajos o servicios menores y las etapas divididas entre la primera y la cuarta etapa de trabajos de mantenimiento mayor. Ver la gráfica No. 2.2.

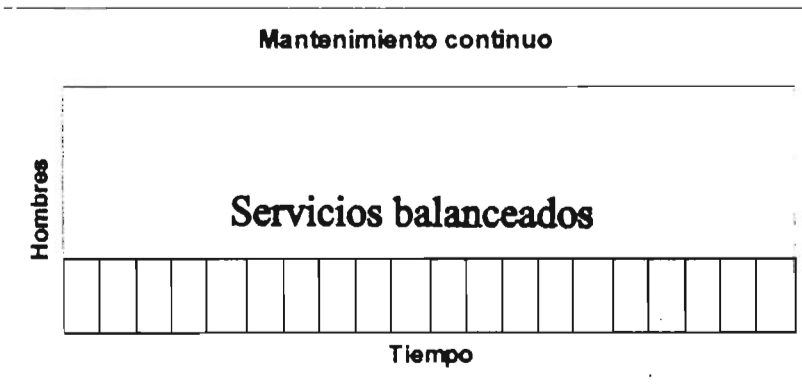


Gráfica No. 2.2. Mantenimiento por etapas

Mantenimiento continuo.

Hay ocasiones en las que aun el tiempo de una reparación por etapas resulta demasiado largo para las necesidades de una empresa, entonces se puede subdividir cada etapa en grupos de operaciones que se distinguen en todos los servicios menores; generalmente se desea que esos nuevos servicios resulten aproximadamente iguales en todos ellos, por lo que reciben el nombre de servicios balanceados.

Como se muestra en la siguiente gráfica No. 2.3.



Gráfica No. 2.3. Mantenimiento continuo.

Es muy difícil realizar este tipo de mantenimiento y en muchos casos resulta imposible debido a que ciertos trabajos con la reparación mayor necesitan forzosamente un tiempo mayor apreciablemente y requiere de un alto grado de organización y experiencia.

Como en el caso del mantenimiento por etapas, en este caso se desperdician materiales y mano de obra durante el primer ciclo de mantenimiento.

Es importante, para el ingeniero de mantenimiento, poder echar mano de la técnica de mantenimiento más adecuada, ya que no en todas las industrias se tienen las mismas exigencias y actividades, y no todas las actividades, requieren de un estricto apego a estos procedimientos, para el caso que atañe a esta tesis, podemos decir que el mantenimiento se puede abordar como el primer caso, la reparación mayor, debido a que el calendario de actividades que se maneja es básicamente el calendario escolar.

Esto es una gran ventaja, ya que la programación de los mantenimientos mayores tanto correctivos como preventivos pueden hacerse durante los periodos de descanso académico (periodos vacacionales), y por otro lado se tienen que realizar calendarios perfectamente bien definidos, para que no se tomen tiempos en exceso o por el contrario queden cortos.

Todo esto nos lleva a pensar en la importancia de contar con la información técnica completa para poder realizar los trabajos, sabiendo que en esos periodos no se cuenta con mano de obra interna en el plantel.

Se deben programar todas las actividades tomando en cuenta las medidas conducentes, tanto de contratación de empresas externas, la adquisición de materiales y los accesos a las diferentes áreas de trabajo entre otras necesidades, para que todo se pueda realizar en tiempo y forma.

CAPÍTULO TERCERO

III. TEORÍA DE LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS.

Objetivo: Conocer las definiciones sobre la planeación de proyectos, tomando en cuenta la posibilidad de emplear herramientas teóricas existentes como la investigación de operaciones, en donde se estudia la programación de proyectos o actividades en la industria, por medio de la ruta crítica o las gráficas de Gantt. En este capítulo se podrán conocer las herramientas desarrolladas por empresas dedicadas a este rubro de la ingeniería, como software para computadoras que ayudan a elaborar bases de datos manejadas en forma programada y que pueden auxiliar a los procesos de control y administración de tareas, trabajos, bitácoras, órdenes de trabajos, entre muchas otras operaciones.

3.1. Definición de planeación.

La función de la planeación y estimación es fundamental para una administración efectiva del mantenimiento, esta función planifica los trabajos y estima el número de horas necesarias para terminarlo, estas estimaciones son las bases sobre las que se programa el trabajo de mantenimiento y también son el fundamento sobre el cual la gerencia evalúa los costos de mantenimiento.¹

Los planes de trabajo preparados por el planificador/estimador deberán especificar el trabajo que deba realizarse, el material y el equipo necesario, la forma de dividirlo en fases y las diversas habilidades necesarias.

3.1.1. Alcance del trabajo.

El Alcance del trabajo deberá corresponder a la orden de trabajo o al reporte de inspección. Además el alcance del trabajo debería estar de acuerdo con la calidad y cantidad de materiales esperados. El alcance del trabajo deberá incluir lo siguiente:

- Una descripción completa de la deficiencia y de los resultados deseados.
- La ubicación exacta del trabajo.
- La identificación de las instrucciones o condiciones especiales.

3.1.2. Coordinación del material.

Un paso fundamental en la planeación del trabajo es la identificación de los materiales necesarios para llevarlo a cabo. A continuación, hacemos mención de los pasos necesarios para realizar la planeación de todo el trabajo correctivo mayor.

- Identificar todos los materiales y actividades necesarias en el trabajo.
- Revisar la disponibilidad de material en el almacén.
- Solicitar las piezas y materiales necesarios.
- Marcar la orden de trabajo como “*en espera de piezas*”, hasta que se reciba el material.
- Juntar todas las piezas y materiales en un recipiente identificado con el número de la orden de trabajo; hay que poner todas las herramientas especiales necesarias junto con las piezas y materiales.

En el paso cinco no se aplica al trabajo de mantenimiento correctivo menor.

¹ Manual del Ingeniero de Planta, Robert C. Rosales, Mac Graw Hill. p 1-24

3.1.3. Programación de la ruta crítica y gráficas de Gantt.

Con frecuencia, la planeación de grandes proyectos de mantenimiento se puede beneficiar con la utilización del método de programación de ruta crítica (CPM, Critical Path Method) y/o con las gráficas de Gantt. Por lo general, estas dos técnicas se reservan para trabajos de más de una semana de duración o que involucren la coordinación de muchas habilidades o actividades.

3.1.4. Programación CPM (método de la ruta crítica).

La programación CPM es una manera de encontrar la forma más breve y más eficiente en tiempo para realizar un trabajo. El uso principal del método de la ruta crítica consiste en proporcionar toda la información necesaria para tomar decisiones en relación al tiempo y costo del proyecto. Esta técnica no es difícil una vez que el planificador se familiariza con ella. Además, existen varios programas de software para la administración de proyectos que simplifican el proceso de programación con el método de la ruta crítica. A continuación presentamos un ejemplo de ruta crítica, en donde en la figura 1 se muestra una gráfica para poder construir una barda de concreto.

En donde se comienza por hacer la excavación, antes de instalar la cimbra, una vez instalada ésta, se puede colocar el acero de refuerzo, enseguida se prepara el concreto y mezclarlo con el acelerador de concreto, colar el concreto y retirar la cimbra, gráficamente se tendría:



Gráfica No. 3.1. Ejemplo de la elaboración de una gráfica de ruta crítica.

3.1.5. Gráfica de Gantt.

Las gráficas de Gantt son gráficas sencillas de barras horizontales que muestran la relación entre varias fases de un proyecto. Estas gráficas son muy útiles para controlar y dar seguimiento a proyectos complicados. Al igual que con el método de la ruta crítica, las gráficas de Gantt pueden producirse con programas de software sobre administración de proyectos.

3.2. Definición de estimación.

Una función muy importante en la administración del mantenimiento es la de estimación. Los objetivos principales de la estimación del trabajo son los siguientes:

- Ofrecer un costo estimado para que los administradores lo usen como base para aprobar el trabajo.
- Ofrecer información que ayude a preparar una programación realista del trabajo.
- Ofrecer bases para evaluar la efectividad de la función de control del trabajo.

3.2.1. Métodos de estimación.

Existen métodos principales para estimar el trabajo de mantenimiento. Cada método tiene un uso especial en la administración del mantenimiento. Los tres métodos son los siguientes:

- Estimados aproximados.
- Estimados basados en los datos históricos.
- Normas de trabajo.

3.2.2. Estimados aproximados.

Estas son sólo suposiciones inteligentes basadas en una idea general de lo que han demorado otros trabajos similares en el pasado y en la experiencia del planificador. Con frecuencia, el planificador complementa su experiencia personal con la de los supervisores o de los trabajadores.

Los cálculos aproximados se realizan en todas las órdenes de trabajo recibidas. Estos estimados son la base sobre la que el planificador clasifica el trabajo en diferentes categorías. Los trabajos de servicio no reciben ningún estimado adicional, pero están listos para programarse tan pronto como la orden de trabajo reciba la aprobación.

3.2.3. Estimados basados en hechos históricos.

Estos son estimados que se basan en los datos reunidos a partir de la experiencia acumulada. El dato puede ser un archivo al que con el planificado computarizado de administración del mantenimiento (CMMS, base de datos), se puede tener acceso con rapidez a los datos históricos, con el fin de realizar la estimación de las nuevas órdenes de trabajo. Para los trabajos de mantenimiento menor se recomienda emplear los estimados basados en los datos históricos.

3.2.4. Estándar de trabajo.

El estándar de trabajo es el tiempo promedio necesario que un trabajador calificado, trabajando a un ritmo normal y con experiencia normal, se demora en hacer una cantidad definida de trabajo con una calidad especificada. Aunque los adjetivos *normal*, *calificado* y *promedio* son términos vagos, el uso consistente del estándar de trabajo proporciona un medio efectivo para planear y evaluar el trabajo.

Aunque existen muchas formas estándares de trabajo de mantenimiento, unas de las mejores son los Engineered Performance Standards (EPS), de la Marina de Estados Unidos. Estos estándares emplean la técnica de "rasuración del trabajo" que hace posible lograr con rapidez un estimado de la mano de obra.

A los manuales EPS se les conoce como las series NAVFACP-700 y comprenden todos los tipos de habilidades de mantenimiento.

El trabajo correctivo mayor, el trabajo de rutina y las inspecciones de mantenimiento preventivo deberían estimarse usando los estándares formales de trabajo como los EPS, complementados con los estimados basados en los datos históricos, cuando se considere adecuado.

3.3. Definición de programación.

La programación del trabajo encomienda al personal de mantenimiento las asignaciones específicas de trabajo, con la suficiente anticipación como para garantizar la máxima coordinación entre mano de obra, material y equipo.

La programación del trabajo es un plan de acción cuidadosamente preparado que ha considerado la disponibilidad de mano de obra, materiales, equipos y las prioridades relativas de los trabajos.

3.3.1 Principios de programación.

Los principios más importantes para una programación efectiva del mantenimiento son los siguientes:

- Los programas deberán estar basados en lo que sea más probable que suceda, no en lo que nos gustaría que sucediera.
- Debe esperarse una revisión del programa.
- El programa es un medio para lograr un fin, no un fin en sí mismo.

3.3.2 Programación realista.

El primer principio de una programación efectiva exige que las tolerancias se adapten a las condiciones existentes en la planta. Por ejemplo, si la experiencia sugiere que la norma de tiempo para trabajos de emergencia en el turno de inicio de los lunes es de 25%, entonces sólo deberá programarse el 75% del tiempo disponible. Si se falla al planear el tiempo esperado para trabajos de emergencia, invariablemente esto conducirá a fallas en la programación y a que los clientes no queden satisfechos.

Además, si estos errores de programación se repiten con frecuencia, harán que en el caso de una industria que maneja clientes, estos dejen un *colchón* en las fechas de programación, en el caso del plantel como la FES Acatlán estos errores se reflejarán en la situación de la programación presupuestal anual, que de no ejercerse de manera completa quedando un excedente por no ejecutar todos los trabajos programados, se deduce que puede repercutir en recortes presupuestales, todo lo contrario al efecto producido si se hubieran ejecutado todos los trabajos programados en tiempo y forma, dando como resultado un posible aumento presupuestal en la próxima asignación. Ésta es una situación donde se pueden corregir las posibles fallas con una programación realista.

3.3.3. Revisiones esperadas.

Debe existir flexibilidad en el sistema de tal forma que puedan enfrentarse las interrupciones de último minuto. Causas legítimas para la revisión de programas, son las emergencias que tienen una frecuencia más alta de lo planeado, como las piezas que no llegaron cuando se les esperaba, recortes en la mano de obra debido a incapacidades y trabajos que toman más tiempo del estimado.

3.3.4. Medios para un fin.

Es muy fácil que el entusiasmo del personal de mantenimiento les haga perder de vista el objetivo de un buen programa de trabajo, es decir, proporcionar al cliente un servicio con la mayor calidad al precio más bajo. El mejor método para asegurar que se cumpla este objetivo consiste en planear el tiempo para las emergencias esperadas y planear cierta flexibilidad en los programas.

3.4. Actividades de programación (administrativas y técnicas).

Existen cinco actividades administrativas y técnicas indispensables para poder controlar un sistema de mantenimiento, estas actividades a las que podemos llamar actividades de programación, las dividiremos como sigue:

3.4.1. Control de trabajo.

Comprende el análisis y la clasificación del trabajo.

El análisis del trabajo comprende cuatro fases:

- **Detección de la falla:** Hay un gran número de trabajos de mantenimiento que no requieren detección de fallas cuando los síntomas del mal funcionamiento o paro son evidentes. Y es muy común que los operadores del equipo o instalación expresen su diagnóstico cuando reportan una falla.
En el Japón se han implementado procedimientos de capacitación a los operadores con el propósito de que sean ellos mismos los que le proporcionen manteniendo a sus maquinarias².
En los casos en donde los equipos de mantenimiento intervienen de manera independiente a los operadores, estos recurren a los recursos siguientes para poder detectar una falla, información del operador, experiencia previa e inspección.
- **Planeación del trabajo:** Conocida la causa de la falla se procede a la planeación del trabajo y actividades para solucionar el problema decidiendo cual será el equipo y herramienta para hacerlo.
- **Estimación de la mano de obra:** Habiendo planeado el trabajo es necesario determinar la mano de obra, por especialidades y el tiempo de realización, haciéndolo de forma estimada, que es lo más usual o aplicando normas de tiempo y movimiento.
- **Estimación de los materiales:** Conociendo la causa de la falla y habiendo planeado el trabajo se pueden fácilmente estimar los materiales de consumo y piezas de repuesto necesarios para ejecutarlos. Hay ocasiones en las que el análisis del trabajo requiere la intervención de varias personas por lo complejo del mismo, en cambio hay trabajos como ya se ha dicho, que no requieren análisis absoluto.

El trabajo debe clasificarse desde el punto de vista de los cargos de la partida presupuestal correspondiente (Criterio económico) y desde el punto de vista del estado de avance en la tarea de mantenimiento (Criterios administrativos). Esto se tratará al hablar de las órdenes de trabajo.

² Manual del Ingeniero de Planta, Robert C. Rosales, Mac Graw Hill, Vol. I. p 1-26

3.4.2. Programación.

Consiste en fijar, fechas o tiempos de inicio y terminación de las actividades a realizarse, se puede pensar en dos tipos de actividades, la programación individual y la de conjunto de trabajo:

- **Programación individual de un trabajo:**

Para programar un trabajo es necesario conocer todas las actividades que lo conforman, establecer el método para realizar cada uno de los trabajos, determinar la mano de obra y secuencias de operación. Lo anterior queda dentro del campo de la ingeniería de métodos y técnicas de programación, temas muy amplios en sí mismos. Siendo la técnica más efectiva y flexible la programación de la ruta crítica.

- **Programación de un conjunto de trabajos:**

En la programación de un conjunto de trabajos de mantenimiento, podemos pensar en diferentes clases, a corto, mediano o largo plazo, estos términos son relativos y característicos de cada empresa, es decir que para unas empresas puede haber corto plazo y en otras no. No todas las empresas requieren programación en los tres casos pero posiblemente en casi todas requerirán trabajos a corto plazo. Para programar es necesario conocer la mano de obra, materiales y tiempo requerido para cada trabajo y esto se hace para fijar la fecha de inicio y terminación de las actividades, además de ajustarse para acomodar los trabajos de emergencia o sea aquellos que se originan durante la ejecución del programa y cuya prioridad altera el orden de los trabajos programados.

Los sistemas de programación pueden ser tan elementales o elaborados según el tamaño de la empresa, en la actualidad se puede hacer la programación diaria por medios automatizados, en donde se organizan las órdenes de trabajo si así se requiere, por trabajador, o por etapa en la que se encuentra por ejemplo, trabajo a ejecutar, ejecutándose y trabajo concluido.

Ya vimos en el (Análisis del trabajo) lo referente a la detección de fallas, planeación del trabajo, estimación de mano de obra y materiales.

Ahora veremos la prioridad de disponibilidad de materiales, mano de obra y equipo.

- **Prioridad:** Importancia relativa de los trabajos en su ejecución solicitados o requeridos. En organizaciones pequeñas es fácil dar o tomar la decisión para valorar que es prioritario y que no, con pláticas entre el encargado del mantenimiento y los usuarios. Al crecer la organización, es un buen método dar prioridad de forma estimativa.

- **Disponibilidad de la mano de obra:** Como norma, siempre la mano de obra se subordina a la prioridad del trabajo. Aun si el sistema de mantenimiento es bueno, las cargas de trabajo son irregulares y el personal de trabajo no se puede variar al ritmo de la carga que se requiere, se procede a realizar lo siguiente para salvar los eventos pico:
 - a) Tiempo extra para el personal de mantenimiento
 - b) Contratación temporal o por obra determinada de personal de mantenimiento.
 - c) Auxilio temporal entre departamentos con personal de la propia empresa.
 - d) Empleo de contratistas externos.

Para llenar los valles evitando así el tiempo muerto del personal de mantenimiento puede pensarse en adiestramiento o en trabajo de mantenimiento preventivo.

- **Disponibilidad de materiales:** Hay trabajos que para su ejecución necesitan solo de mano de obra, herramienta de uso normal y hay otros que requieren además materiales en existencia y a veces materiales que no hay en existencia. Para programar los dos tipos de materiales mencionados primeramente es suficiente determinar su prioridad. Pero para programar el último tipo de trabajo mencionado debe conocerse en forma razonablemente segura, la fecha en la que se dispondrá del material no existente. Es necesario en este tipo de trabajos hacer la requisición de los materiales que no hay en existencia desde el momento de estimar el material necesario. En algunas organizaciones el grupo de mantenimiento maneja sus propios abastecimientos y en otras éstas funciones las desempeña un grupo independiente de mantenimiento. En ambos casos es muy necesario tener un sistema que permita al grupo de mantenimiento seguir de cerca el seguimiento de la compra y adquisición del material.
- **Disponibilidad del equipo:** Existen trabajos de mantenimiento que requieren paro de equipos en instalaciones etc. Para que esto no afecte la producción o utilización de las instalaciones cuando esto suceda, serán los departamentos afectados los que deberán fijar las fechas de disponibilidad del equipo. Si el sistema de mantenimiento es preventivo las fechas para los trabajos estarán programadas, aun cuando pueda existir cierta resistencia a ejecutarlos por parte de los departamentos afectados, debido a la renuencia de no querer afectar su producción al momento del paro, es por ello que en un sistema de mantenimiento preventivo las periodicidades y la vida útil deben proporcionar cierta tolerancia, para que la programación sea elástica.

3.4.3. Control de mano de obra.

El control de la mano de obra consta del registro de la mano de obra y del ajuste de la mano de obra.

- **Registro de la mano de obra:** Consiste en anotar debidamente el tiempo productivo y tiempo muerto. El registro se hace normalmente mediante empleados para tomar el tiempo con reloj en mano. Existiendo dos sistemas de registro de tiempo.
 - **Por trabajador:** El tiempo se registra en una tarjeta o forma para cada trabajador. Forma que generalmente tiene espacio para registrar el tiempo extra, lo mismo que una indicación del trabajo al que debe cargarse.
 - **Por trabajo:** El tiempo se registra en una tarjeta o forma para cada trabajo, la forma tiene espacio para anotar los trabajadores que intervienen en tiempo normal y en tiempo extra en cada uno de ellos.
- **Ajuste de la mano de obra:** Una buena organización de mantenimiento debe conocer continuamente su carga de trabajo y poder hacer ajustes a la fuerza de trabajo para hacer frente a las irregularidades, que son normales de la carga de trabajo, ajustar la mano de obra puede consistir en la aplicación de:
 - Contratación temporal.
 - Contratación por obra determinada.
 - Redistribución del personal.
 - Aumento o reducción del personal de planta.
 - Autorización del tiempo extra.
 - Trabajo al exterior.

Un sistema muy usado para detectar cargas de trabajo y hacer ajustes necesarios es el control de los rezagos.

Para el control de rezagos se hace necesario que la estimación de mano de obra sea realista y hacer un análisis de todos los trabajos de mantenimiento (mano de obra necesaria) incluyendo los que se cargan a órdenes de trabajo permanentes y menores.

Llevar un registro diario de órdenes de trabajo en el que se anote todas las órdenes normales y cruzadas que se originan y se tachan a medida que se van ejecutando y entregando.

El control de rezagos consiste en determinar periódicamente el número de órdenes de trabajo pendientes por ejecutar el número de horas hombre por especialidades que representan las órdenes de trabajo pendientes y calcular el tiempo en el que se puedan efectuar con la fuerza del trabajo disponible; este último dato indica los grupos con mayor carga del trabajo, los que tienen carga normal y los que tienen poca carga.

Las órdenes de trabajo, se deberán elaborar con los siguientes datos:

- Número de orden de trabajo.
- Fecha de solicitud en el que el departamento afectado solicite la realización del trabajo de mantenimiento
- Trabajo solicitado brevemente descrito
- Fecha de materiales, fecha próxima de inicio de los trabajos debido a la entrega de los materiales.
- Fecha de paro, fecha en la que podrían realizarse los trabajos teniendo en cuenta la disponibilidad.
- Fecha programada, fecha más próxima en que deberá realizarse el trabajo teniendo en cuenta la disponibilidad de materiales, mano de obra y equipos.

3.4.4. Control de materiales.

Por ser esta función íntimamente relacionada con las actividades de mantenimiento pero no siempre dependiente de ese grupo y por la amplitud del tema se tratará de forma muy somera.

- **Introducción a la administración de inventarios.**

Un mal sistema de abastecimiento de materiales, puede hacer fracasar al mejor sistema de mantenimiento.

Para poder entender lo que significa un buen control de materiales, es necesario conocer tres frases de él.

- **Qué materiales deben tenerse en existencia:**

La determinación de lo que debe tenerse en existencia es un problema que debe ser resuelto totalmente por el grupo de mantenimiento.

- a) **Equipos y herramientas.**

Donde se agrupan las herramientas especiales instrumentos y equipos especiales.

b) Materiales de consumo.

Que pueden subdividirse en:

- Productos consumibles: Como, lubricantes, pintura, combustibles, detergentes, productos químicos para trabajos especiales, materiales de herrería, carpintería, etc.
- Productos manufacturados consumibles: tornillos, clavos, tuercas, rondanas, chavetas, tubería, conexiones, cable, conectores, materiales eléctricos, de plomería etc.

c) Piezas de repuesto.

Que se pueden subdividir en

- Consumibles: Son aquellas piezas de repuesto que al fallar se sustituyen por piezas nuevas, desechando las que han fallado.
- Reparables: Son aquellas piezas sustituibles por piezas reparables que se mandan previamente al taller.

Si dentro del grupo de mantenimiento se cuenta con personal técnico debidamente capacitado, la determinación de lo que debe tenerse en existencia es un trabajo más o menos laborioso pero no difícil.

○ **Qué cantidad debe tenerse en existencia.**

La determinación de cuánto debe tenerse en existencia de los diferentes materiales, es una labor conjunta del grupo de mantenimiento y el de abastecimiento.

▪ **Grupo de mantenimiento.**

Este grupo debe proporcionar al grupo de abastecimiento el consumo de materiales ya sea estimado o calculado, válidos para una utilización del equipo, instalaciones, etc. Debe tenerse en cuenta que algunos consumos son independientes de la utilización del equipo y pueden depender del número de operaciones especiales o del tiempo de calendario como se dijo al tratar las periodicidades, frecuencias y vidas útiles.

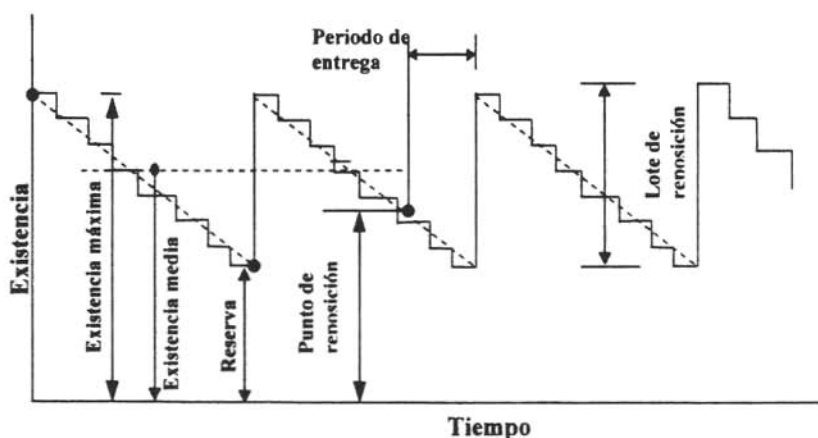
La determinación de los consumos es un punto muy delicado y de su mayor o menor exactitud depende en gran parte el buen o mal funcionamiento del sistema de abastecimiento.

▪ **Grupo de abastecimiento.**

El grupo de abastecimiento deberá hacer el estudio de costos detallado según sea la importancia de cada material.

En este caso se deberá obtener en base a un estudio detallado los siguientes puntos: la existencia media (promedio), el punto de reposición (tiempo en el que hay que abastecer el material requerido), el lote de reposición (la entrada del material solicitado en tiempo en el almacén), la reserva (stock de materiales a un nivel mínimo inferior a los requeridos).

Aunque como es razonable pensar, no todos los materiales requieren un estudio económico completo con objeto de determinar las existencias, habrá casos en que sea verdaderamente necesario ese estudio por lo que se muestra en la siguiente gráfica No 3.2., las generalidades de las variaciones de la existencia contra el tiempo.



Gráfica No 3.2. Variación de existencias con el tiempo.

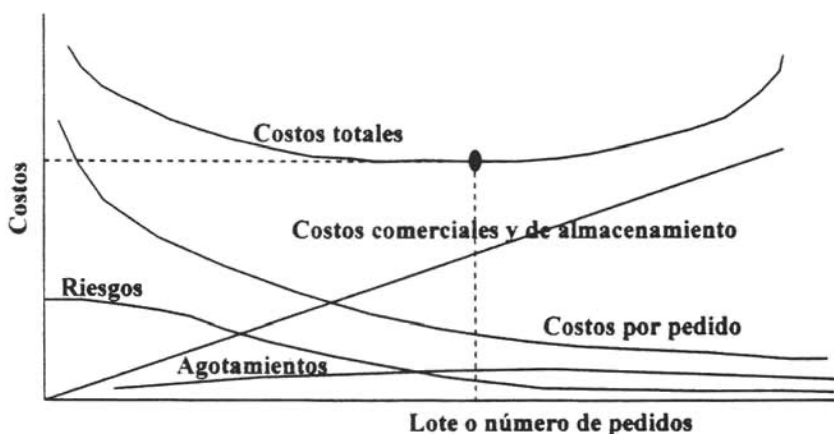
Un estudio económico completo implica la determinación de los siguientes costos:

- Costo de tener un inventario, formado por: costos comerciales, costos de almacenamiento y costos de riesgo.
- Costo de adquirir el inventario que está constituido por: los costos de emitir, transmitir y recibir los pedidos.
- Costos de no tener inventario formado por los gastos y pérdidas por agotamiento.

El primer punto puede determinarse con facilidad y precisión salvo los de riesgos que son generalmente de poca importancia relativa; los costos comerciales y los de almacenamiento son directamente proporcionales al costo del inventario. Los segundos son muy fáciles de determinar con precisión.

Finalmente los terceros son muy difíciles de determinar, pero afortunadamente son de bajo costo por lo que una estimación cuidadosa es suficiente.

Todos los costos pueden expresarse en función del número anual de pedidos, representarse gráficamente y determinar el número óptimo de pedidos por año y esto lo podemos observar en la gráfica siguiente No.3.3.



Gráfica No. 3.3. Representación de un estudio económico para determinar el lote económico de reposición.

○ **Control de existencias.**

Habiendo determinado la existencia media, el punto de reposición, el lote de reposición y la reserva, lo siguiente es realizarlo, y esto es función del grupo de abastecimiento.

El grupo de mantenimiento deberá indicar claramente el trabajo para el que se empleará, en el caso de que se soliciten materiales haciendo la devolución del sobrante se dará al almacén, para su descargo.

Puntos básicos para el buen control de existencias:

- Agrupación y codificación de cada uno de los materiales en existencia
- Métodos eficientes de localización en almacén.
- Vale o salida de almacén que permita surtir y cargar el material en forma eficiente.
- Método que permita la devolución y descarga de materiales sobrantes o no utilizados.
- Método que permita al personal de mantenimiento seguir de cerca la evolución de un pedido de materiales para un trabajo (material no existente) desde la requisición hasta que se encuentre disponible.
- Método eficiente para conocer en cualquier momento las existencias técnicas y físicas en el almacén.

Lo anterior es posible para el caso en que el departamento de mantenimiento sea el encargado de sus abastecimientos o que sea otro grupo el que se encargue.

El que el grupo de mantenimiento maneje o no sus materiales, dependerá de la magnitud de la organización de mantenimiento, el tipo de la empresa y sus políticas internas.

3.4.5. Control de equipo.

Técnicamente se le ha llamado control del equipo por sencillez, al proceso de registro de los trabajos de mantenimiento en la industria, pero realmente debe ser "Control", de todo lo que está sujeto al mantenimiento, siempre y cuando sea costeable establecer dicho control. El control del equipo consiste en llevar a cabo una historia cronológica de todos los trabajos de mantenimiento realizados en el mismo, pormenorizando hasta donde sea posible los detalles de las fallas, en los reportes de servicios, ejecución, mano de obra y materiales utilizados; estos dos últimos expresados en costos.

Con esto se persiguen dos objetivos:

- **Objetivo técnico:** Esto obedece a la elaboración de un registro de todos los trabajos de mantenimiento realizados, el cual facilitará la localización de los puntos débiles del equipo o sea aquellos que mayor número de fallas presentan y que posiblemente ameriten un estudio de ingeniería para alterar el diseño, también da idea de la calidad de la mano de obra y de los materiales usados.

- **Objetivos económicos:** Los datos de costo de mano de obra y costo de materiales, comparados en alguna forma con el costo de la adquisición y de instalación, son muy importantes para evaluar al sistema de mantenimiento empleado y son indispensables si se realizan estudios económicos de reposición, estancia y rentabilidad.

El registro para control del equipo debe llevarse en formas bien diseñadas para contener los datos y características importantes del equipo, tales como número de partes de series, descripción, fabricantes o manufacturero, costo de adquisición, costo de la instalación, etc. Datos semejantes de algunos de sus componentes importantes, además del espacio necesario para llevar la historia de los diferentes trabajos que se van efectuando. Algunos tipos de equipos requieren el empleo de un cuaderno o libro de registro (llamado bitácora) donde se anotan los tiempos de operación, las fallas o anomalías durante la operación y los trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo.

3.4.6. Orden de trabajo.

Diseñada para controlar cualquier tipo de trabajo de mantenimiento, se sabe que todo trabajo debe estar amparado por una orden. Es importante no realizar las órdenes verbalmente, salvo una emergencia y siempre que se regularice la situación tan pronto como sea posible. De tal forma de cubrir el requisito de que exista una orden de trabajo, debido a razones obvias.

- **Datos de la orden de trabajo.**

Independientemente de la presentación y forma de la orden de trabajo, ésta siempre debe contener la siguiente información:

- **Identificación.**

Número y clase de orden de trabajo, equipo, instalación, etc. a la que se aplica, trabajo referido o falla, fecha en el que se solicita y fecha programada.

- **Varios.**

Órgano solicitante, quien autoriza, que prioridad tiene este trabajo.

- **De aceptación.**

Fecha de terminación de los trabajos o de aceptación, firmas de aceptación.

- **Análisis.**

Planeación del trabajo, estimación de la mano de obra, estimación de materiales.

- **Ejecución.**

Elaboración de reportes de, mano de obra empleada así como de los materiales que fueron utilizados.

Cuando el orden de trabajo no contiene estos últimos tipos de datos, deberá haber una forma adicional en que se anoten; siendo esto conveniente en los trabajos grandes. Puede registrarse simplemente el costo total de la mano de obra y el costo total de los materiales empleados o puede hacerse con cierto detalle, todo depende de las necesidades del caso en particular.

No todos los trabajos ameritan un análisis, ni reporte, ni orden de ejecución, pero se recomienda hacerlo en los trabajos importantes; es interesante y muy útil tener el análisis que es un pronóstico del trabajo, la mano de obra y los materiales junto con los datos de ejecución o sea lo que realmente se hizo, la mano de obra y los materiales empleados.

- **Clasificación de órdenes de trabajo.**

Por el trabajo que amparan, las órdenes de trabajo pueden clasificarse en 4 tipos:

- **Órdenes de trabajo normales:** Ampara un trabajo que ejecuta un grupo de trabajadores que dependen de un supervisor, jefe de grupo o jefe de taller generalmente son trabajos importantes que requieren datos y análisis de ejecución.
- **Órdenes de trabajo cruzada:** Ampara trabajos que requieren ser ejecutados por varios tipos de grupos de trabajo y cada uno de los grupos cuenta con un supervisor o jefe de grupo. En estos casos se acostumbra responsabilizar del trabajo al grupo que tenga la intervención más importante cuyo jefe requerirá la intervención de los otros grupos. Este tipo de órdenes de trabajo ampara trabajos que ameritan análisis y datos de ejecución.
- **Órdenes de trabajo permanente:** Es una orden de trabajo que se emite periódicamente para amparar los trabajos repetitivos y periódicos tales como los del mantenimiento rutinario (sistemas de mantenimiento correctivo y los del sistema de mantenimiento preventivo).
- **Órdenes de trabajos menores:** Es una orden de trabajo que ampara los trabajos menores no repetitivos ni periódicos cuyo costo es poco importante y no amerita el gasto que implica su control mediante una orden de trabajo normal o cruzada, se abren y se cierran periódicamente.
- **Órdenes de tiempo muerto:** Algunas empresas acostumbran abrir y cerrar periódicamente órdenes de trabajo que cubre el tiempo muerto del personal de mantenimiento.

El formato y presentación de las órdenes de trabajos permanentes menores y de tiempo muerto, difieren totalmente de las órdenes de trabajo normales y cruzadas.

Además solamente necesitan ciertos datos de identificación, varios de aceptación pero deben contener mano de obra y materiales (salvo la orden de trabajo de tiempo muerto que solo tendrá mano de obra).

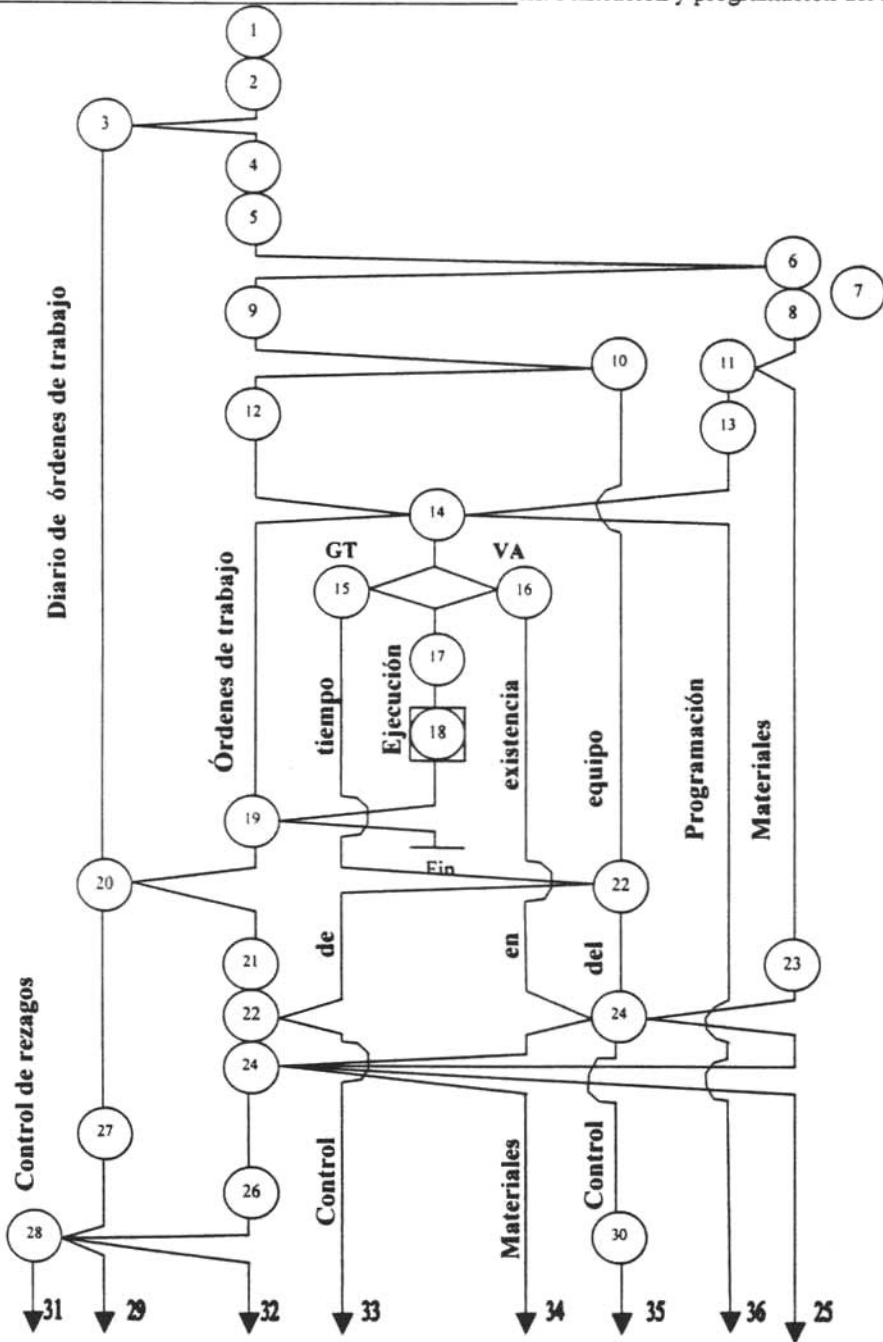
Anteriormente al hablar del sistema de mantenimiento correctivo y preventivo se dijo que desde el punto de vista de cargos, los trabajos de mantenimiento pueden agruparse en mantenimiento directo, indirecto, general y servicio a las operaciones y la orden de trabajo deberá consignarlo claramente en sus datos de identificación (clase de la orden de trabajo), los trabajos de mantenimiento deben clasificarse por su estado de avance; esto puede hacerse para el caso de los trabajos amparados por las órdenes de trabajo normales y las cruzadas separándolas de la siguiente forma:

- **Abiertas emitidas:** Estas son las órdenes de trabajo no analizadas todavía.
 - **Analizadas:** Son las órdenes de trabajo abiertas y que tienen ya planeación del trabajo y estimación de la mano de obra y materiales.
 - **En espera de materiales:** Estas órdenes de trabajos son las que no pueden realizarse por falta de materiales.
 - **En espera de paro:** Son las órdenes de trabajo abiertas y analizadas cuya ejecución no puede efectuarse hasta que el equipo, instalación, etc., esté disponible.
 - **Rezagadas:** Son las órdenes de trabajo abiertas, analizadas, y en proceso de ejecución cuya terminación se ha retrasado apreciablemente con respecto a la fecha programada y las que se han programado todavía.
 - **Por inspeccionar:** Aquí se incluyen las órdenes de trabajo ya ejecutadas pero no entregadas, por falta de la inspección de mantenimiento o la aceptación del solicitante.
-
- **Funcionamiento de controles.**

Con el objeto de aclarar el funcionamiento de los controles en la siguiente gráfica No. 3.4., que se encuentra en la página 51 se muestra un ejemplo de diagrama que sigue el proceso de las ordenes de trabajo; el diario de órdenes de trabajo, el control de rezagos, control de equipos, los vales de almacén, las requisiciones de materiales y la programación, el diagrama muestra, el uso de todos los controles, se sobre entiende que algunos trabajos no requieran ciertas operaciones como requisición de materiales control del equipo, vales de almacén, etc.

- Descripción del proceso.
El proceso de programación (ejemplo) calendarizada y elaboración de los trabajos es el siguiente:

- 1) Apertura y clasificación de la orden de trabajo
- 2) Se asigna número a la O.T.
- 3) Se registra en el diario de O.T.
- 4) Se analiza el trabajo.
- 5) Se asigna prioridad.
- 6) Se solicitan los materiales.
- 7) Se hace el pedido de los materiales especiales.
- 8) Se anota la fecha probable en que se dispondrá de los materiales especiales.
- 9) Se clasifica la O.T
- 10) Se hace la anotación en el registro del equipo.
- 11) Se programa
- 12) La O.T. permanece en espera de ejecución.
- 13) Se incluyen los trabajos de emergencia en el programa.
- 14) Se inicia la ejecución.
- 15) Se inicia el control del tiempo
- 16) Se solicitan los materiales de existencia.
- 17) Se supervisa el trabajo.
- 18) Se inspecciona y se entrega.
- 19) Se recaba la firma de aceptación.
- 20) Se anota en el diario que la orden está terminada.
- 21) Se informa al departamento afectado de la terminación de la O.T.
- 22) Se registra la M.O. empleada.
- 23) Se recaban precios de materiales especiales.
- 24) Se registran materiales de existencia y especiales.
- 25) Se archivan las requisiciones.
- 26) Se archivan temporalmente la O.T.
- 27) Se revisa el diario de O.T.
- 28) Se archiva el diario de O.T.
- 30) Se hace la evaluación del sistema (periódicamente)
- 29-31 al 36) Se realiza el archivo de la documentación correspondiente.



Grafica No. 3.4 Funcionamiento de los controles de mantenimiento.

3.5. Herramientas de programación.

La persona responsable de la planeación del mantenimiento debe tener a su alcance varios elementos antes de iniciar el programa de trabajo: la orden de trabajo, el plan de trabajo (para un trabajo correctivo mayor), la acumulación de órdenes de trabajo pendientes, el reporte de disponibilidad de mano de obra y de materiales, el programa maestro de mantenimiento preventivo y el programa de producción. En una organización que utilice el sistema computarizado de administración del mantenimiento (CMMS), la mayoría de estos aspectos se tienen almacenados en una computadora. Además el programador debe conocer los índices históricos de las órdenes de trabajo terminadas, por día, turno y departamento.

Programa maestro de mantenimiento preventivo (PM).

La persona a cargo de la programación emplea el programa maestro de mantenimiento preventivo para colocar todas las órdenes de trabajo en el programa de trabajo. Por lo general, las organizaciones que usan el sistema computarizado de administración del mantenimiento (CMMS) tienen el programa maestro en una computadora, de esta forma, las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo se identifican de manera automática.

Programa de producción.

El programador del mantenimiento deberá tener a su disposición una copia del programa de producción de la planta. Esto le permitirá tomar ventaja de las oportunidades para trabajar en un equipo cuando haya días o turnos libres, y también reducirá las modificaciones en el programa de mantenimiento.

Índices históricos de terminaciones.

El programador debe preparar un programa realista de trabajo para garantizar el éxito del procedimiento de programación a largo plazo. Para lograrlo, deberá conocer lo que podría esperarse durante un trabajo urgente no planeado o de otras interrupciones. Por lo general, esto será diferente dependiendo del departamento, turno y día de la semana. Por ejemplo, al inicio del turno de los lunes puede presentarse un alto número de solicitudes de urgencia y en los turnos de fin de semana las solicitudes urgentes podrían ser pocas. Por lo tanto, el programa deberá prepararse de acuerdo con esta situación.

Procedimiento de programación.

La programación del mantenimiento es un procedimiento que se debe llevar a cabo de manera cotidiana ya sea de forma diaria, semanal, mensual etc. Si se hace de manera diaria, durante cada día de la semana, se deberá elaborar un programa para el día siguiente. Si se elige hacer de manera semanal se hará iniciando y terminando cada semana, se debe elaborar el programa que se llevará a cabo la siguiente semana, iniciándose las actividades, cada lunes. El programa para el fin de semana se debe preparar los jueves y viernes precedentes.

Para elaborar el programa semanal, el programador empieza con los trabajos que tengan la prioridad más alta en la enumeración de pendientes; el trabajo correctivo mayor disponible, significa un trabajo que se ha estimado por completo y para el cual se ha elaborado un plan. Las órdenes de trabajo se toman de la enumeración de pendientes y se agregan al programa hasta que se utilice todo el tiempo disponible. Si la prioridad de las órdenes de trabajo así lo exigen, deberá solicitarse tiempo extra para cumplir con el programa.

Los programas diarios difieren de los semanales sólo en que aquéllos que se modifican para satisfacer nuevos requisitos que se desconocían cuando se elaboró el programa semanal. Por lo general esto se debe a que se identificó un nuevo trabajo con una prioridad mayor a la programada originalmente o ha variaciones entre los estimados y las necesidades reales del trabajo y por último a cambios en el programa de producción. Sin importar la razón, estos aspectos deben acomodarse por medio de un programa flexible de trabajo de mantenimiento.

Como ya se ha venido mencionando en párrafos anteriores, en esta tesis se hablará de la ayuda que proporcionan los sistemas automatizados, que en la actualidad son de gran ayuda para las empresas que cuentan con una gran variedad de información de equipos y personal de mantenimiento y que puede auxiliar en la organización de información que en muchas ocasiones es de gran tamaño.

En este caso hablaremos de un software llamado MMS versión 3.12 (Maintenance Manager Software) este software es desarrollado en los Estados Unidos de Norte América, por la compañía AM Products Inc. y forma parte de los productos que se desarrollan en países como España, Francia y EU entre otros, como es de esperarse este programa nace de una necesidad básica, de una empresa, en su órgano operativo de mantenimiento, de obtener un orden y control con base en una base de datos, valga la redundancia, de el área de mantenimiento, recopilando datos y poniéndola a disposición de las áreas encargadas de organizar y ejecutar trabajos de mantenimiento, desde la maquinaria en una línea de producción hasta los equipos que conforman las instalaciones de la FES Acatlán.

El programa MMS es un programa de controles de menú, en la siguiente figura No. 3.1., se aprecia la ventana de los controles del menú principal, este menú despliega una lista de opciones en cada uno de los controles, y para procesar de una área a otra debe hacerse una selección del menú requerido, la selección incluye archivos, captura de datos, procesamiento de datos, disposición de ventanas, hacer formatos de reportes, etc. y esto se logra con los controladores como el ratón o el teclado.



Figura No. 3.1. Menú de opciones principal.

De esta manera se puede ver que el programa para mantenimiento preventivo con todos los campos y descripciones, módulos administrativos y técnicos incluye: una cuenta, centro de costos, ubicación, órdenes de servicio, reparación, etc.

Es un programa accesible ya que trabaja en un ambiente windows que lo hace más fácil de manejar y en este programa se pueden hacer procedimientos de mantenimiento preventivos por equipo, por hora, día, mes, kilómetros, se hacen inventarios órdenes de compra, reportes históricos, detalles con fotos de equipos y más.

En la siguiente figura No. 3.2. se ve la ventana, en donde se captura la información de la empresa que usará el programa, también la que aparecerá en los embarques de materiales, las facturas de la compañía y las órdenes de compra de los materiales, esta es la información que deberá introducirse para que aparezca en los reportes y fichas de información.

Figura No. 3.2. Ventana para capturar datos de la empresa.

En la figura No. 3.3., se muestra la ventana en donde se podrá actualizar la información de sus equipos, generar órdenes de trabajo, operar el inventario, emitir órdenes de compra. Este es el modulo principal y es de lo mas flexible para que el usuario pueda agregar, cambiar y manipular la información.

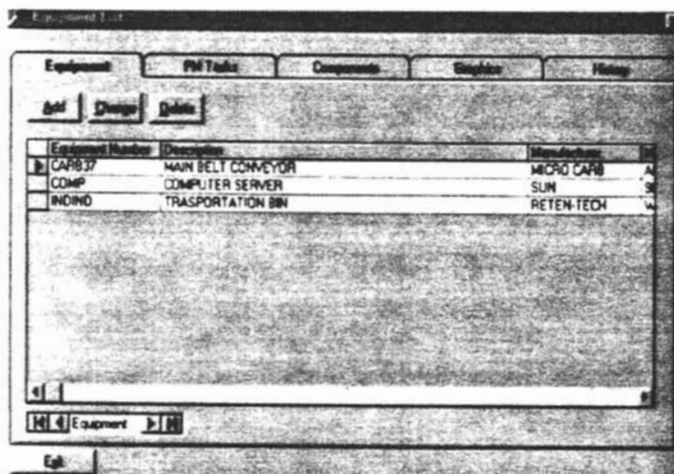


Figura No. 3.3. Ventana para ingresar datos de equipos e instalaciones.

En la siguiente figura No. 3.4., se muestra la ventana en donde se podrán agregar gráficos e imágenes que pueden ser en formato BMP que son accesibles para ingresar a una base de dato. Cualquier procedimiento de scanner, cámara digital, etc. Solo con seleccionar la sección de gráficos seleccione agregar con el botón del ratón, escoja el archivo donde almaceno su gráfico figura No. 3.5., al hacer clic quedará en la base de datos automáticamente.

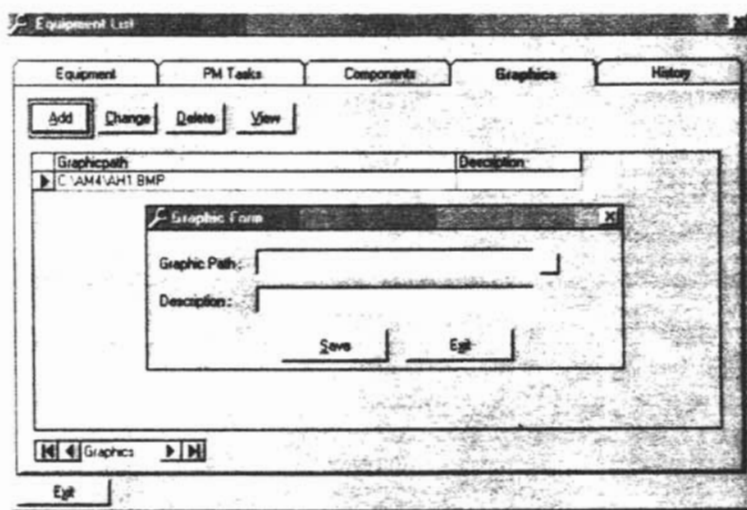


Figura No. 3.4. Ventana para agregar gráficos de las instalaciones.

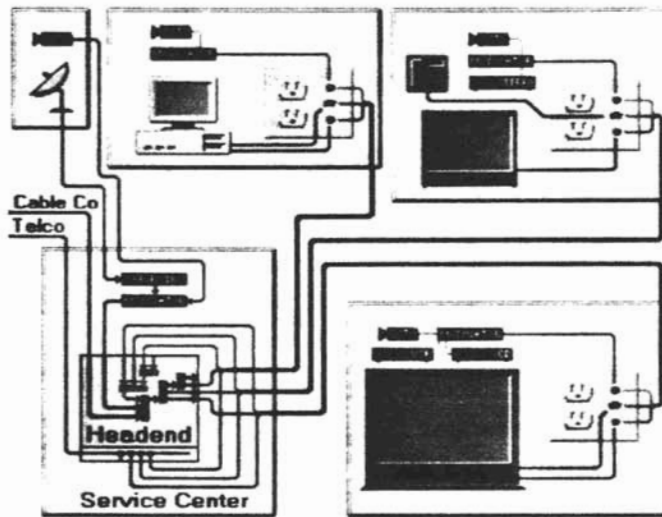


Figura No. 3.5. Grafica de muestra.

En el ejemplo anterior, se muestra el tipo de imagen que se puede insertar en la base de datos de cualquier archivo creado con el programa MMS.

En la siguiente figura No. 3.6, se muestra la ventana en donde se pueden crear las órdenes de servicio para mantenimiento o reparaciones, permitiendo actualizar la información sobre los equipos, de manera detallada.

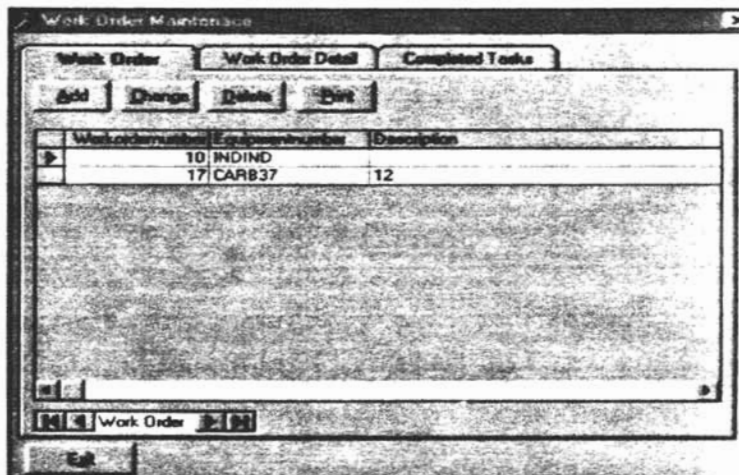


Figura No. 3.6. Ventana para crear ordenes de servicio.

Una vez completadas las labores de trabajo en las órdenes de servicio, emitidas y registradas, se registra esta actividad. En la siguiente figura No. 3.7., se muestra una ventana, para indicar la fecha de terminación para su actualización. Esto permite actualizar el archivo histórico de su equipo.

Figura No. 3.7. Ventana para actualizar datos históricos de la base de datos.

Una parte fundamental para que el programa brinde la mejor información, es la de inventarios, que forma parte de la base de datos del programa MMS. como sabemos todo inventario contiene la información necesaria para que se conozcan las características de cualquier equipo o material. En el programa MMS, el módulo normalizado de inventario permite agregar, cambiar o eliminar datos en la ventana de inventarios, cualquier operación que se realiza queda registrada en el archivo histórico de la fuente, en la siguiente figura No. 3.8., se ve la ventana en donde se muestran las características de este módulo.

Part Number	Description	Location
BABC	ROLLER BEARING	10
BAZS	MICROPROS CARDS	1
BT23	FUEL CAPS	20
BC74	SEAL GASKET	0

Figura No. 3.8. Ventana para cambiar datos de inventarios.

Como parte complementaria de este módulo se tiene una figura No. 3.9., en donde se ve una ventana que sirve para capturar todos los movimientos de salidas y entradas de materiales y herramientas que pudieran utilizarse en un trabajo de mantenimiento gradados en una de la base de datos del inventario, con esto se puede dar un seguimiento más exacto de todos los movimiento que se realizan de manera diaria con todos los elementos que intervienen, para realizar un trabajo.

The image shows a screenshot of a software application window titled "FES FES - Inventario - Inventario.org". The window contains a form with several input fields and buttons. The fields are: "Part number" (empty), "Activity" (containing "ISSUE"), "Date" (containing "/ /"), "Quantity" (empty), "Employee" (empty), "W/Number" (containing "0"), and "Equipment number" (empty). There are small square buttons next to the "Part number" and "Equipment number" fields. At the bottom of the window, there are two buttons labeled "Save" and "Exit".

Figura No. 3.9. Ventana para modificar los datos de entradas y salidas de materiales, o herramientas en el almacén.

Por último hablaremos de los módulos de las órdenes de compras, aun cuando en la lista de las funciones que desempeña el Departamento de Obra Electromecánica en la FES Acatlán, como se puede ver en el primer capítulo, no se contemplan las funciones de adquisición y compra de artículos o refacciones para los trabajos a ejecutar, si se señala el apoyo a esas actividades, en algunos casos se da la necesidad de realizar estas actividades de manera indirecta, debido a que la capacidad del departamento asignado a dichas funciones, que en algunos casos está limitado ya sea por capacidad operativa o de conocimiento técnico, para poder concretar la compra de algunas refacciones, o equipos. Debido a lo anterior podemos sugerir la aplicación de esta nueva tecnología, que nos brindará un apoyo directo al departamento, en los trabajos donde se tenga la responsabilidad de comprar materiales necesarios y asignados al departamento.

(En el caso de las órdenes de compra en donde intervenga el departamento de adquisiciones directamente, el programa no manejará mas información que las fechas de entrega de las órdenes de compra, y la fecha de entrega y recepción, que maneja de manera interna el departamento antes mencionado).

En las siguientes figuras No. 3.10. y 3.11., se muestran los módulos de administración para actualizar los costos y el inventario, que podrán imprimirse, una vez que se llene el formato. Agregado al sistema, deberá ir la sección de reportes para imprimirse (Purchase Order).

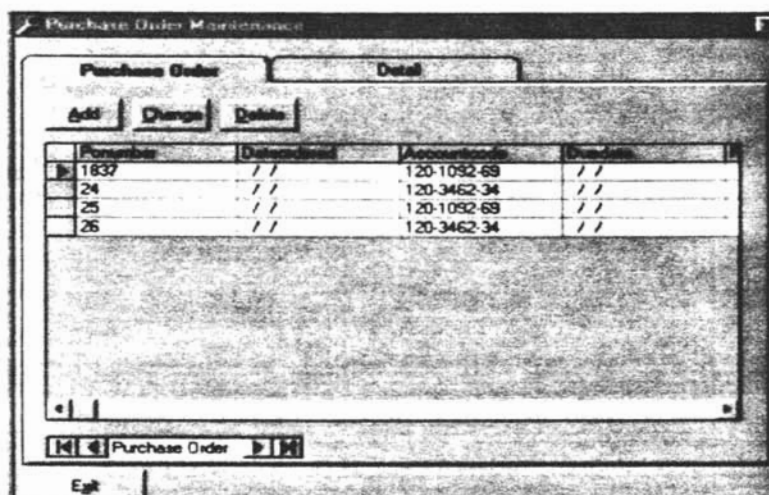


Figura No. 3.10. Ventana para actualización de costos.

Modulo para recibir la mercancía o partes de ellas desde la orden de compra, actualizada de manera automática al archivo de inventario, equipos y centro de costos.

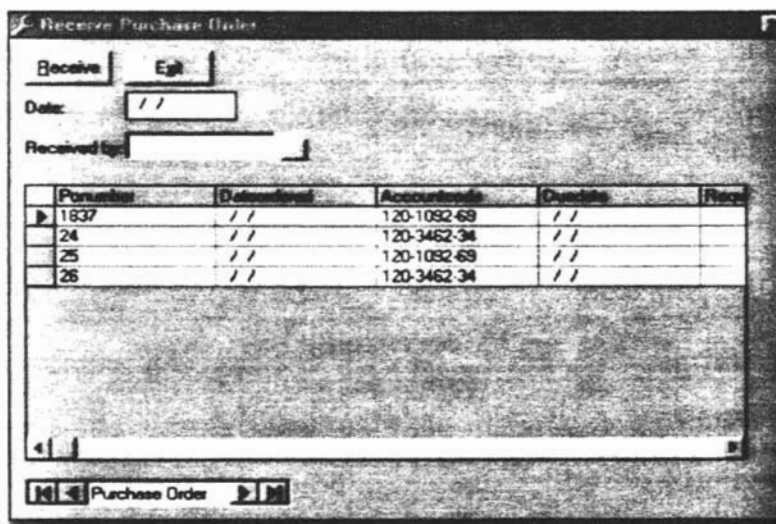


Figura No. 3.11. Ventana para marcar mercancía recibida de órdenes de compras.

CAPÍTULO CUARTO

IV. INSTALACIONES DEL PLANTEL.

Objetivo: En este capítulo se trata de mostrar de manera concisa las características generales de la infraestructura con la que se cuenta en la FES Acatlán, con la finalidad de saber cuales son los alcances técnico-administrativos que debe tener el Departamento de Obra Electromecánica y así poder realizar un programa de mantenimiento apegado a la realidad.

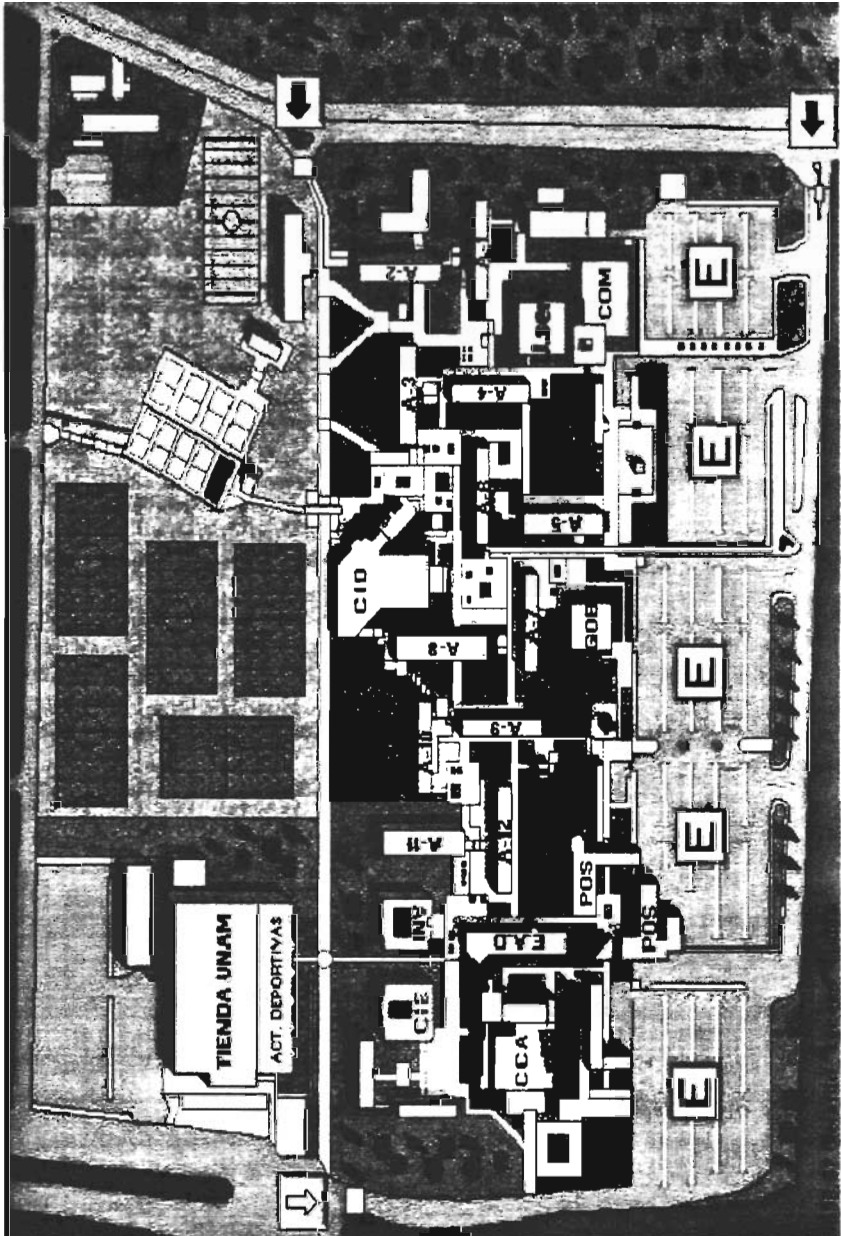
4.1. *Planta Física.*

Construida, en la zona noroeste del área metropolitana del DF., la FES Acatlán, está enclavada en el municipio de Naucalpan, Estado de México, cuenta con un terreno de 300,000. m², en donde se han edificado, 36 edificios, entre aulas, laboratorios, talleres, auditorios, un teatro, centro y salas de cómputo, gimnasios y todos ellos dependientes de servicios que proporcionan los cuartos de máquinas, tales como, luz eléctrica, agua, vapor, energía eléctrica ininterrumpida, etc. para brindar un espacio físico funcional.

Descripción general de la planta física:

➤ Superficie del terreno.	308,531.40	m ² .
➤ Superficie total ocupada.	42,054.26	m ² .
➤ Superficie total construida.	76,247.14	m ² .
➤ Total de edificios.	36	
➤ Población aproximada. (Alumnos, Académicos y personal administrativo).	18,000	personas.

Podemos observar en el plano No.4.1., la planta de conjunto de todo el plantel, en donde se marca la ubicación de toda infraestructura existente.



Plano No 4.1. Plano de planta de conjunto FES Acatlán.

En la siguiente tabla 4.1., se muestran descritos todos y cada uno de los edificios construidos dentro del plantel de la FES Acatlán, con la finalidad de brindar una idea clara de, qué tan grande es el plantel y como se distribuye en la superficie del terreno.

TIPOLOGÍA	SUP. OCUPADA m²	SUP. CONSTRUIDA m²	No. DE NIVELES
A-1	804.06	2,412.18	3
A-2	718.80	2,174.94	3
A-3	718.80	2,174.94	3
A-4	718.80	2,174.94	3
A-5	718.80	2,174.94	3
A-6	718.80	2,174.94	3
A-7	771.62	2,414.88	3
A-8 Y BODEGAS DE LIBRERÍA	862.14	2,486.88	3
A-9	716.80	2,174.94	3
A-10	716.80	2,174.94	3
A-11	716.80	2,174.94	3
A-12	788.48	2,414.88	3
A-13	462.00	1,404.48	3
A-14	462.00	1,404.48	3
GOBIERNO	906.26	1,764.00	2
INVESTIGACIÓN	1,087.24	1,864.50	2
POSGRADO (AULAS, TALLERES Y ADMINISTRATIVO)	2,360.80	3,688.18	2
APOYO A LA DOCENCIA	1,053.97	1,993.32	2
ALMACENES E INVENTARIOS	392.70	392.70	1
AEROGRAFÍA	120.00	120.00	1
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN	3,319.00	4,587.36	2
UNIDAD DE SEMINARIOS	1,215.00	1,881.00	2
CENTRO DE CÓMPUTO	1,964.53	2,511.44	2
UNIDAD DE TALLERES Y LABORATORIOS	900.64	994.40	2
CENTRO DE IDIOMAS EXTRANJEROS	2,001.23	2,802.04	3

MEDIATECA	643.00	643.00	1
CENTRO CULTURAL	3,451.55	5,713.84	3
UNIDAD DE SERVICIOS Y APOYO A LA COMUNIDAD	226.86	621.00	2
SERVICIOS GENERALES	626.98	626.98	1
SERVICIOS EDITORIALES	90.00	90.00	1
SERVICIO MEDICO	143.00	143.00	1
GIMNASIO	233.75	356.00	2
BAÑOS Y VESTIDORES	1,078.08	1,078.08	1
TALLERES DE COMUNICACIÓN Y DISEÑO	1,139.64	2,279.28	2
ACTIVIDADES DEPORTIVAS Y RECREATIVAS	6,565.00	7,333.00	2
COMEDOR	430.45	430.45	1
NUCLEOS SANITARIOS	523.28	1,569.84	3
CUBOS DE ESCALERAS	124.08	372.24	3
PASILLOS DEL EDIFICIO A-13 Y A-14	614.57	1,502.24	3
PUENTE ESCULTURA	119.09	119.09	1
PASO A CUBIERTO A ESTACIONAMIENTO	973.00	973.00	1
PASO A CUBIERTO AL EDIFICIO A-2	326.40	326.40	1
CASETA DE VIGILANCIA	32.46	32.46	1
KIOSCOS	140.00	144.00	1
TOTALES	42,697.26	76,890.14	

Tabla 4.1. Superficies ocupadas y construidas con edificios.

NÚMERO DE EDIFICIOS 36. ¹

¹ N. de A.: No se consideran para la cuantificación, los núcleos sanitarios y de escaleras, pasillos, puente, pasos a cubierto, casetas de vigilancia, kioscos y comedor.

Para poder, darle la importancia que se merece a la información sobre la cantidad de edificios y las cantidades de sus dimensiones proporcionadas en metros cuadrados de construcción y metros cuadrados ocupados como lo presentamos en este capítulo, tenemos que recordar que muchas de las normas aplicadas en instalaciones para uso de tipo administrativo y/o académico, en donde se tiene la necesidad de concentrar grandes cantidades de personas, tales como gimnasios, teatros, salas de computo, laboratorios, entre muchos otros, especifican claramente cuales deben ser los lineamientos, normas y estándares que se deben de seguir en los niveles de calidad para poder cumplir con el funcionamiento adecuado de dichas instalaciones. Esto nos obligan a tener presente que los datos informativos que se presentan en este capítulo sean de gran ayuda al momento de proyectar una instalación, llevar a cabo trabajos de mantenimiento adecuados y de calidad que exige una instalación como la que existe en el plantel de la FES Acatlán.

A continuación se muestra la tabla No. 4.2., en donde se hace la descripción de los espacios que son utilizados denominados como áreas geográficas.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Superficie total del terreno.	308,531.40	m ²
Superficie total ocupada.	42,054.25	m ²
Superficie total construida.	76,247.14	m ²
Área académica.	199,831.40	m ²
Área deportiva.	108,700.00	m ²
Áreas verdes.	85,595.45	m ²
Áreas de estacionamiento.	61,856.44	m ²
Áreas de estacionamiento de servicio.	2,313.50	m ²
Número de aulas.	259	Aulas.
Número de postes de alumbrado.	64	Piezas.
Número de auditorios que suman una capacidad de 1264 personas en total.	4	Área.
Número de unidades sanitarias.	48	U.
Número total de alumnos.	13,711	Personas.
Número total de trabajadores.	1,500	Personas.
Número total de personal de confianza.	639	Personas.
Número total de personal académico.	530	Personas.
Número total de personal por honorarios.	93	Personas.

Tabla No. 4.2. Descripción de espacios en áreas geográficas.

Es muy importante tener presente que esta información, es muy útil al momento de tener que calcular las capacidades de los equipos, ya que como se puede ver, existen una relación, directamente proporcional de las instalaciones, conocer sus dimensiones, cantidades, capacidades, y características de uso, nos permite poder valorar con mejor detalle los datos técnicos preliminares necesarios que se tienen que elaborar, de otra forma sería imposible poder calcular o al menos estimar cuales serían las características técnicas de los equipos que deben operar en la FES Acatlán, y que por su naturaleza, tienen que dimensionarse o adecuarse a las necesidades reales y actuales de la propia infraestructura.

Hacer todo lo anterior nos brindará el beneficio de contar con instalaciones, dignas y adecuadas, para cumplir con los preceptos sustantivos que dirigen la naturaleza misma de la FES Acatlán y de la UNAM.

CAPÍTULO QUINTO

V. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES.

Objetivo: Para poder llevar a cabo un planteamiento veraz y adecuado a la naturaleza propia de las instalaciones del área electromecánica de la FES Acatlán, es muy importante conocer las características de las mismas instalaciones. Es por ello que hemos dividido en cuatro grandes áreas, eléctrica, hidráulica, mecánica y aire acondicionado a las instalaciones en uso. En este capítulo describiremos de manera detallada, cada una de éstas, mencionando las características técnicas más importantes como la descripción de la terminología usada, clasificación y ubicación de los equipos, planos y diagramas y la descripción de los trabajos de mantenimiento que normalmente se realizan en ellas. Todo esto con la finalidad de ampliar el panorama y dar un adecuado alcance a los criterios usados, para poder elaborar un programa de mantenimiento que brinde los resultados esperados.

5.1. Instalaciones eléctricas.

Una de las principales áreas con la que debe contar toda infraestructura industrial, comercial o de educación como es el caso de esta tesis, es la eléctrica, misma que se define de manera muy resumida con algunas acepciones básicas físicas como la Ley de Ohm:

Corriente	= Voltaje / Resistencia	(Amperes)
Voltaje	= Corriente * Resistencia	(Volts)
Resistencia	= Voltaje / Corriente	(Ohms)

Esto desprende que la energía eléctrica genera un trabajo debido a una aplicación útil, de esta forma se crea la potencia definida como la rapidez con que una carga puede efectuar un trabajo en un determinado tiempo, donde:

$$\text{Potencia} = \text{Voltaje corriente} \quad (\text{watt})$$

Sabemos que la información teórica es fundamental para desarrollar cualquier actividad profesional y lo mencionado anteriormente es solo una pequeñísima parte de la teoría que involucra los principios de electricidad y magnetismo, pero para los fines prácticos de esta tesis. no será necesario mencionarlos en este momento.

Por otra parte en cuanto a la información de las características técnicas que se tienen que contemplar para desarrollar los objetivos de esta tesis se deberán conocer aspectos teórico prácticos que complementan el desarrollo de nuestros temas, comenzaremos con la normatividad que enmarca todos y cada uno de los objetivos de esta tesis.

Según la Norma Universitaria un anteproyecto de infraestructura en el rubro de la instalación eléctrica deberá cumplir con la NOM-001-SEDE-1999¹ relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de energía en todo proyecto, así como de algunas normas internacionales como son: NEC relativa al sistemas de tierras de emergencia o el código de protección contra descargas atmosféricas (Lightning Protection Code 1997) y la NFPA (National Fire Protection Association), estas normas nos desglosan un sin número de conceptos del área eléctrica que se deben conocer para así poder desarrollar un anteproyecto completo y de manera profesional, los principales conceptos son enlistados a continuación:

- Luminarias, apagadores y tableros de alumbrado.
- Contactos en general y tableros de contactos.
- Subestaciones eléctricas y Plantas de emergencia.
- Local para alojar, (equipos de regulación y energía ininterrumpida), telefonía.
- Local para alojar los equipos de bombeo, hidroneumáticos y contra incendio.
- Sistemas de protección contra descargas atmosféricas (aparrallos).

¹ NOM-001-SEDE-1999, Instalaciones Eléctricas (Utilización) I. P. N., Alfaomega.

- Sistemas de tierra física.
- Alumbrado exterior
- Arreglos a equipos del sistema hidráulico en cuarto de bombas.
- Arreglo de subestaciones eléctricas, plantas de emergencia, tanque de combustible de día y de reserva.

Para tener un arreglo preliminar de la trayectoria que seguirá una instalación se debe contar con:

- Alimentadores generales de alta tensión (A.T.).
- Alimentadores generales de baja tensión (B.T.).
- Cortes verticales de alimentadores.

Del mismo modo, se deben considerar las precapacidades y características de los componentes que conformarán una instalación eléctrica, como las enlistadas a continuación:

Precapacidades de equipos:	Nomenclatura de capacidades eléctricas:
➤ Transformadores principales.	En KVA, relación de tensiones, fases, tipos.
➤ Transformadores derivados.	En KVA relación de tensiones, fases, tipos.
➤ Plantas de emergencia.	kw continuos y de emergencia.
➤ Carga de alumbrado.	kw normal y de emergencia.
➤ Carga de contactos	kw normal y de emergencia.
➤ Carga de fuerza de equipo de aire acondicionado y ventilación, mecánica.	kw normal y de emergencia.
➤ Carga de fuerza del sistema hidráulico.	kw normal y de emergencia.
➤ Carga del sistema de energía ininterrumpida.	En KVA.
➤ Carga de equipo telefónico.	En kw.

Requerimientos y dimensionamiento tentativo de los locales y cuartos que alojarán los diversos equipos en uso:

- Locales para las subestaciones eléctricas reductoras y derivadas.
- Local del equipo de energía ininterrumpida, regulación de tensión y plantas de emergencia.
- Ductos verticales y horizontales para la canalización eléctrica y de telecomunicaciones.
- Nichos para tableros eléctricos, de voz y datos.
- Preparaciones de pasos en techos y muros.

Del mismo modo todo anteproyecto deberá contar con el complemento de la memoria de cálculo correspondiente.

Una vez aprobado el anteproyecto, se elaborará un proyecto ejecutivo de instalaciones eléctricas, que comprenda el conjunto de memorias descriptivas y de cálculo, planos, especificaciones, catálogos de conceptos de obra y cuantificaciones de los diversos elementos que intervienen en los circuitos de alimentación y distribución de energía eléctrica, necesarios para satisfacer un planteamiento de requisitos de una infraestructura y que finalmente cumpla con las normas establecidas tanto nacionales como internacionales.

Traspolando lo dicho anteriormente, se mostrarán a continuación las características e información técnica de las instalaciones eléctricas con las que se cuenta en el plantel de la FES Acatlán, clasificación, ubicación y áreas que alimentan las 6 subestaciones, que se encuentran en operación, así como presentación de planos, diagramas unifilares, diagramas lineales de tipo descriptivo, planos arquitectónicos de los cuartos de máquinas, planos de alzado de los equipos dentro de los cuartos y una descripción general de cada uno de ellos.

5.1.1 Terminología.

Para precisar el significado de algunos términos en esta área se formulan las definiciones y descripciones de los principales elementos, accesorios y equipos del Área eléctrica del cual se describen sus principales datos.

A) *Instalaciones Eléctricas.*

a) Generalidades.

- a.1 Acometida Eléctrica: Se denomina así a las canalizaciones, conductores y equipo utilizados por la Compañía de Luz o Comisión Federal de Electricidad, para suministrar la energía eléctrica hasta el medio de desconexión general. Instalación eléctrica especial que realiza la compañía suministradora de electricidad, para dar diferentes servicios a los usuarios (en alta tensión, en baja tensión, monofásica, trifásica, en delta, en estrella etc.).
- a.2 Carga Eléctrica: Potencia eléctrica demandada por uno o varios equipos conectados a un circuito eléctrico.
- a.3 Carga instalada: La suma de las potencias nominales de los equipos y aparatos que consumen energía eléctrica conectados a un circuito o sistema.

- a.4 Canalización: Conducto cerrado o abierto diseñado especialmente, para contener conductores de una instalación eléctrica y de acuerdo a su aplicación se conocen como: Tubos conduit, ductos, charolas, etc.
- a.5 Demanda máxima: Es la mayor demanda en kilowatts sostenida en intervalos de 15 minutos durante un periodo especificado (día, semana, mes).
- a.6 Equipo eléctrico: Accesorios, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos y similares que se usan como partes de las instalaciones eléctricas o conectadas a ellas.
- a.7 Equipo de acometida: Equipo necesario compuesto generalmente por un interruptor automático o manual, fusibles y sus accesorios, colocados cerca del punto de entrada de los conductores de alimentación en algún inmueble a otra estructura o área definida y que está destinado a servir de control principal y medio de desconexión del suministro.
- a.8 Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima del sistema o circuito y la carga total conectada a este, ocurrido en el intervalo especificado.
- a.9 Factor de potencia: Es la relación entre la potencia real y la potencia aparente.
- a.10 Factor de reserva: Es el porcentaje de la capacidad que se considera al proyectar un sistema eléctrico para prever cargas futuras.
- a.11 Factor de utilización: Es el cociente entre la demanda máxima y la capacidad nominal de una subestación.
- B) Proyecto.**
- b.1 Diagrama unifilar: Es el que indica mediante una sola línea y símbolo el orden en que se encuentran conectados los dispositivos, componentes o partes de un circuito eléctrico o un sistema de circuitos.
- b.2 Planos: Representaciones gráficas a escala que aprobadas

por la dependencia definen las características y ubicación de una obra.

- b.3 Proyecto: Conjunto de planos especificaciones, documentos y datos.
- b.4 Simbología: Es la representación gráfica de conductores, conexiones, aparatos y otros elementos que integran un proyecto.

C) Alumbrado.

- c.1 Alumbrado de emergencia: Es aquel que está conectado a otra fuente de energía independiente a la de la Compañía de Luz y su finalidad es mantener la iluminación en locales y accesos determinados permitiendo a los ocupantes salir en caso de que falle el sistema de alumbrado normal.
- c.2 Alumbrado exterior: Alumbrado que se destina a áreas abiertas.
- c.3 Alumbrado interior: El alumbrado que se destina a áreas cubiertas para actividades cotidianas.
- c.4 Alumbrado normal: Es el alumbrado conectado a la compañía suministradora de energía eléctrica.
- c.5 Balastro: Dispositivo utilizado para el encendido de las lámparas de descarga. Existen balastros electromagnéticos que constan de un núcleo de laminación de acero redondeado de bobina de cobre o de aluminio electrónicos, los cuales constan de circuitos electrónicos.
- c.6 Lámpara fluorescente: Lámpara de descarga en la cual la mayor parte de la luz es emitida por una capa de material fluorescente, excitado por la radiación ultra violeta de la descarga.
- c.7 Lámpara incandescente: Lámpara que produce luz mediante el calentamiento eléctrico de un filamento de tungsteno.
- c.8 Lámpara reflectora: Lámpara en la cual parte de la ampolla (foco), está

revestida con un material reflectante sea difusor o especular para controlar el haz de luz.

D) Contactos.

- d.1 Caja de conexión eléctrica: Elementos que permiten acomodar las llegadas de los distintos tubos no metálicos; con el propósito de empalmar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, lámparas y luminarias en general.
- d.2 Contacto: Punto en el sistema de alambrado donde se toma energía eléctrica del circuito derivado para alimentar el equipo de utilización, accesorios que sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación fija.

E) Motores.

- e.1 Arrancador: Aparato que conecta y desconecta eléctricamente repetidas veces un motor eléctrico y además lo protege de sobrecargas o una falla en las líneas que lo alimentan.
- e.2 Centro de control de motores: Es uno o varios gabinetes metálicos donde se concentran los aparatos de arranque y protecciones de motores eléctricos.
- e.3 Motor de inducción: Es un motor eléctrico en el cual solamente una parte del rotor o el estator se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética.
- e.4 Motor eléctrico: Máquina para convertir energía eléctrica en energía mecánica.
- e.5 Motor síncrono: Es un motor eléctrico que puede ser inductivo, que mantiene su velocidad constante ante la variación de la carga.
- e.6 Motor trifásico: Es un motor eléctrico que puede ser inductivo que utiliza tensión trifásica.

e.7 Protección térmica: Dispositivo para ser usado con el motor, protege contra sobre calentamiento peligroso debido a sobre cargas o falla en el arranque.

F) Circuitos derivados.

f.1 Circuitos derivados: Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobre corriente que protege el circuito y la (s) carga (s) conectada (s).

f.2 Circuito derivado para servicios: Es aquel que suministra energía eléctrica a uno o más tableros a los cuales se conectan los aparatos y equipos para servicios tales como aire acondicionado, elevadores y alumbrado exterior.

f.3 Circuito derivado de uso general: Circuito derivado que alimenta contacto para equipo de oficina, equipo de limpieza. etc.

f.4 Corriente a plena carga: Es el valor de cálculo permisible en los conductores de un circuito derivado.

f.5 Corriente de selección del circuito derivado refrigeración y aire acondicionado: Es el valor en amperes que se tomará en lugar de la corriente nominal al determinar la capacidad normal de los conductores del circuito derivado del motor, medios de conexión, controles y dispositivos de protección de corto circuito y de la falla a tierra donde quiera que el dispositivo de protección en sobre carga permita una corriente sostenida mayor que el porcentaje especificado de la corriente normal del equipo.

G) Alimentadores Generales.

g.1 Capacidad de corriente: Corriente nominal que puede conducir un conductor eléctrico expresado en amperes, bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación.

H) Sistemas de emergencia.

h.1 Banco de baterías: Dos o más celdas conectadas entre sí para formar una fuente de corriente directa.

- h.2 Equipo de transferencia: Equipo para realizar la transferencia manual o automática del sistema de energía eléctrica de la compañía suministradora llamado "Sistema Normal" a otra fuente de suministro, propiedad del usuario llamado "Sistema de emergencia" y viceversa.
- h.3 Fuente de alimentación ininterrumpible: Fuente de alimentación auto soportada por un banco de baterías para suministrar energía eléctrica a los servicios esenciales de una instalación con duración limitada (UPS).
- h.4 Servicio de emergencia: Es el proporcionado por el sistema de emergencia propiedad de la UNAM.
- h.5 Planta eléctrica de emergencia: Equipo generador de energía eléctrica accionado por motores de combustión interna que se emplea cuando se suspende el suministro normal de energía.
- h.6 Tablero de control: (Transferencia) Conjunto de aparatos de medición, protección y sincronización de una planta generadora o de un circuito de energía eléctrica.

D) *Tablero de alta y baja tensión.*

- i.1 Gabinete: Es un recinto o envolvente que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo y con objeto de prevenir a las personas de un contacto accidental con partes energizadas; caja de lámina metálica, diseñada para montaje de superficie o embutido previsto de un marco o pestaña en el cual se pueden colocar o hay puertas de bisagra.
- i.2 Tablero: Gabinete metálico que contiene los componentes y dispositivos necesarios para el control y la distribución de la energía eléctrica.
- i.3 Tablero de alta tensión: Es aquel que se utilizar para manejar voltajes mayores a 600V.
- i.4 Tablero de baja tensión: Es aquel que se utiliza para manejar voltajes menores a 600V.

i.5 Tablero de distribución: Es aquel que distribuye la energía eléctrica para alimentar tableros derivados.

J) Subestaciones.

j.1 Apartarrayo: Dispositivo protector que limita los voltajes transitorios descargando o puentando la onda producida a tierra, permaneciendo capaz de repetir estas funciones.

j.2 Equipo de protección: Se describe como la ropa, calzado y accesorios, destinados a proteger la vida de los operarios de cualquier cuarto de maquinas (Subestaciones).

j.3 Fusibles: Dispositivo de protección contra sobre corriente, con una parte que se funde cuando se calienta con el paso de la sobre corriente, que circula a través de ella e interrumpe el paso de la corriente cuando existe en esta línea un corto circuito provocado por cualquier falla o anomalía en los circuitos que alimenta.

j.4 Subestación eléctrica: Conjunto de equipos y aditamentos eléctricos de alta tensión que se alojan dentro de gabinetes metálicos de alta tensión, transformadores de alta tensión y tableros de baja tensión cuyas funciones principales son: Transformar tensiones que la compañía suministradora de energía proporciona, a instituciones o usuarios y estas transformaciones de energía se hacen como ya se dijo con transformadores reductores de alta tensión en tensiones mas usuales de bajo voltaje y derivar de ellas a circuitos de potencia.

j.5 Transformador: Máquina estática que puede transferir energía eléctrica de un circuito de corriente alterna a otro por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una transformación de voltajes o de corrientes entre los circuitos sin haber contacto eléctrico entre los dos.

K) Sistemas de tierras.

k.1 Conductor puesta a tierra: Es el conductor que proporciona una trayectoria a tierra a los diferentes equipos o sistemas de una instalación eléctrica.

- k.2 Conductor de puesta a tierra de partes metálicas no conductores de corriente eléctrica: Es aquel que se usa para conectar a tierra en el punto requerido las cubiertas metálicas de los equipos, las canalizaciones temáticas, centros de carga y otras partes metálicas que pudieran transportar corrientes indeseables a través de ellas. Se llama comúnmente tierra física.
- k.3 Conductor neutro: Conductor del sistema o circuito que está puesto a tierra intencionalmente.
- k.4 Conductor puesto a tierra del sistema. Es aquel de un circuito o sistema que intencionalmente se conecta a tierra, tal como es el uso del conductor neutro.
- K.5. Sistema de tierras: Conjunto de elementos eléctricos y mecánicos interconectados enterrados en el terreno natural.
- k.6 Sistema de tierras conexión delta: Sistema formado por tres electrodos interconectados entre si en forma delta, separados a una distancia igual a la longitud del electrodo.

5.1.2. Clasificación y ubicación de equipo.

“Subestaciones” (Cuartos de máquinas)

Área eléctrica características de las subestaciones eléctricas.

Equipos:	Dentro del plantel contamos con cuartos de máquinas específicamente diseñadas para alojar subestaciones de alta tensión, en las cuales se recibe la energía eléctrica suministrada por la Compañía de Luz y de los cuales se distribuye a las instalaciones académico-administrativas del plantel, dichos cuartos contienen un conjunto de equipos y aditamentos que realizan el trabajo de reducción de alta tensión (23 kv) a baja tensión 440 a 220V para ser utilizado en las instalaciones normales.
Cuartos de máquinas (Subestaciones):	Dentro del plantel se cuenta con 6 cuartos de máquinas (subestaciones), la cuales tienen funciones como son acometida, reducción, distribución y utilización.
Acometida:	Etapa de paso de energía eléctrica de alto voltaje donde se recibe la energía eléctrica suministrada por la Compañía de Luz.

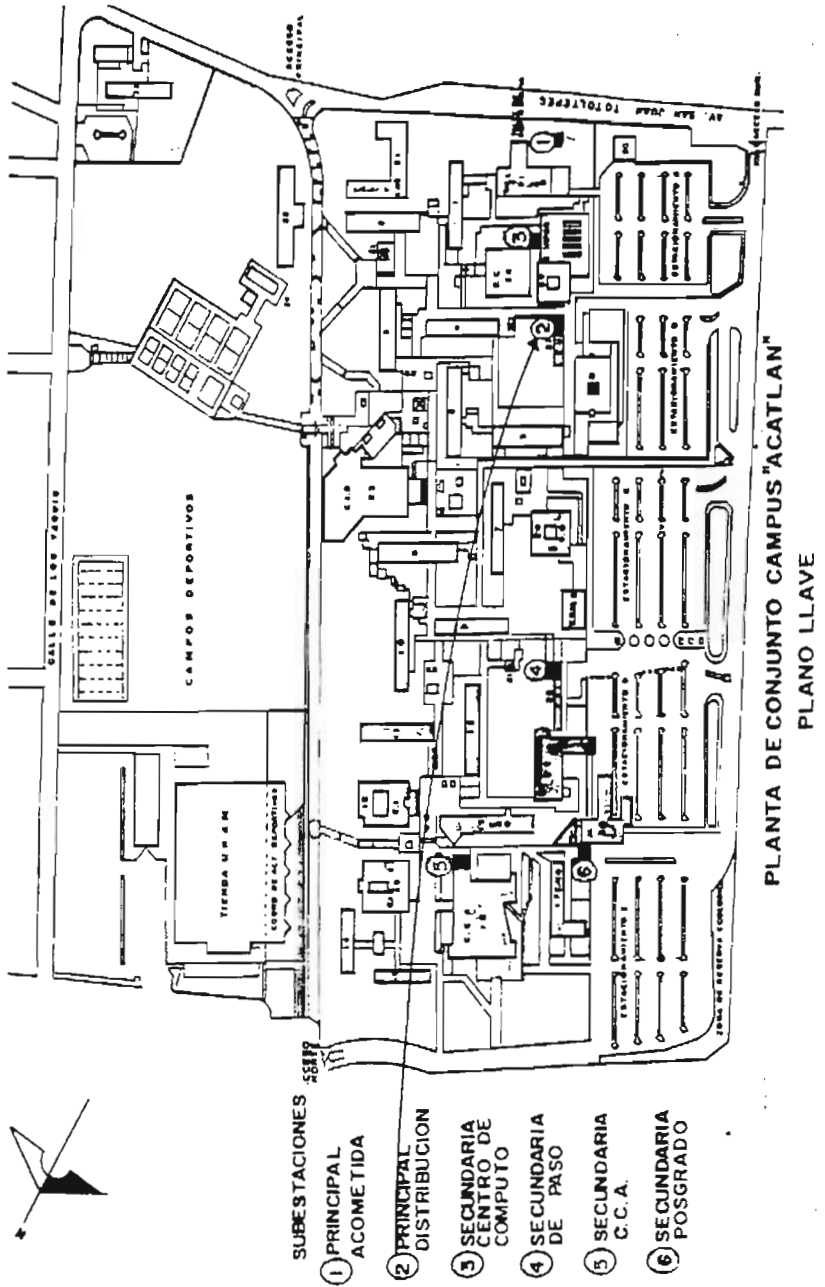
Reducción:	Etapa de paso de energía eléctrica donde los transformadores se encargan de reducir el alta tensión 23kv a baja tensión, 440/220V.
Distribución:	Etapa de paso de energía eléctrica donde el bajo voltaje se distribuye por medio de tableros de distribución y es conducida a los tableros autosoportados de cada uno de los edificios, donde los tableros reducen el voltaje nominal de 440 a 220V.
Utilización:	Etapa donde la energía eléctrica es utilizada dentro de los edificios académico-administrativos, como es la luz eléctrica, salidas de contactos para equipo cotidiano como: máquinas de escribir, computadoras, lámparas, sumadores, etc.

Ubicación de los cuartos de subestaciones

N o m b r e	O p e r a c i ó n	U b i c a c i ó n
Subestación No. 1	Principal (Acometida)	Zona sur Edificio de Talleres y Laboratorios
Subestación No. 2	(Primaria distribución)	Zona sur Edificio de Unidad de Apoyo y Servicios a la Comunidad
Subestación No. 3	(Secundaria Centro de Cómputo)	Zona sur Edificio del Centro de Cómputo e Informática
Subestación No. 4	(Secundaria paso)	Zona central Edificio de Almacenes e Inventarios
Subestación No. 5	(Secundaria C.C.A.)	Zona norte Edificio del Centro Cultural Acatlán
Subestación No. 6	(Secundaria Posgrado)	Zona norte Edificio de Posgrado

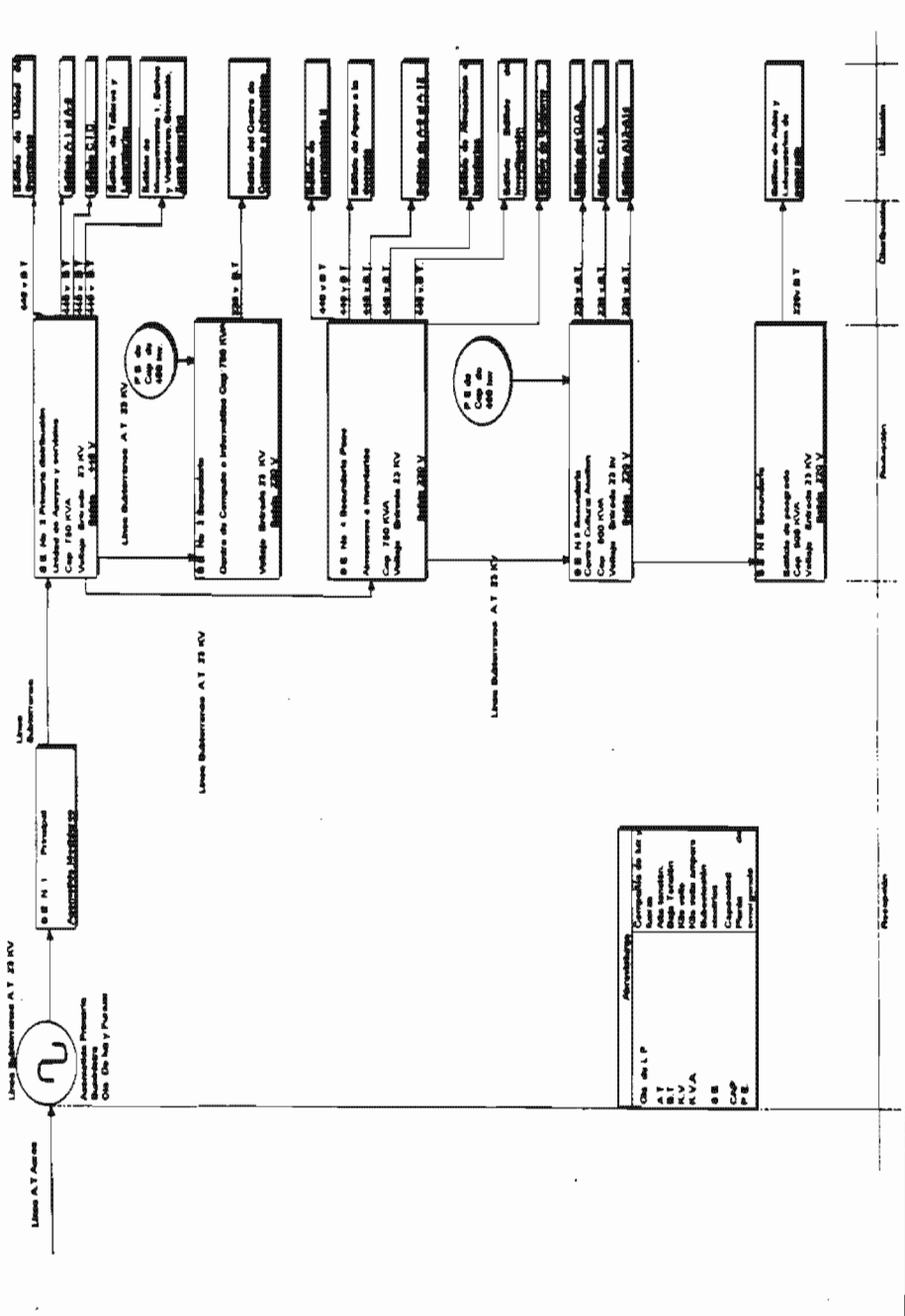
5.2.3. Planos y Diagramas.

A continuación se presentan los planos y diagramas de las cinco subestaciones de alta tensión reductoras, con las que se cuenta en el plantel de la FES Acatlán y en donde se podrá ver más a detalle las características de los mismos.



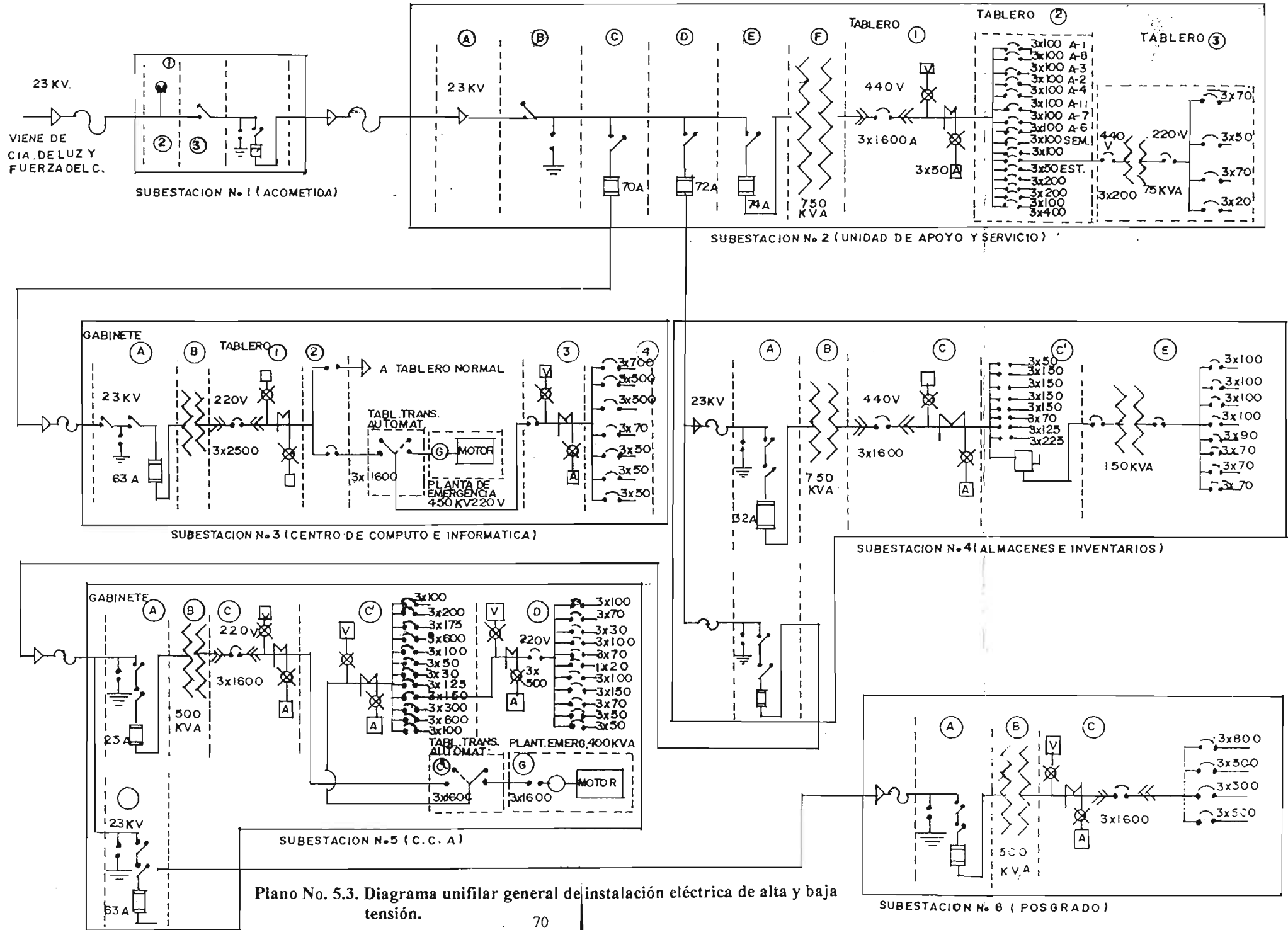
Plano No. 5.1 Planta de conjunto de la FES Acatlán, ubicación de S.E.

Diagrama General Línea de Tensión Alternia en sus Etapas :
Recepción, reducción, distribución y utilización general



Plano No. 5.2. Diagrama lineal general de tensión alterna.

DIAGRAMA UNIFILAR DE INSTALACION ELECTRICA DE ALTA Y BAJA TENSION PLANTEL CAMPUS ACATLAN.
 SUBESTACIONES (N. 1,2,3,4,5,6)



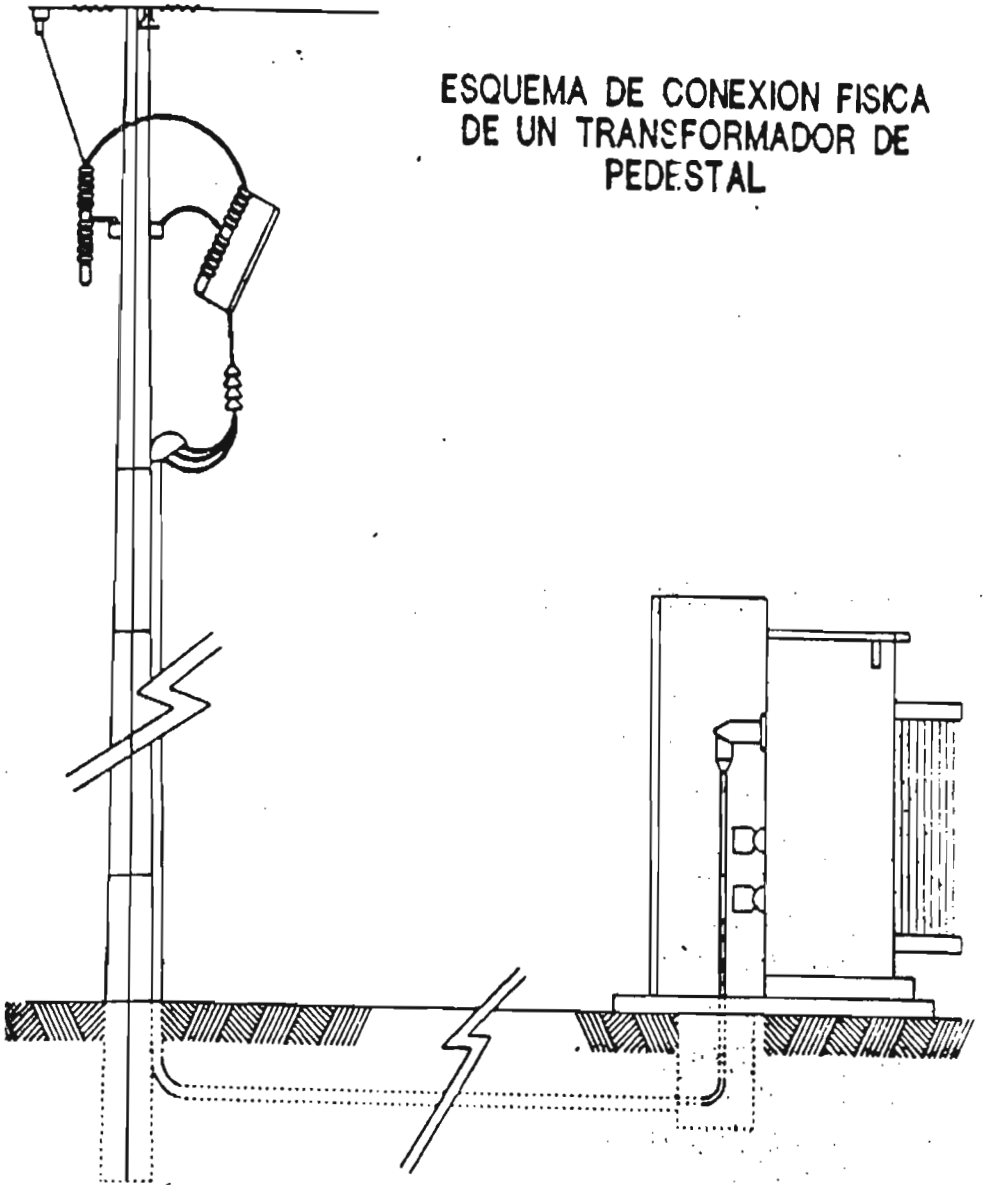
Plano No. 5.3. Diagrama unifilar general de instalación eléctrica de alta y baja tensión.

A continuación comenzaremos a describir las características básicas de los cuartos de máquinas (subestaciones) por medio de listas descriptivas de los equipos, planos de planta, unifilares, lineales y fotografías de las mismas.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO SUBESTACIÓN No. 1

Símbolo	Concepto
1	Gabinete para alojar medidores de la Compañía de Luz
2	Gabinete para alojar mufa de acometida.
3	Gabinete para alojar juego de cuchillas trifásicas
4	Cuchillas desconectadoras de operación manual. sin carga. tiro sencillo de 3 polos 23kv 400A. continuos para servicio interior.
5	Losa de concreto de 15 cm. de espesor.
6	Tarima de plástico aislante.
7	Sistema de tierras con cable calibre y/o y varilla tipo cooper welld. ²

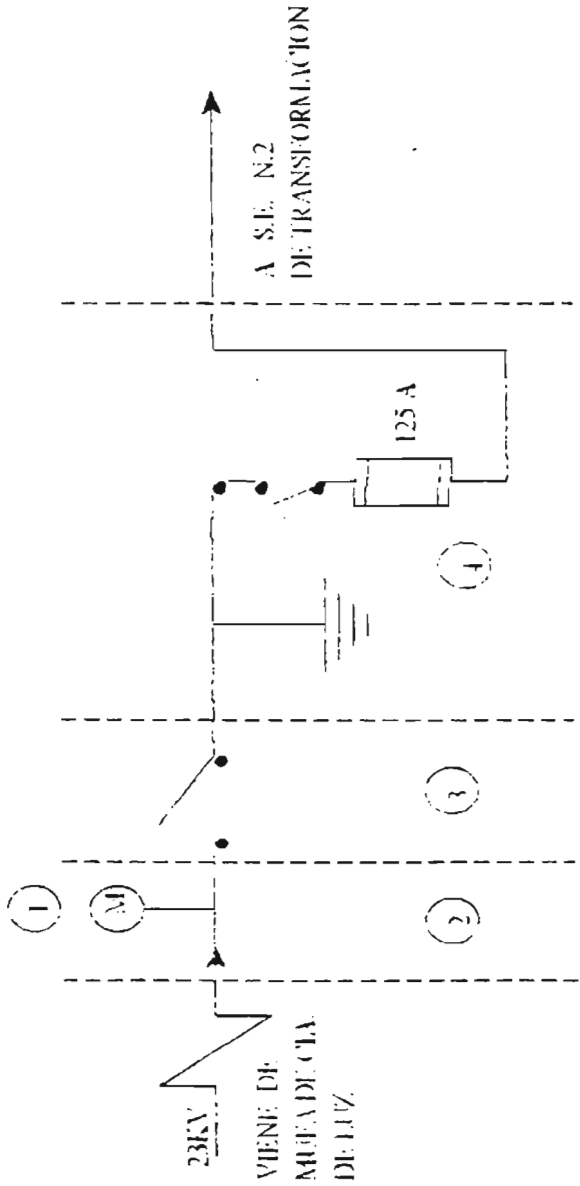
² N. del A.: La simbología o numeración hace referencia a los planos de diagramas unifilares y planos de planta.



ESQUEMA DE CONEXION FISICA
DE UN TRANSFORMADOR DE
PEDESTAL

Plano No. 5.4. Esquema de conexión de subestación No. 1 (acometida).

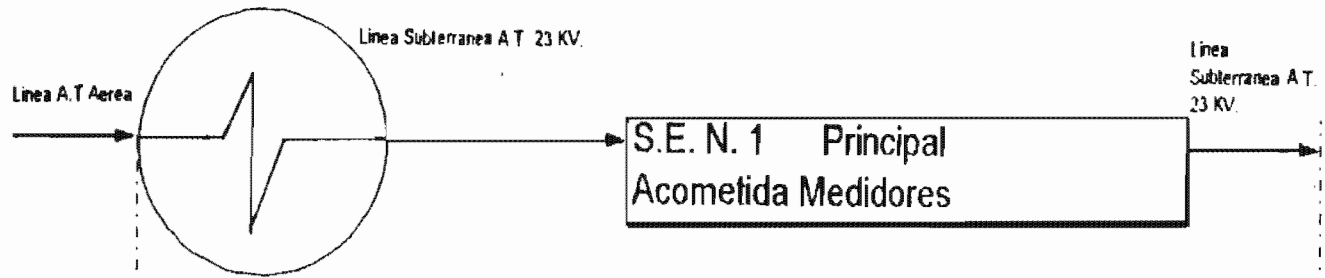
DIAGRAMA UNIFILAR
Subestación N.1



EL DIAGRAMA UNIFILAR EJUCA EL ORDEN EN QUE SE ENCUENTRAN
COLOCADOS LOS DESPOSITIVOS, SIGUIENDO UNA TABELECTORIA DA
ADEMAS REPRESENTA CADA COMPONENTE O PARTE DE UN TRUCCO
MEDIANTE UN SIMBOLO ESPECIFICO

Plano No. 5.5. Diagrama unifilar de subestación No. 1.

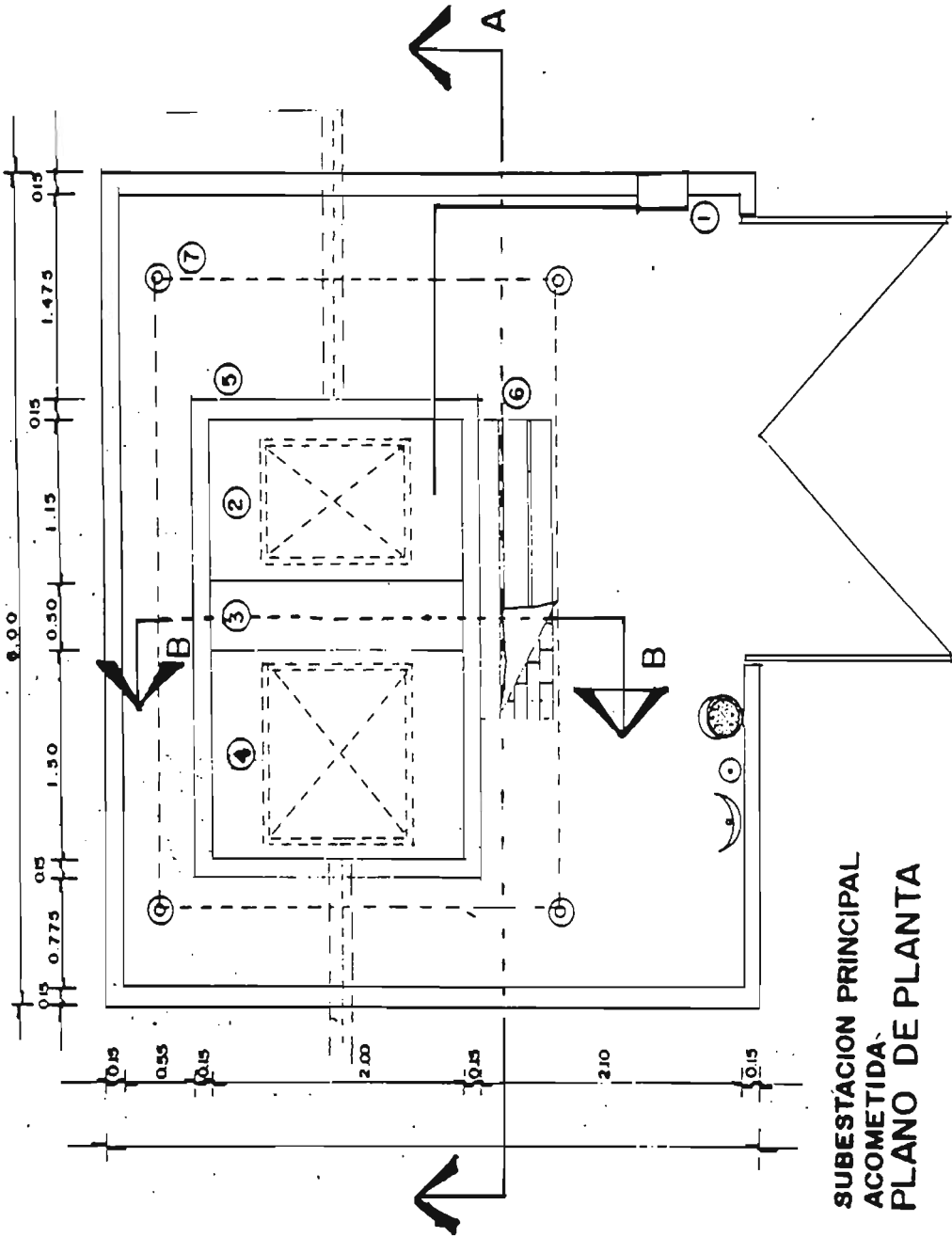
Diagrama Lineal Subestación N. 1



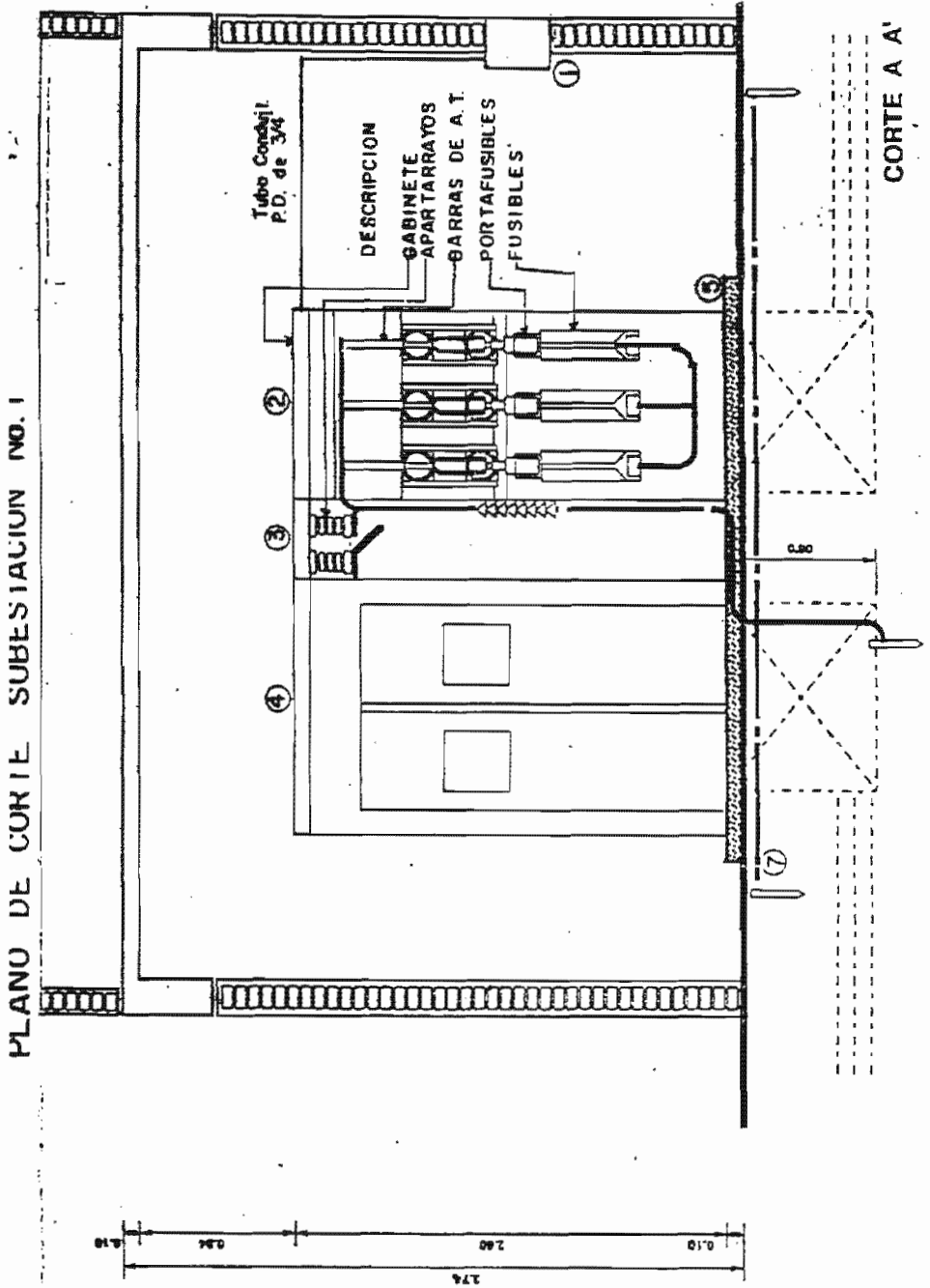
Acometida Primaria suministrada
Cia. de L. y F.

Abreviaturas	
Cia. de L. F.	Compañía de luz y fuerza
A.T.	Alta tensión
B.T.	Baja Tensión
K.V.	Kilo volts
K.V.A.	Kilo volts
S.E.	Subestación
CAP.	Capacidad Planta de
P.E.	emergencia

Recepción



Plano No. 5.7. Plano de planta de subestación No. 1.



Plano No. 5.8. Detalle de alzado de cuarto de subestación. No. 1.

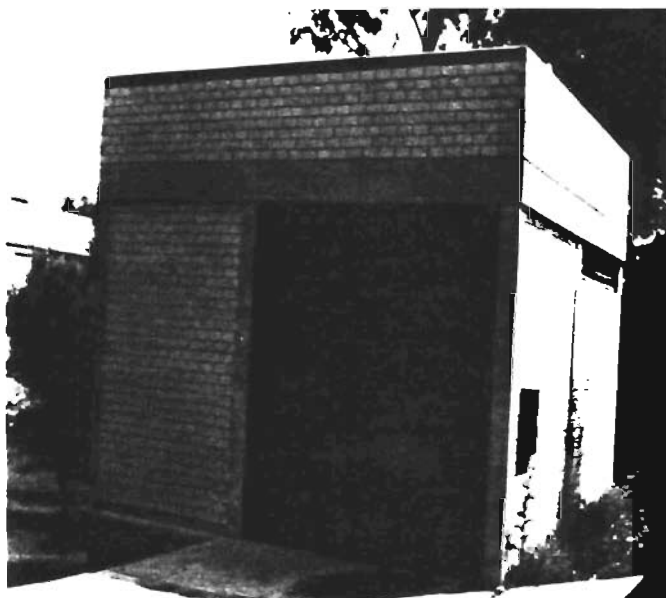


Figura No. 5.1. Vista exterior de cuarto de subestación No. 1 (acometida).

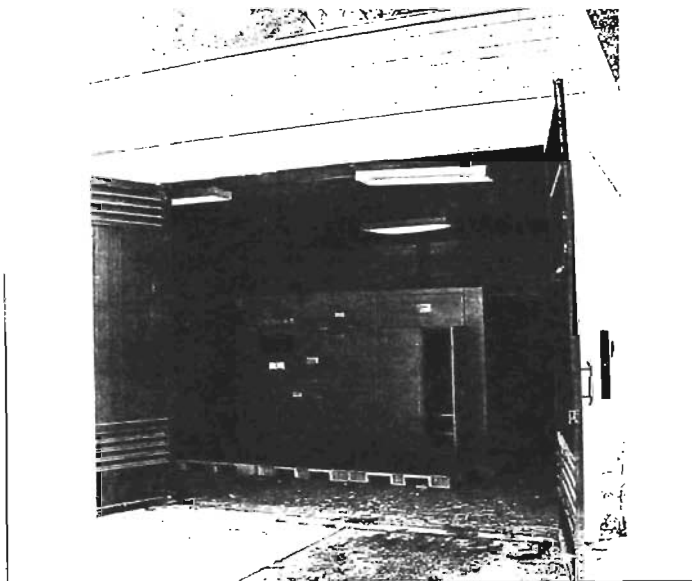


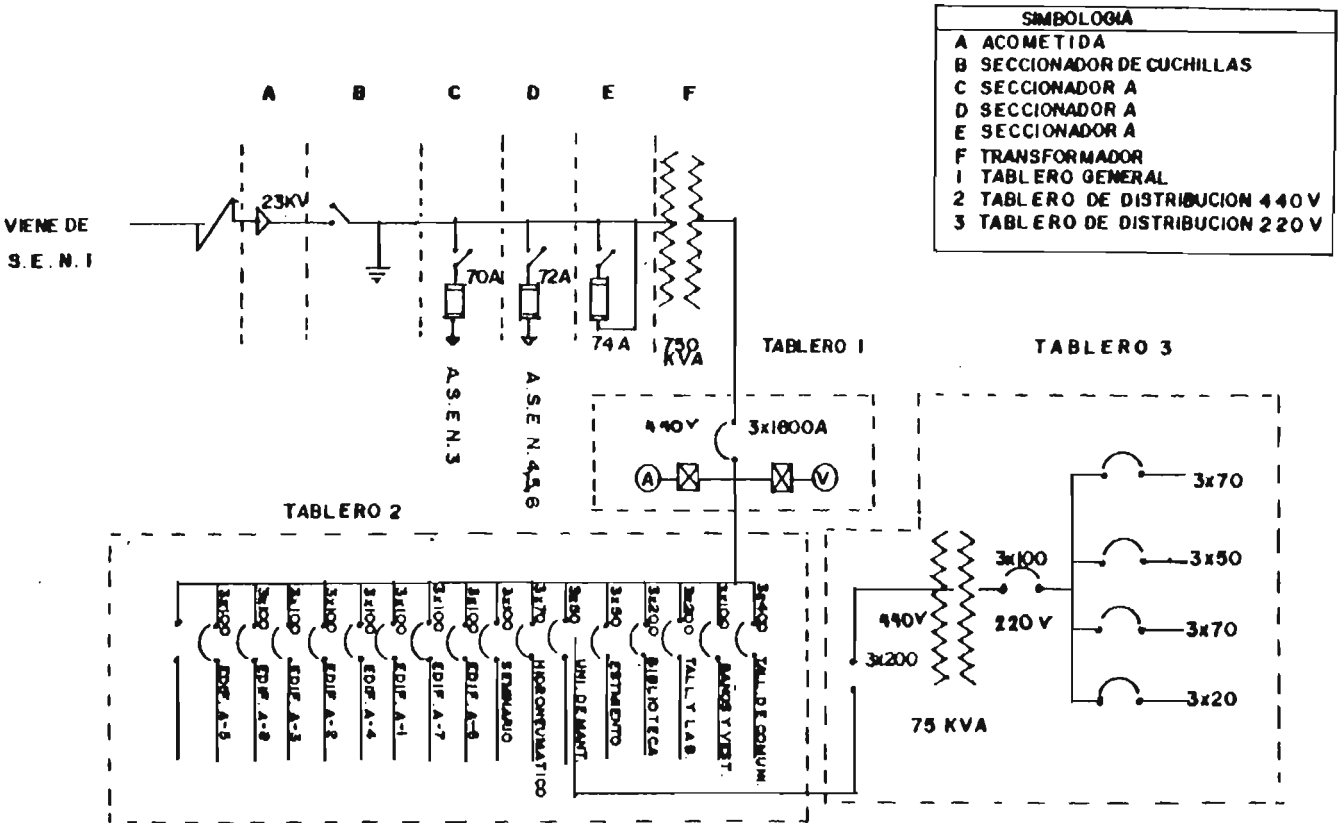
Figura No. 5.2. Vista interior al cuarto de subestación No. 1(gabinetes de A. T. capacidad nominal 23 kv.

**DESCRIPCIÓN DE EQUIPO
SUBESTACIÓN No.2**

Símbolo	Concepto
A	Gabinete que aloja la acometida de los cables alimentadores, aquí se acoplan los cables a las barras de alimentación de la S. E.
B	Gabinete que aloja interruptor general de A. T. sin carga.
C	Gabinete que aloja interruptor tipo Alduti que conecta a fusibles de alta tensión de 70 A. para conectar a la S. E. No.3.
D	Gabinete que aloja interruptor tipo Alduti que conecta a fusibles de A. T. de 72 A. para conectar a S. E. No. 4, 5 y 6.
E	Gabinete que aloja interruptor tipo Alduti que conecta a fusibles de A. T. de 74 A. para conectar a S. E. No. 2.
F	Transformador tipo aceite marca Iesa de capacidad de 750 KVA, con impedancia a 85° C de 6.45% conexión delta estrella.
1	Tablero que aloja interruptor principal en B. T. tipo 50 H-2-3 polos a 480 volts con capacidad interruptiva de 50 KA de capacidad de corriente nominal de 1600 Amp., marca Federal Pacific.
2	Tablero de distribución marca Ivesting House que aloja interruptores con distintas capacidades con un voltaje nominal de 440V.
3	Tablero autoportado de 112.5 KVA con transformador tipo seco y 4 interruptores tipo FB de 70, 50 y 20A de 3 polos que alimenta el edificio de unidad de apoyos y servicio a la comunidad. ³

³ N. del A.: La simbología o numeración hace referencia a los planos de diagramas unifilares y planos de planta.

DIAGRAMA UNIFILAR S.E N.2

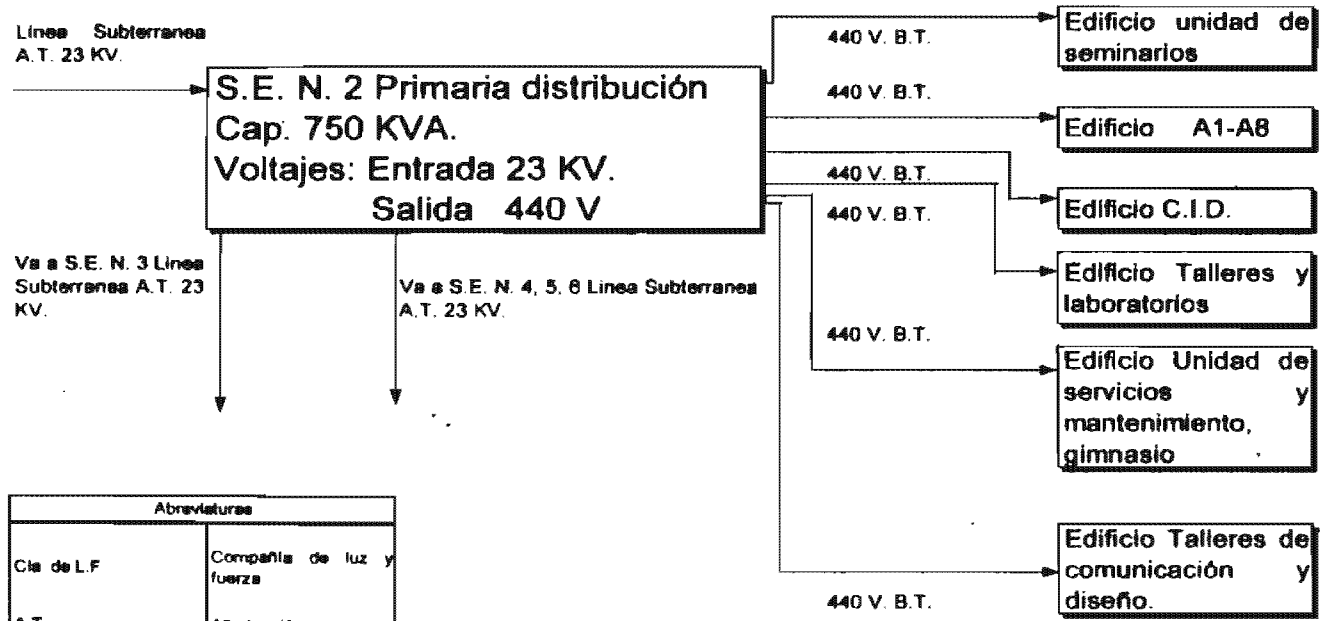


Plano No. 5.9. Diagrama unifilar de la subestación No. 2.

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

Diagrama Lineal Subestación N. 2

Plano No. 5.10 Diagrama lineal de subestación No. 2.



Abreviaturas	
Cia de L.F	Compañía de luz y fuerza
A.T.	Alta tensión
B.T.	Baja Tensión
K.V.	Kilo volts
K.V.A	Kilo volts
S.E.	Subestación
CAP.	Capacidad
P.E.	Planta de emergencia

Recepción

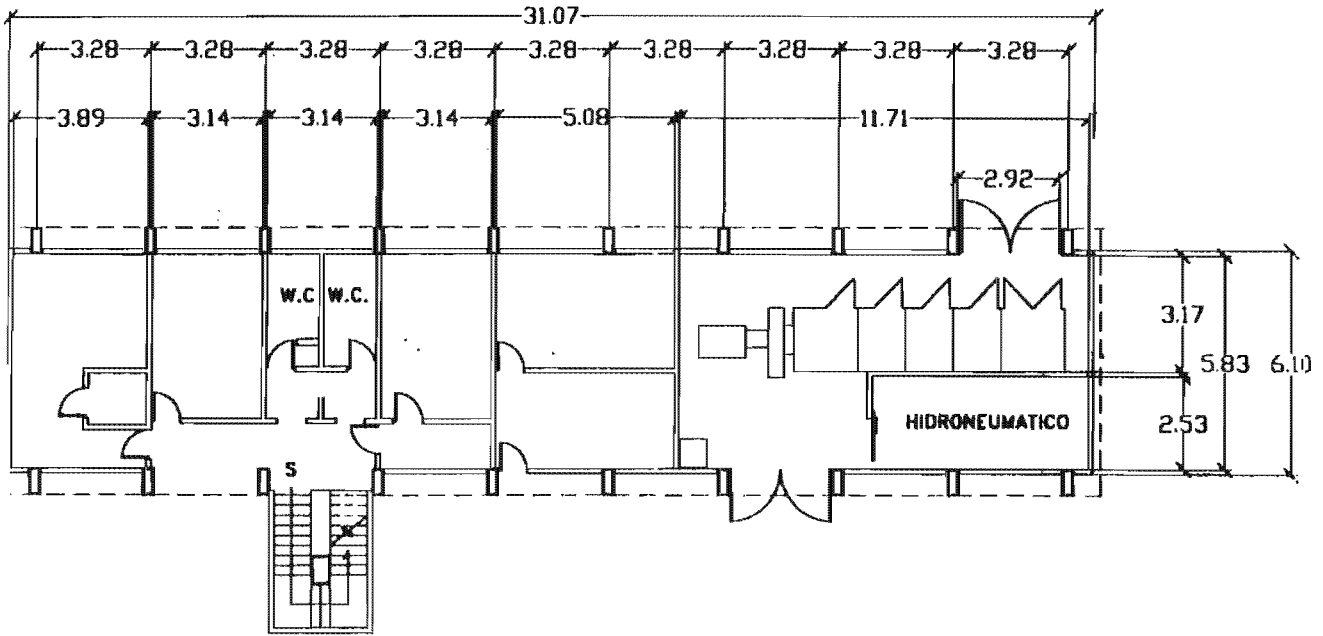
Reducción

Distribución

Utilización

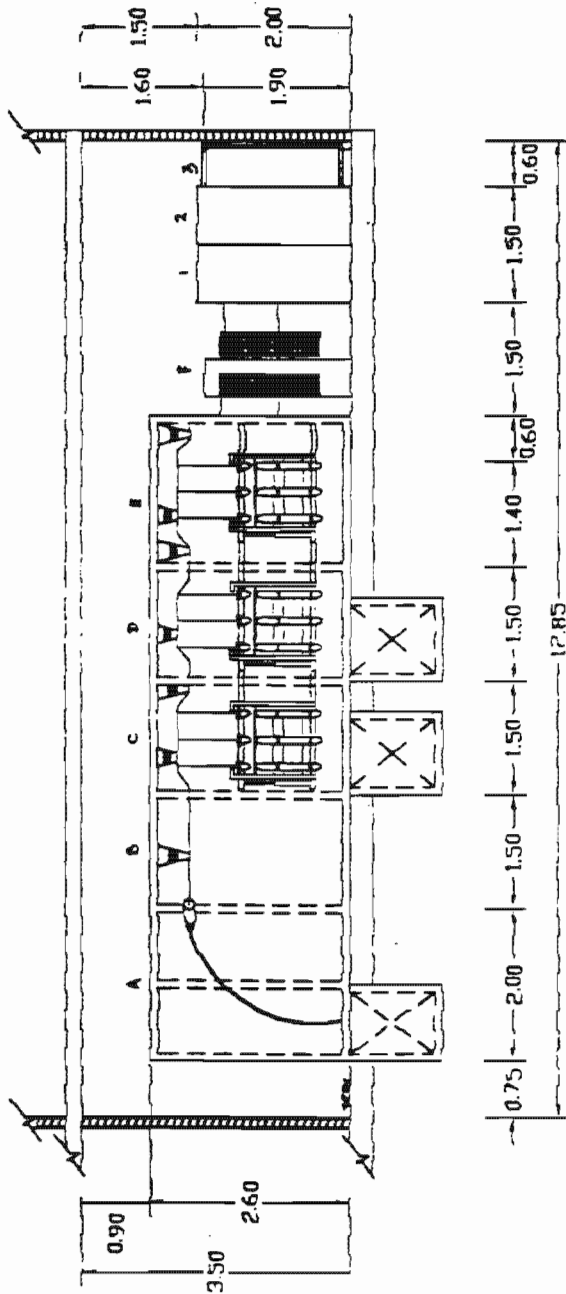
Unidad de servicios a la comunidad (Detalle de subestación #2)

Plano No. 5.11. Plano de planta de subestación No. 2.



PLANO DE PLANTA

PLANO DE CORTE SUBESTACION N. 2
GABINETES ALTA TENSION

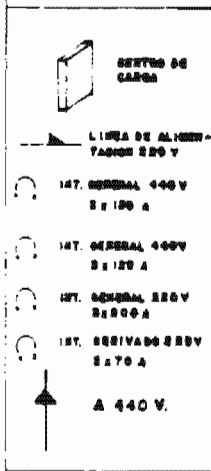


CORTE AA
PLANO ALZADO
ESC. 1/75

Plano No. 5.12. Plano de alzado de subestación No. 2.

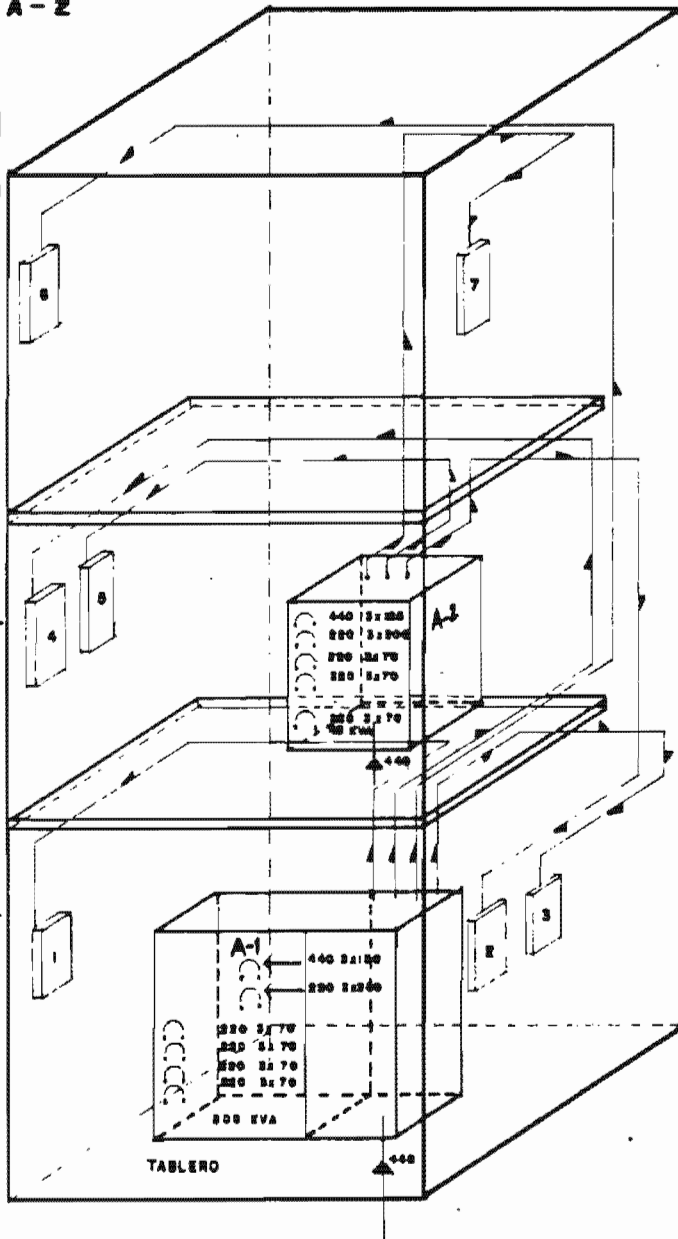
**NUCLEO ELECTRICO
A-1 y A-2**

SIMBOLOGIA

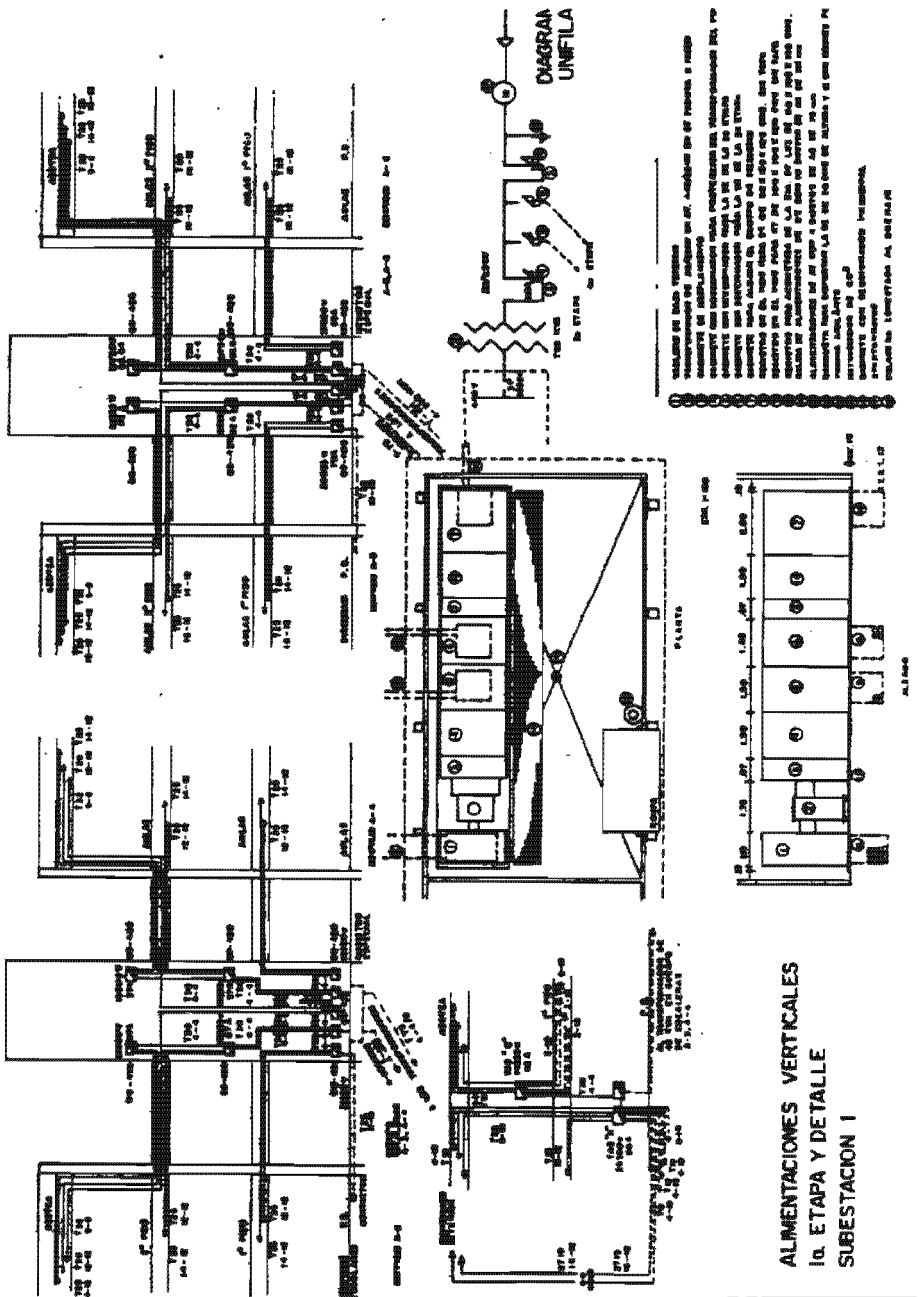


TABLERO AUTOSOPORTADO, CON TRANSFORMADOR, TIPO SECO: CAPACIDAD 48 KVA EDIFICIO A-2
TABLERO: 2, 5, 7

TABLERO AUTOSOPORTADO, CON TRANSFORMADOR, TIPO SECO: CAPACIDAD 200 KVA EDIFICIO A-1
TABLERO: 1, 3, 4, 6



Plano No. 5.13. Detalle de conexión en cubos de instalaciones en edificios.



Plano No. 5.14. Detalle de conexión desde subestación a cubos de instalaciones en edificios.

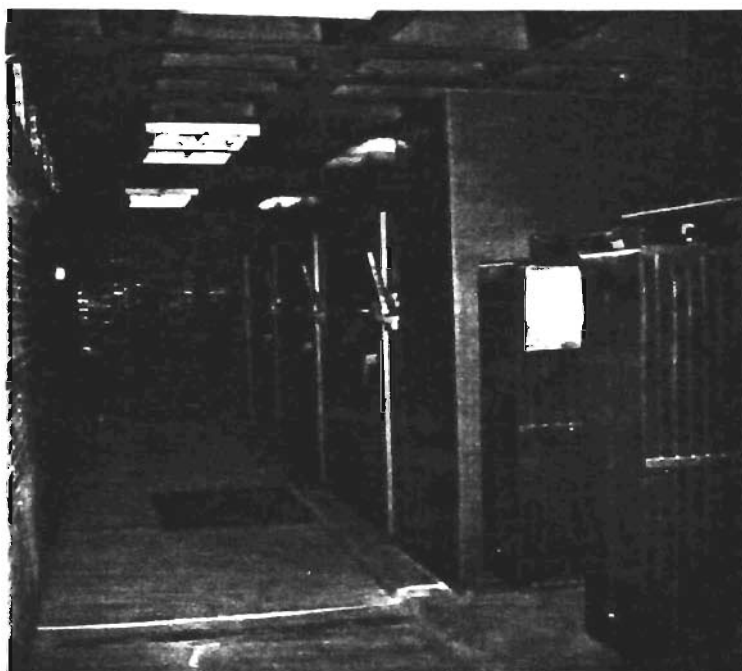


Figura No. 5.3. Vista de gabinetes seccionadores de A.T. de la subestación No. 2 y transformador tipo pedestal enfriado en aceite con capacidad de 750 KVA nominal y alimentación en 23 kv.

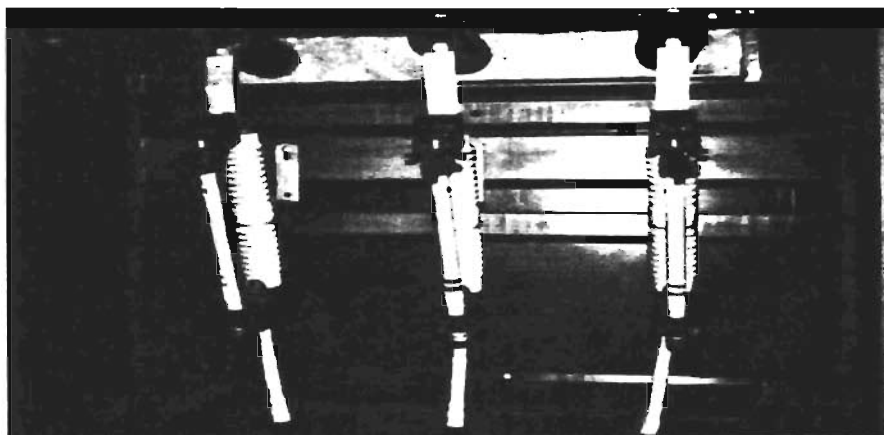


Figura No. 5.4. Vista interior a seccionadores en A. T., en donde se muestran fusibles tipo SMD con capacidad de 70 A subestación No. 2.



Figura No. 5.5. Vista de entrada posterior a subestación No. 2., se observa el transformador tipo pedestal, y gabinetes de baja y alta tensión.

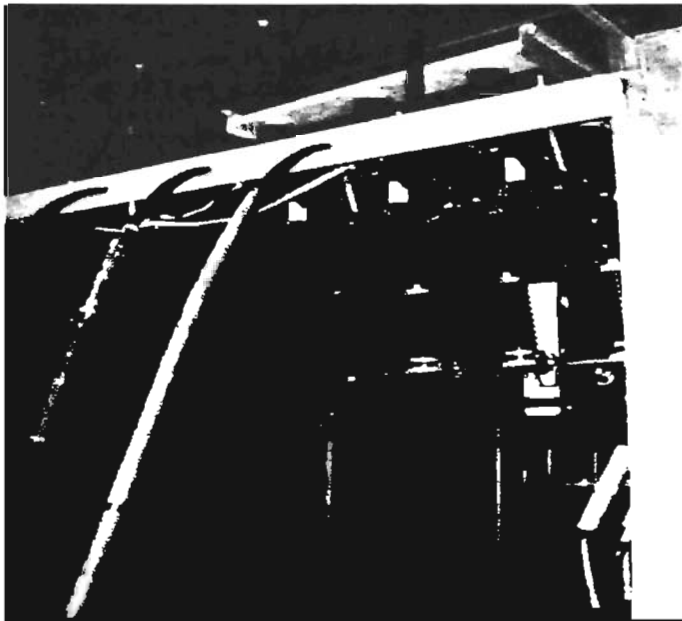
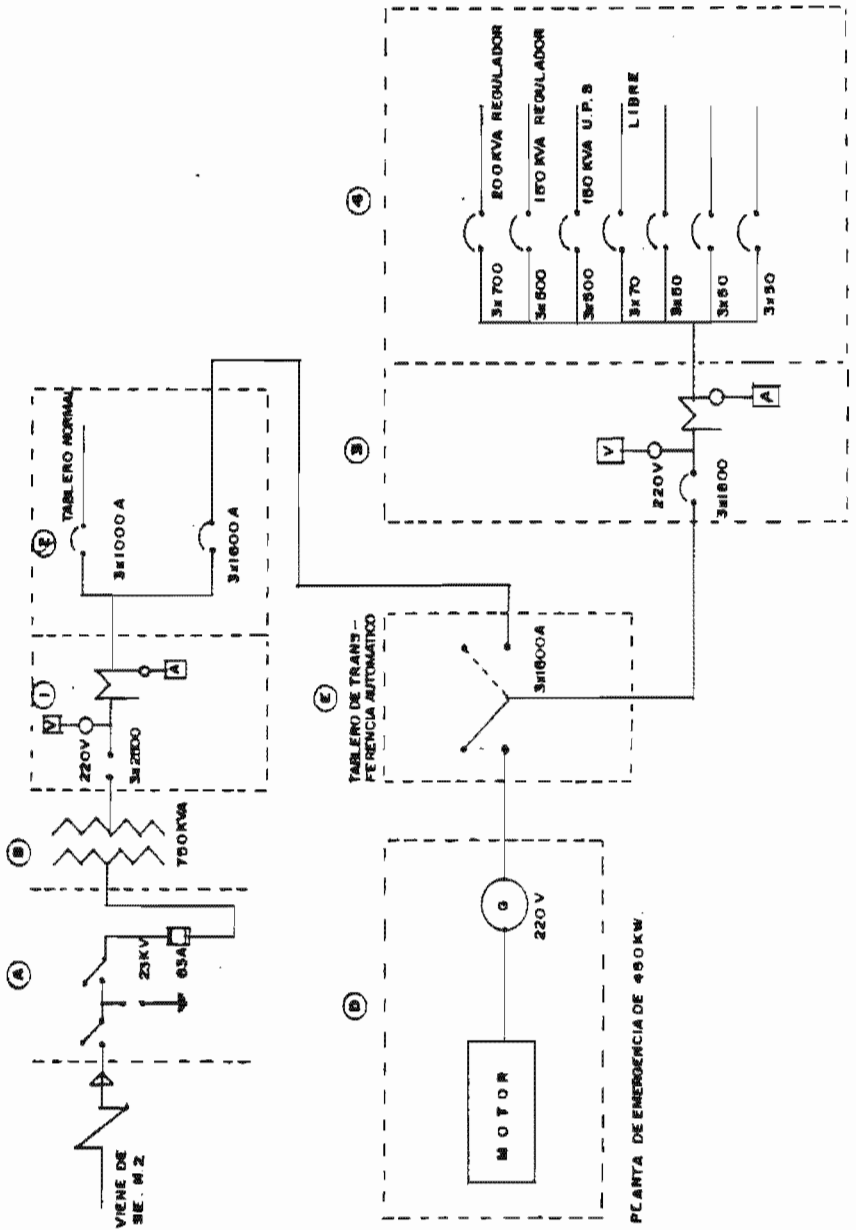


Figura No. 5.6. Vista de seccionador "A", en etapa de A. T., aquí vemos el cableado de tipo XLPE de 35kv, clemas e interruptor de aire sin carga.

**DESCRIPCIÓN DE EQUIPO
SUBESTACION No.3**

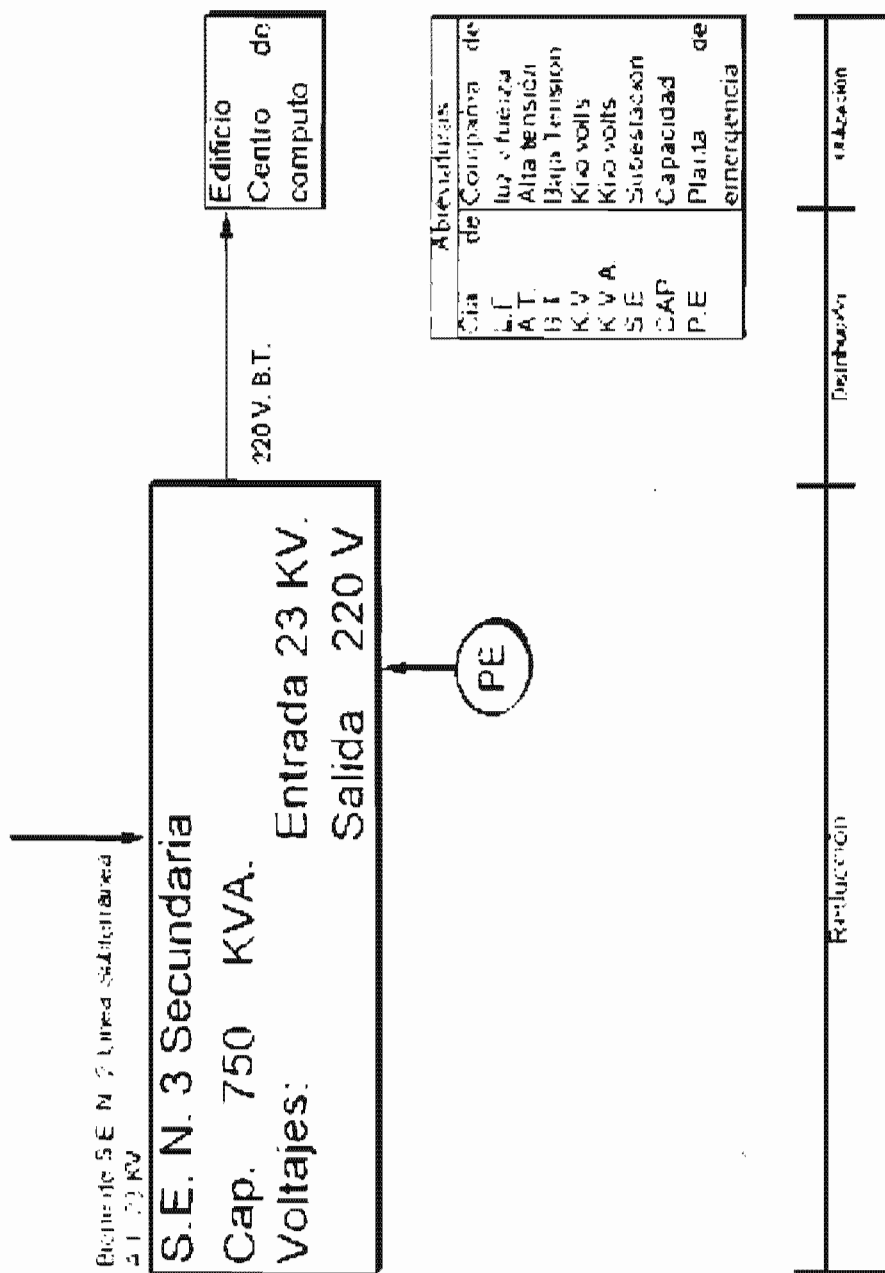
Símbolo	Concepto
A	Subestación tipo compacta marca Gec-Alsthom de A. T. que aloja fusibles de alta tensión con capacidad de 63 A.
B	Transformador tipo aceite marca Prolec de capacidad de 750 KVA de 3 F conexión delta-estrella.
C	Tableros de distribución marca Iersa con medidor digital conectando a los tableros de voltaje normal y de emergencia.
D	Planta de emergencia a diesel de capacidad de 450kw, marca Ottomotores motor de 4 tiempos 4 cilindros y generador marca Stanford que entrega un voltaje nominal de 220V, 3 F, 1N.
E	Tablero de transferencia automático con interruptores de 3 X 1600 amperes en automático y nominal, marca Merlin-Gerin control automático marca Dale Electric, modelo 6900, voltímetro, amperímetro, alarma, contador de horas, botón de paro de emergencia.
F	Tanque de almacenamiento de diesel de 500 Lts. Con flotador de nivel y carátula indicadora.
1	Gabinete marca Iersa de voltaje normal con interruptor principal marca Merlin-Gerin de capacidades de 3 X 2500 A. modelo M 25H1 (Master Pact), voltaje nominal 380/440V., voltaje máximo nominal de 1000V y corriente máxima nominal de 75KA.
2	Tablero marca Iersa de voltaje normal con interruptores de derivación de marca Merlin-Gerin de capacidad de 3 X 1600 y 3 X 1000A. modelo M16HI y M10H1, (Master Pact) respectivamente con voltaje nominal de 380/440V; corriente nominal de 65 KA cada uno.
3	Tablero marca Iersa de voltaje de emergencia con medidor digital interruptor Merlin-Gerin de capacidad de 3 X 1600A. modelo M16H1 (Master Pact) con voltaje nominal de 380/440V; corriente nominal de 65 KA
4	<p>Tablero de distribución marca Square'd de emergencia de aloja los siguientes interruptores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MHL36700 que alimenta tablero principal de regulador de 200 KVA R-1 3 X 700A. - MHL36500 que alimenta tablero principal de regulador de 150 KVA R-2 3 X 500 A. - MHL36500 que alimenta tablero principal de regulador de UPS de 150KVA - FHL 36070 libre. - FHL 36050 equipo de alumbrado S. E. - FHL 36050 equipo de Aire Acondicionado de la S. E. - FHL 36050 equipo de alumbrado circuito de regulador.

**SUBESTACION N.º 3
C. DE COMPUTO**



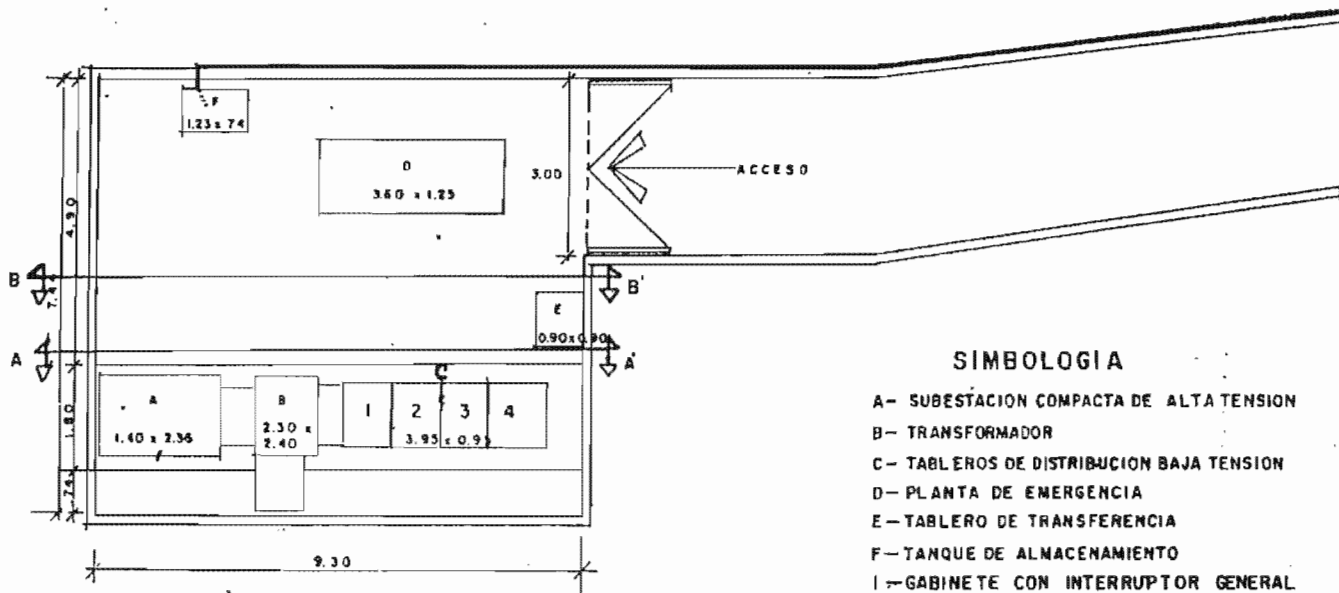
Plano No. 5.15. Diagrama unifilar de subestación No. 3.

Diagrama Lineal Subestación N. 3



Plano No. 5.16. Diagrama lineal de subestación No. 3.

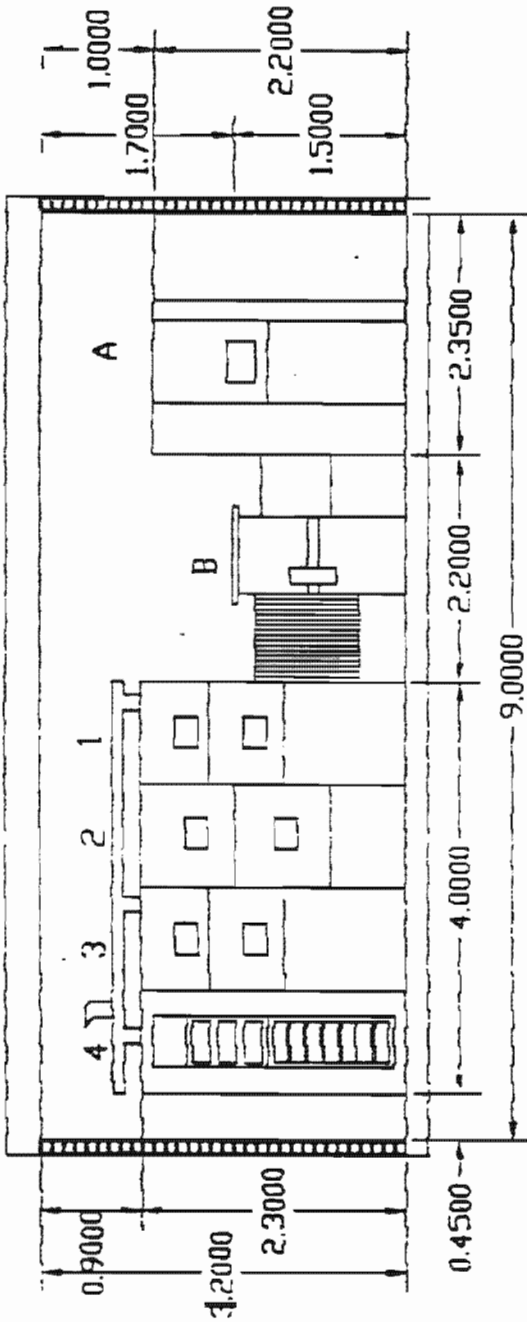
SUBESTACION DE CENTRO DE COMPUTO N° 3



SIMBOLOGIA

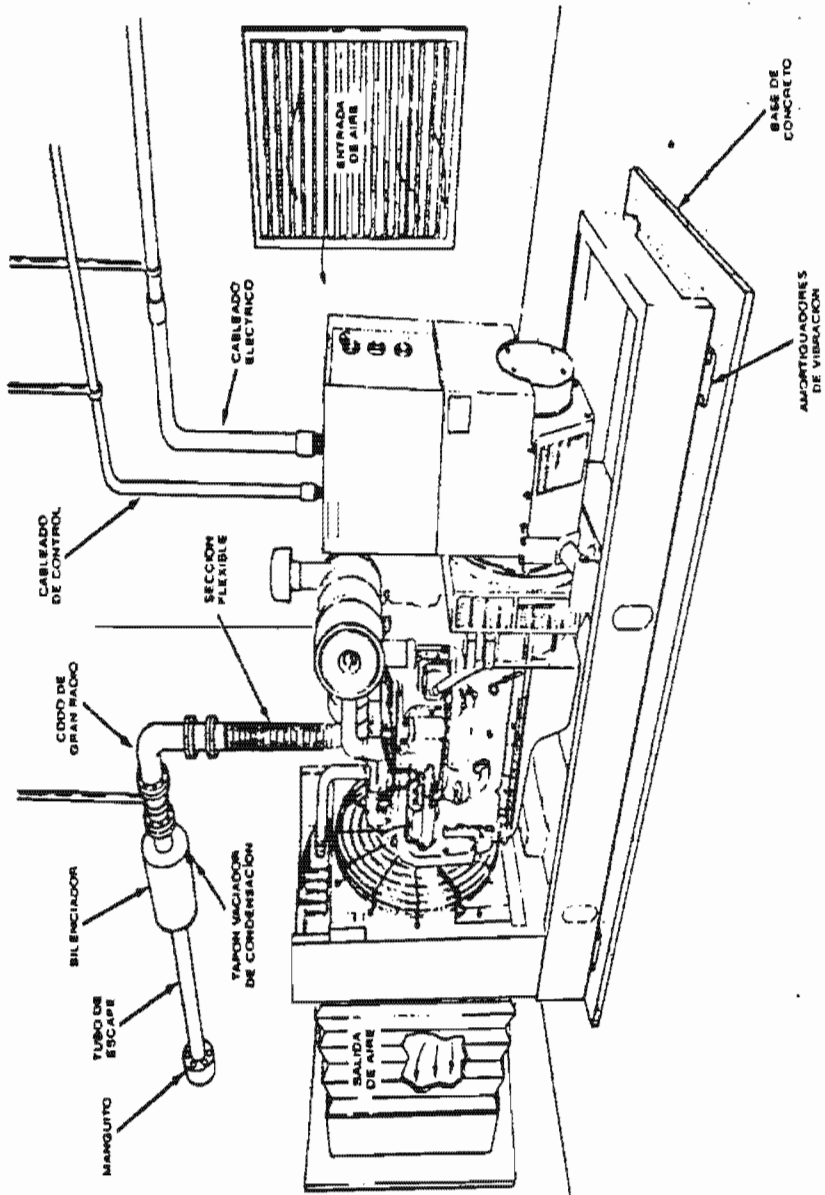
- A- SUBESTACION COMPACTA DE ALTA TENSION
- B- TRANSFORMADOR
- C- TABLEROS DE DISTRIBUCION BAJA TENSION
- D- PLANTA DE EMERGENCIA
- E- TABLERO DE TRANSFERENCIA
- F- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 1- GABINETE CON INTERRUPTOR GENERAL
- 2- GABINETE CON INTERRUPTORES GENERALES DE DERIVACION CORRIENTE NORMAL
- 3- GABINETE CON INTERRUPTOR GENERAL DE EMERGENCIA
- 4- TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA

PLANO DE CORTE SUBESTACION N. 3
GABINETES ALTA TENSION



CORTE AA
PLANO ALZADO
ESC. 1/75

Plano No. 5.18. Plano de alzado de subestación No. 3



Plano No. 5.19. Detalle de instalación de planta de emergencia de subestación No. 3.

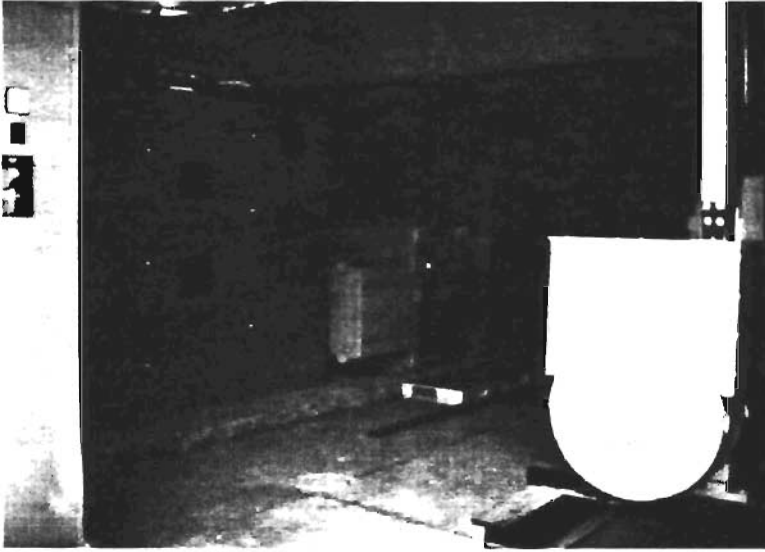


Figura No. 5.7. Vista de los gabinetes de baja tensión (220v) y alta tensión (23 kv) y transformador tipo pedestal enfriado en aceite con capacidad de 500 KVA.

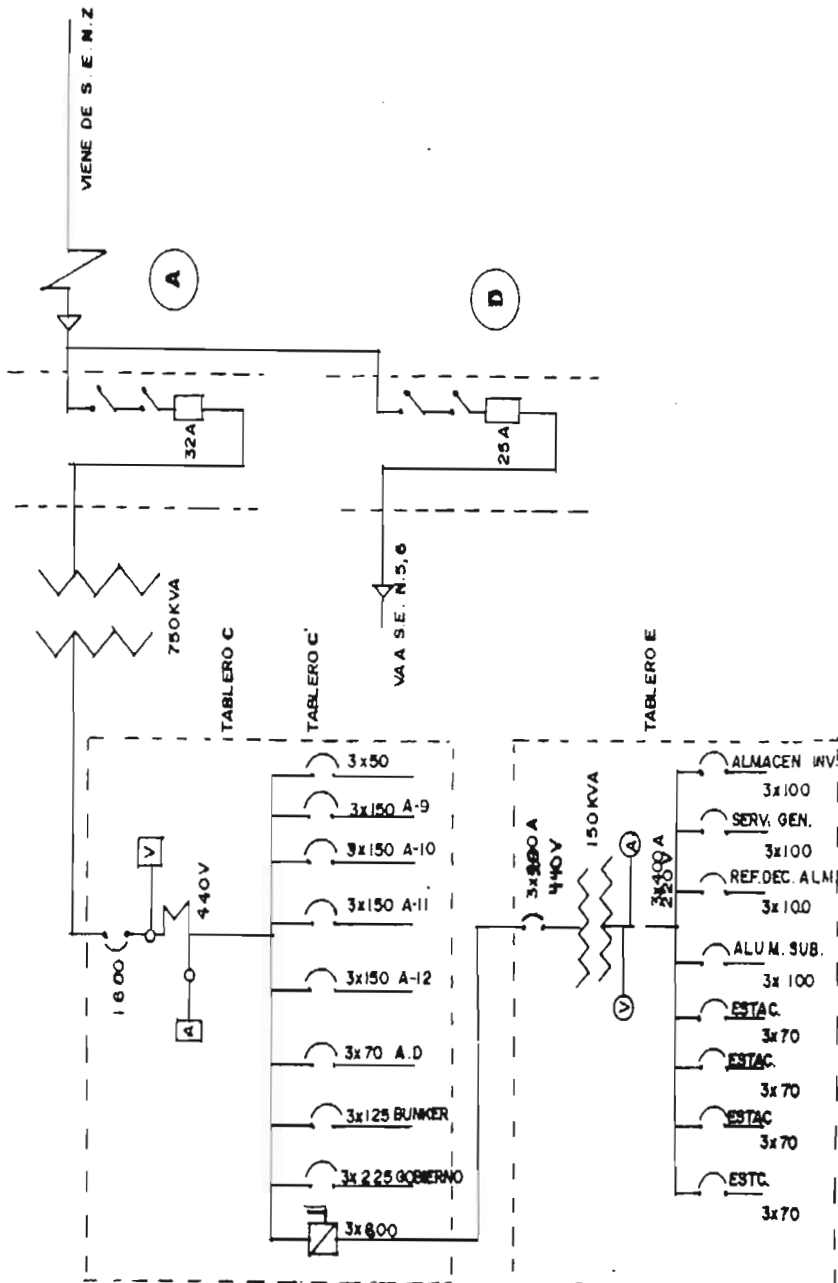


Figura No. 5.8. Vista de planta de emergencia con motor diesel de 450 kw enfriada con agua.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO
SUBESTACIÓN No. 4

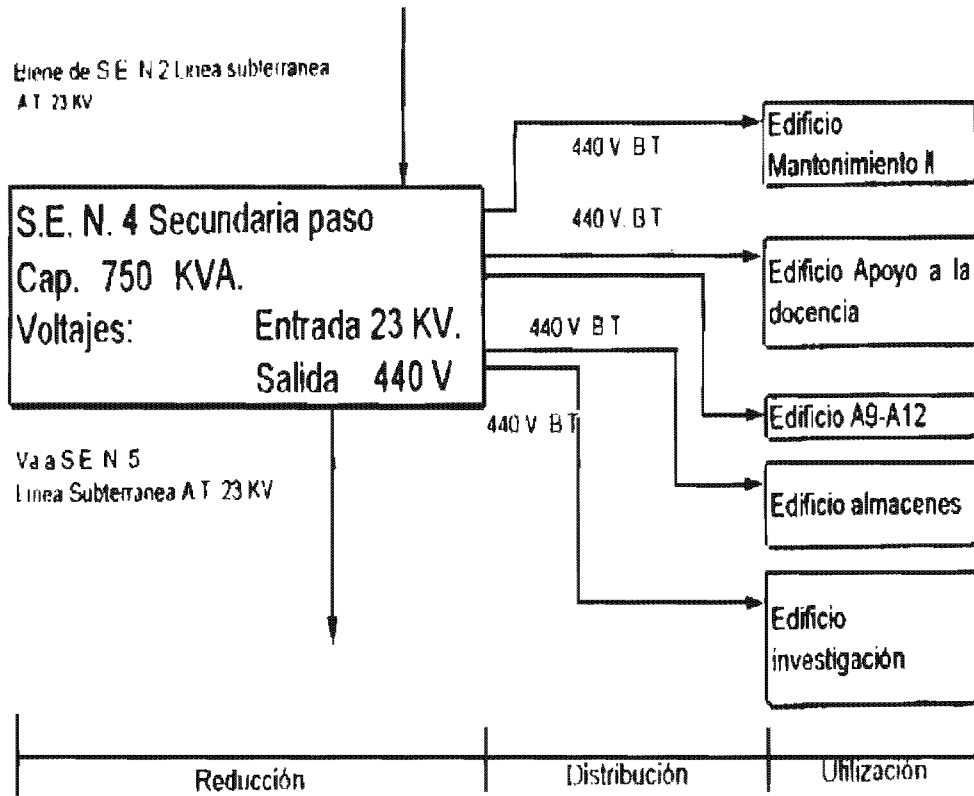
Símbolo	Concepto
A	Seccionador de A. T. marca Ceessa. Aloja fusibles de A. T. de capacidad de 32A. alimenta a la Subestación No. 4.
B	Transformador tipo aceite con capacidad de 750 KVA. con impedancia a 85° C de 7.0 % de tipo reductor de 23 kv a 440V.
C	Seccionador de A. T. marca Elmex. Aloja fusibles de A. T. marca Elmex de 25A. Este seccionador sirve de paso y conecta con las subestaciones número 5 y 6.
1	Tablero marca Westing House A. 440V. que aloja interruptor principal de 1600A, marca Federal Pacific tipo 50 H. 2 – 3 polos.
2	Tablero marca Westing House a. 440V. que aloja interruptores de derivación tipo Federal Pacific. Distribuye energía a los edificios del A-8 al A-12, Gobierno, entre otros.
3	Tablero autosoportado marca Federal Pasific, con transformador tipo seco de 150 KVA, con voltaje nominal de 440/220V. a 400A, número de serie A.H929.

DIAGRAMA UNIFILAR S.E.N. 4
(ALMACENES E INVENTARIOS)

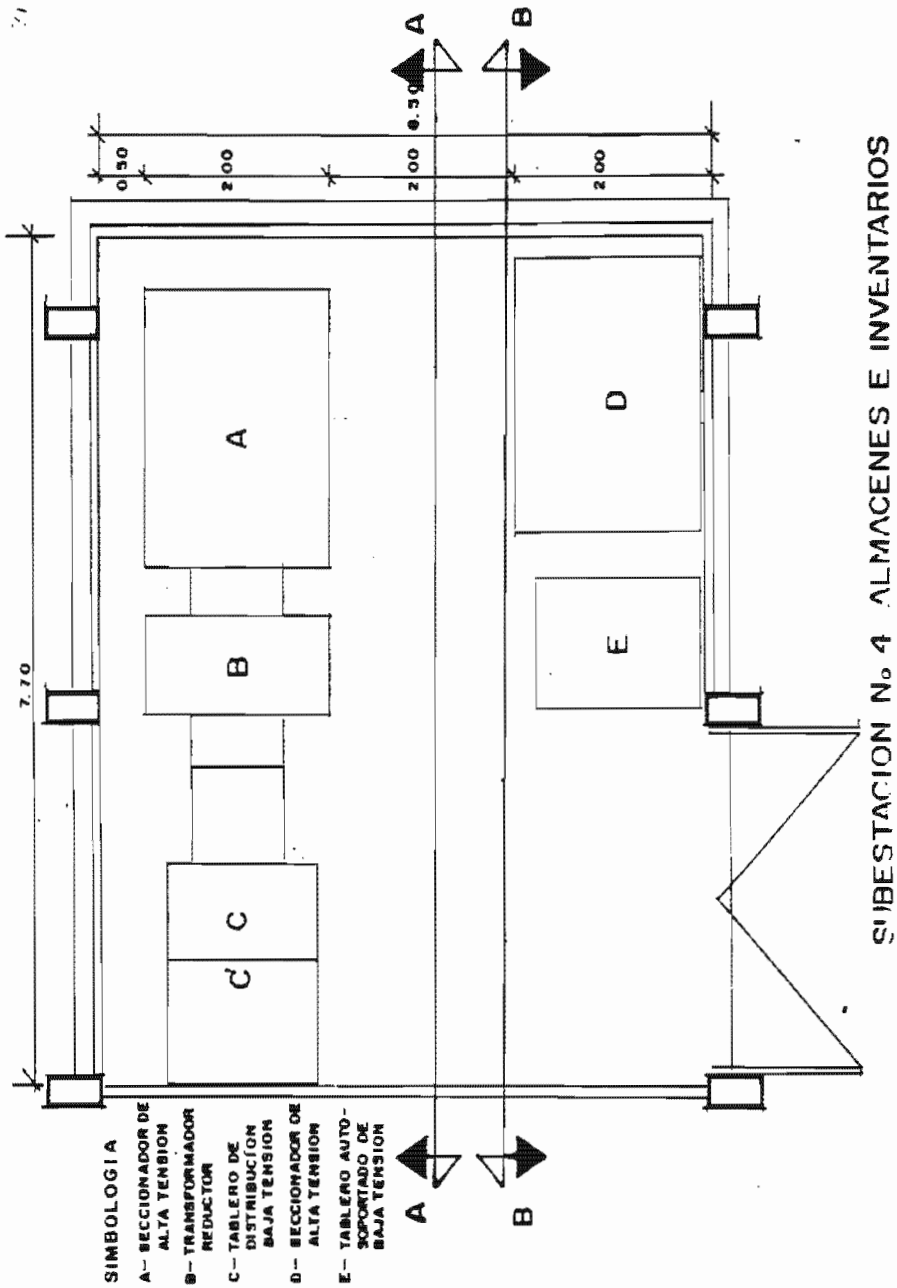


Plano No. 5.20. Diagrama unifilar subestación No. 4.

Diagrama lineal subestación N. 4

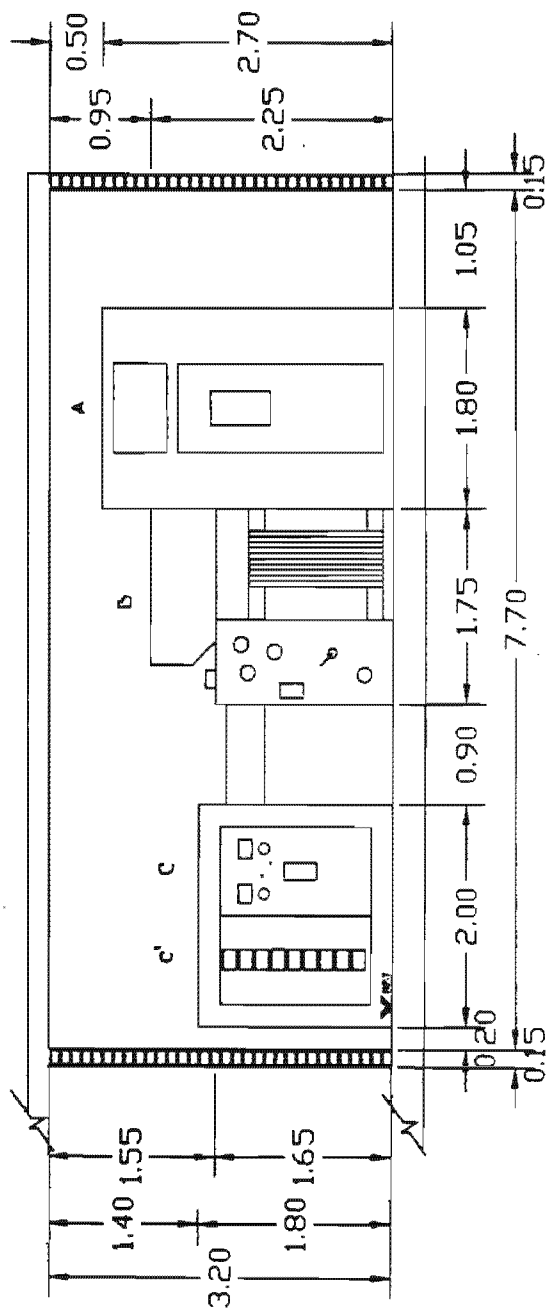


Abreviaturas	
Cia de L F	Compañía de luz y fuerza
A T	Alta tensión
B T	Baja Tensión
K V	Kilo volts
K V A	Kilo volts
S E	Subestación
C A P	Capacidad
P E	Planta de emergencia



Plano No. 5.22. Plano de planta subestación No. 4.

PLANO DE CORTE SUBESTACION N. 4
TABLEROS DE CONTROL



CORTE AA
PLANO ALZADO

Plano No. 5.23. Plano de alzado de subestación No. 4.

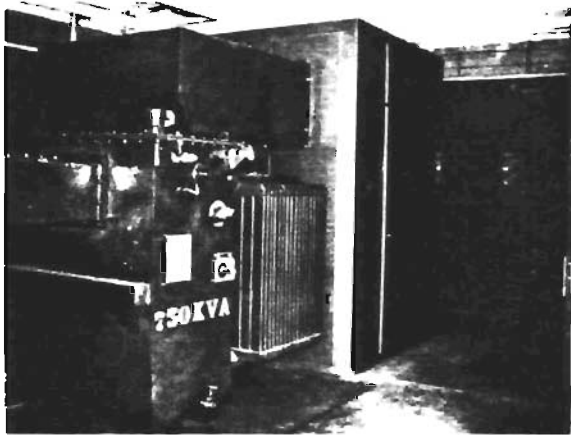


Figura No. 5.9. Vista de gabinetes seccionadores de A. T. y transformador enfriado en aceite con capacidad de 750 KVA, alimentación en 23 kv y reducción a 440v.

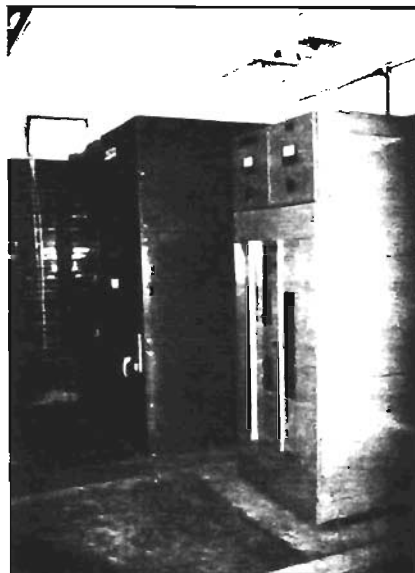


Figura No. 5.10. Vista de gabinete seccionador de A. T. de paso a subestación No. 5 y 6 y gabinete de distribución de B. T. a 220V

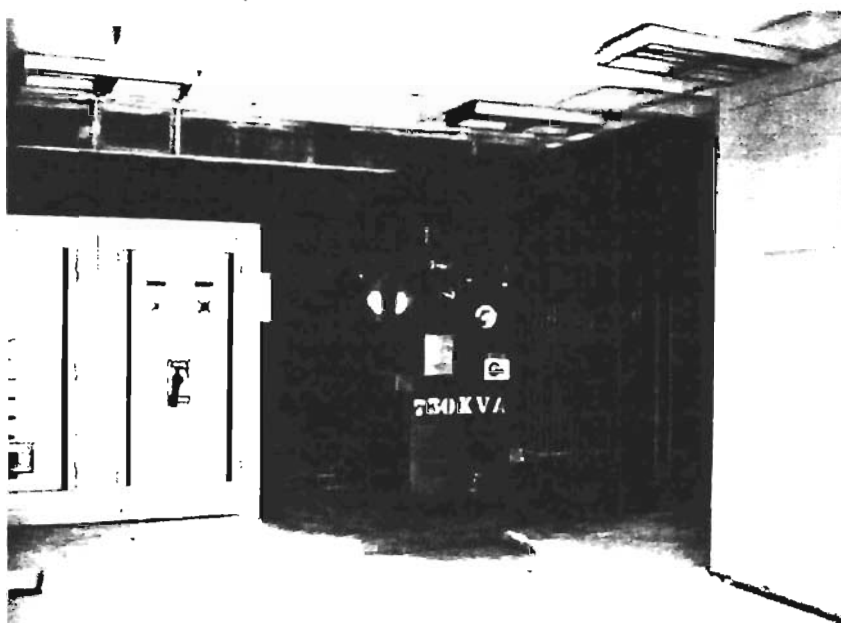
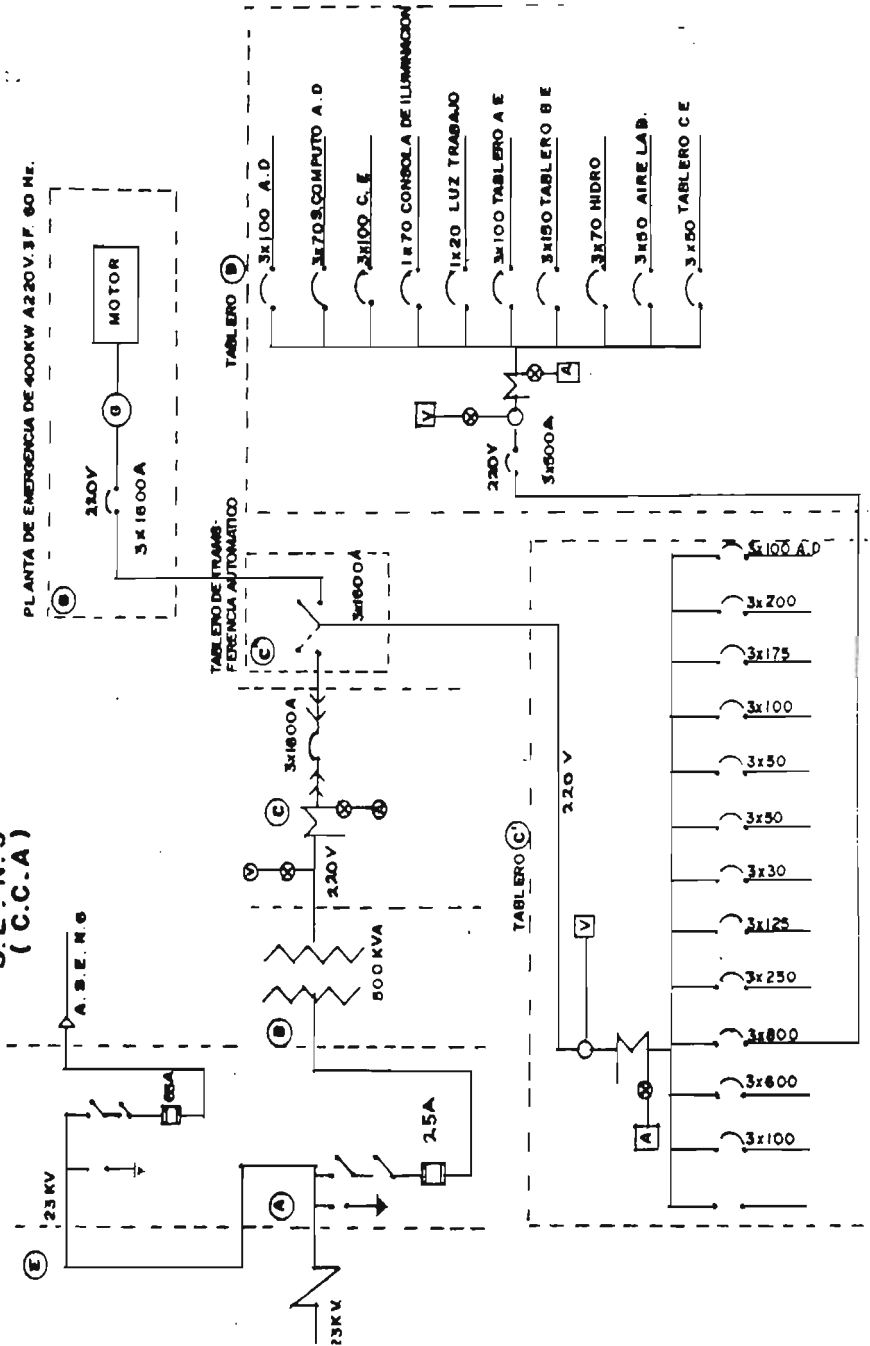


Figura No. 5.11. Vista frontal de los gabinetes que componen la subestación No. 4., de izquierda a derecha; gabinete autoportado de distribución de B. T. a 440 V , transformador reductor de A. T. 23kv a 440V, con capacidad de 750 KVA, y seccionador de A. T. 23kv.

SUBESTACIÓN No. 5
DESCRIPCIÓN DE EQUIPO

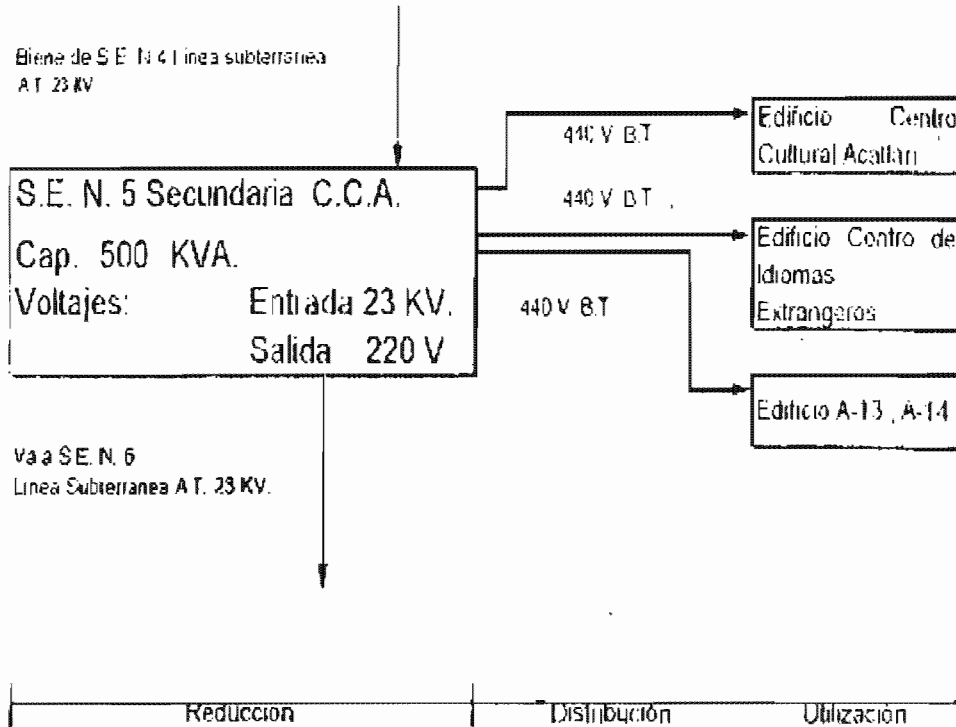
Símbolo	Concepto
A	Gabinete que aloja fusibles de A. T. marca Elmex de 25A., capacidad máxima de 23 kv con interruptor tipo Alduti.
B	Transformador tipo aceite marca Elmex (Iesa) de capacidad de 500 KVA con impedancia a 85° C de 6.2% voltaje nominal de 23kv a 220/127V y corriente nominal 12.6/1322 A.
C	Tablero de distribución marca Elmex que opera a 220V y aloja interruptor general tipo 50 H-2 3 polos a 480 volts con capacidad interruptiva de 50KA, capacidad de corriente nominal de 1600A., marca Federal Pacific.
C'	Tablero de distribución marca Elmex que opera a 220V 3 fases y aloja interruptores de marca Federal Pasific de distintas capacidades.
C''	Tablero de transferencia automático que aloja interruptores marca General Electric de 1600A., tipo Spectronic de 3 fases..
E	Gabinete de A. T. marca GEC-Alsthom (Elmex) que aloja fusibles de A. T. capacidad de 63A., este seccionador conecta a la S. E. No. 6.
F	Tanque de diesel de 1000 Lts. de capacidad.
G	Planta de emergencia de capacidad de 400kw, marca Ottomotores con motor de 4 tiempos, 4 cilindros. Generador marca Marathon que entrega un voltaje nominal de 220V, 3 fases, 1 neutro.

DIAGRAMA UNIFILAR.
S.E. N. 5
(C.C.A)



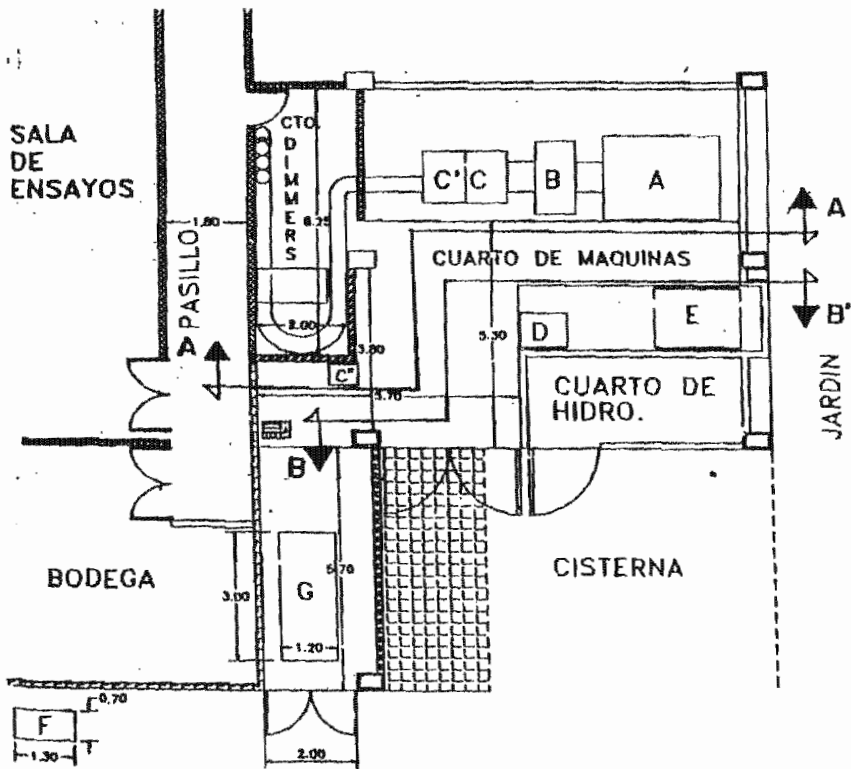
Plano No. 5.24. Diagrama unifilar subestación No. 5.

Diagrama lineal subestación N. 5



Abreviaturas	
Cia. de L.F.	Compañía de luz y fuerza
A.T.	Alta Tensión
B.T.	Baja Tensión
K.V.	Kilo volts
K.V.A.	Kilo volts
S.E.	Subestacion
CAP.	Capacidad
P.E.	Planta de emergencia

Plano No. 5.26. Plano de planta subestación No. 5.

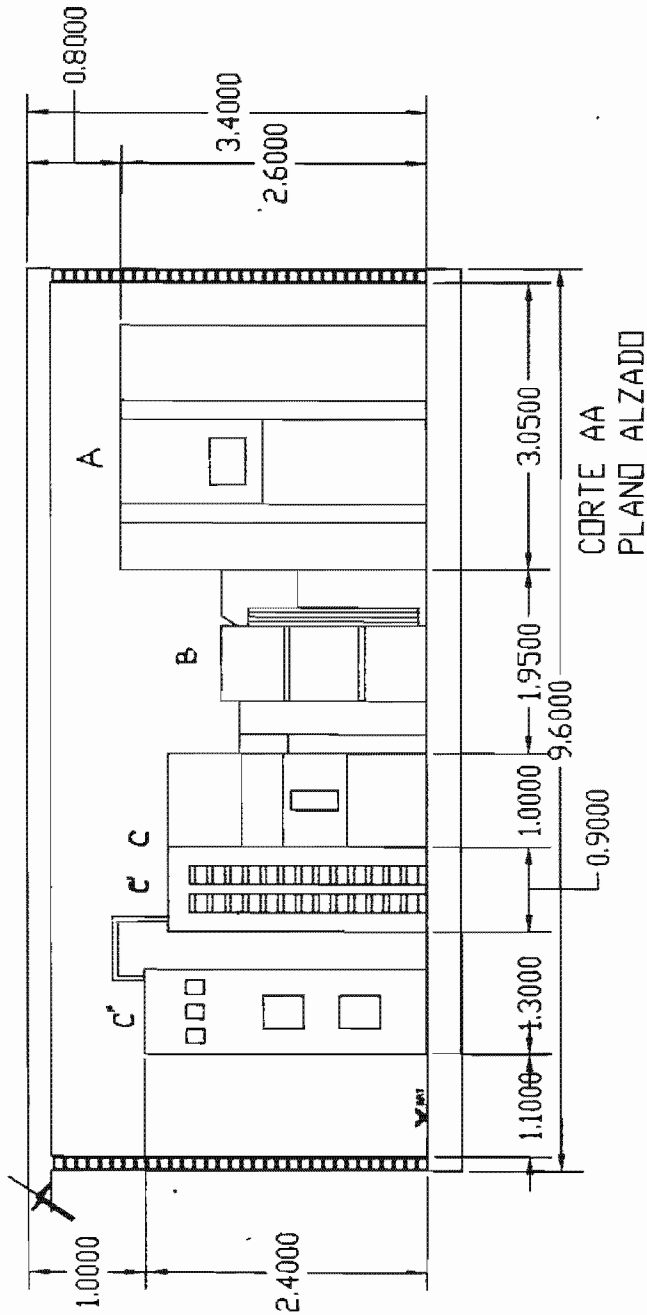


SIMBOLOGIA

- A) SECCIONADOR
- B) TRANSFORMADOR
- C y C') TABLERO PRIMARIO
- D) TABLERO SECUNDARIO
- E) SECCIONADOR HACIA EDIF. POSGRADO
- F) TANQUE DE DIESEL
- G) PLANTA DE EMERGENCIA
- C') TABLERO DE TRANSFERENCIA.

CTO. DE MAQUINAS (Subestación C.C.A.)
N. 5

PLANO DE CORTE SUBESTACION N. 5
 TABLEROS DE CONTROL



Plano No. 5.27. Plano de alzado de subestación No. 5.

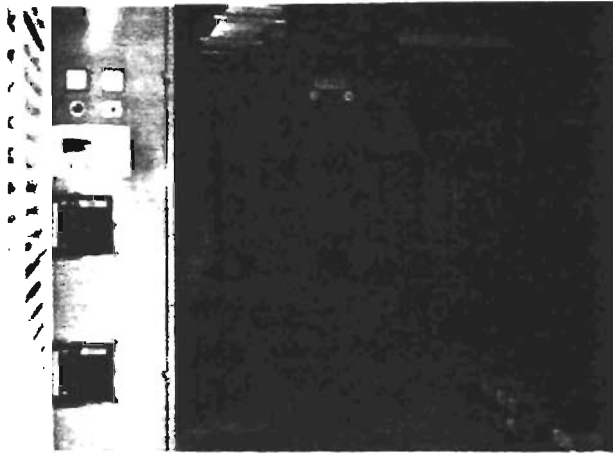


Figura No. 5.12. Vista interior al frente de la subestación No. 5. De izquierda a derecha; tablero de transferencia 1600A, tablero de distribución autosoportado de B. T. a 220V y transformador de 500 KVA.

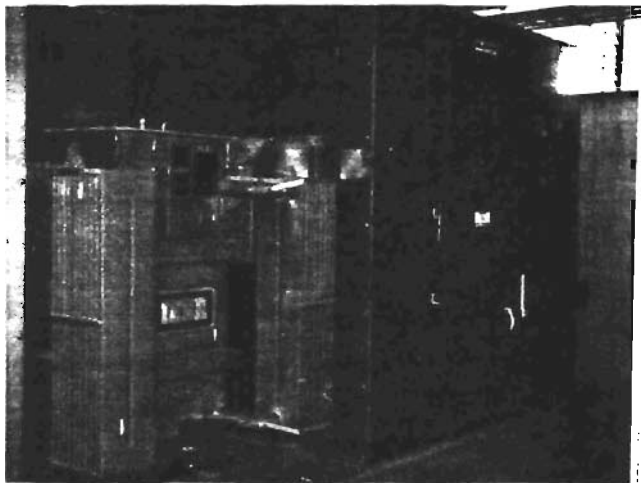


Figura No. 5.13. Vista al interior de subestación No. 5, de izquierda a derecha se observa; transformador reductor con capacidad de 500 KVA enfriado en aceite con capacidad nominal de 23kv/220V, en seguida se observa el gabinete seccionador de A. T. con capacidad nominal de 23kv.

Durante el desarrollo de este trabajo hemos mostrado las principales características técnicas sobre los cuartos de máquinas (subestaciones eléctricas) que se ubican dentro del plantel, con la finalidad de puntualizar cuales son los datos más importantes que se deben conocer dentro del área eléctrica que maneja el Departamento de Obra Electromecánica en la FES Acatlán. Con la finalidad de poder valorar cuales son los procedimientos a seguir en el momento en el que se proceda a elaborar un programa de mantenimiento, es importante primeramente ubicar físicamente las áreas, identificar sus capacidades de operación, estado en el que se encuentran, procedimientos de operación y mantenimiento.

Todo esto se puede lograr gracias a la realización de procedimientos de trabajo que se deben realizar al momento de tomar la coordinación del Departamento, hablamos de la elaboración de inventario, inspección, registro de los datos, elaboración de registros escritos y gráficos (fotos y planos de las instalaciones) y demás elementos que puedan coadyuvar la conformación de un registro completo y tan detallado como sea posible de los equipos.

Es importante mencionar que debido a la cantidad de información que se genera en el momento de iniciar un registro de los equipos, se procedió a valorar cual es la información de mayor relevancia para poder plasmarse en esta tesis, siendo esta la información que se ha integrado en estas páginas.

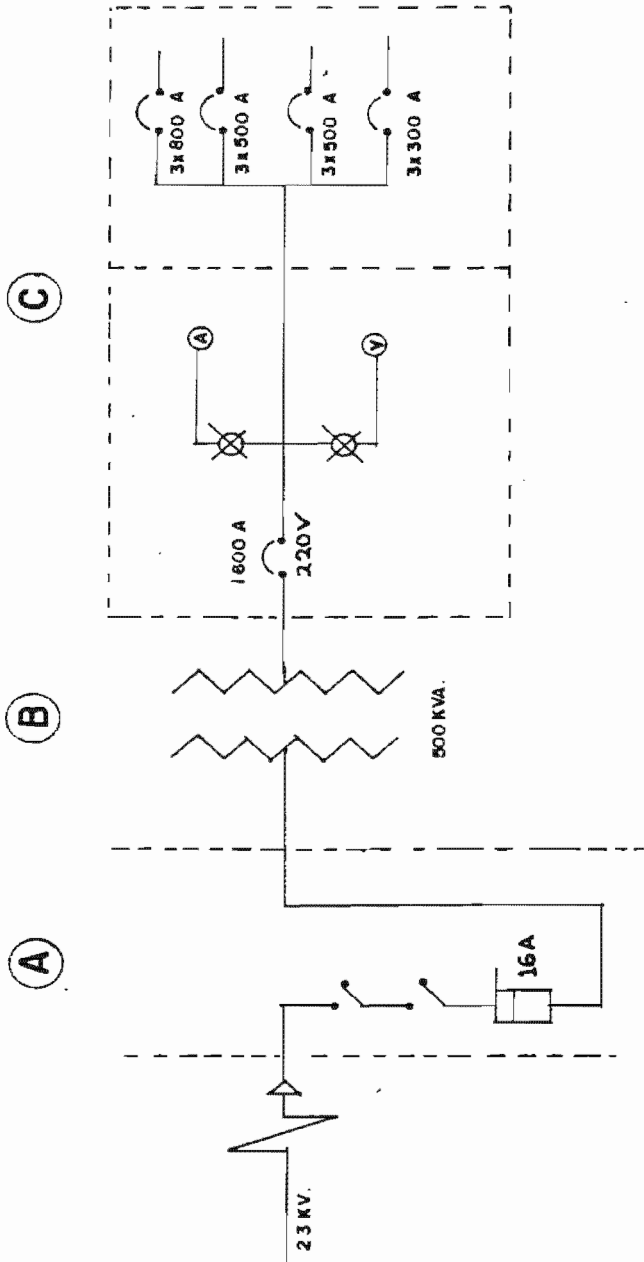
Debido a lo anterior hemos decidido mencionar las características básicas de los equipos, como una descripción escrita de los componentes de cada una de las subestaciones indicado con la simbología que se muestra en cada uno de los planos, que básicamente son los planos de mayor uso en el medio del mantenimiento, como son el de planta alzado diagramas unifilares diagramas lineales y detalles de las instalaciones. del mismo modo se han incorporado imágenes que se denominan como figuras en donde se puede observar las características reales en las que se encuentra el propio equipo desde diferentes ángulos.

Habiendo mencionado lo anterior procederemos a terminar con el último de los cuartos de máquinas hablamos de la subestación No. 6 ubicada en la zona norponiente del plantel y que alimenta básicamente a los edificios de posgrado que incluye el alumbrado interior y exterior del mismo.

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO
SUBESTACIÓN No. 6

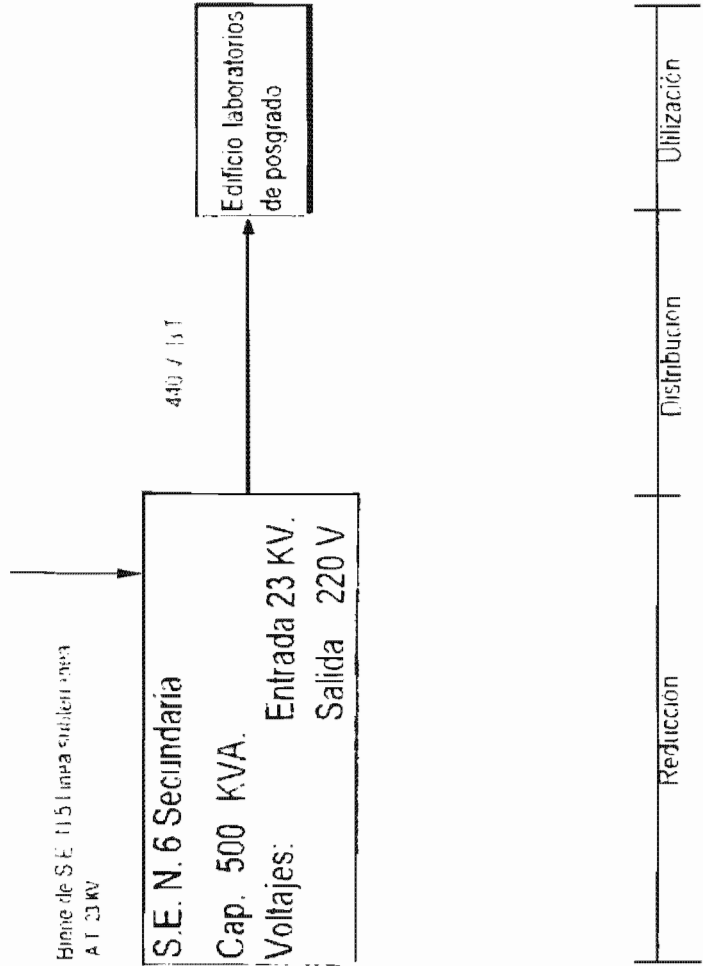
Símbolo	Concepto
A	Subestación compacta que aloja interruptor sin carga de 3 fases. Barras de A. T. para conectar a porta fusibles, marca de la subestación GEC Alsthom Elmex, aloja fusibles de A. T. Marca Driwisa de 16A.
B	Transformador reductor de 500 KVA en aceite conexión delta-estrella, impedancia a 85° C, 2.28%, voltaje nominal de 23 kv-220/127 a 1600A.
C	Tablero de distribución marca Iersa con panel digital de medición. aloja interruptor principal marca Merlin Gering de 3 X 1600A y 4 interruptores Square'd de 3 X 800, 3 X 500, 3 X 500 y 3 X 300A.
D	Trinchera de instalación eléctrica de 80 X 80 X 60 cm de dimensiones.

DIAGRAMA UNIFILAR SUBESTACION N. 6



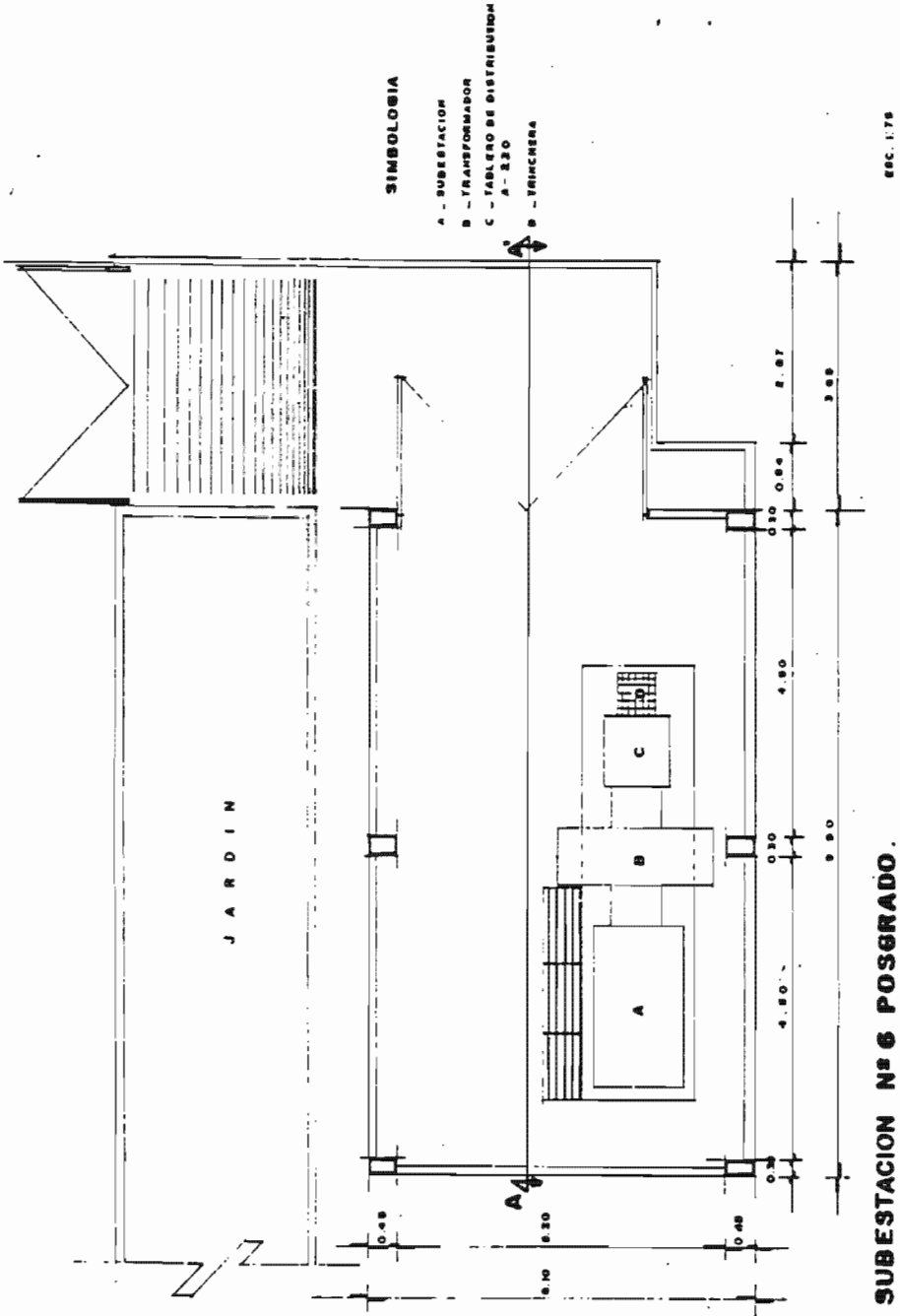
Plano No. 5.28. Diagrama unifilar de subestación No. 6.

Diagrama lineal subestación N. 6



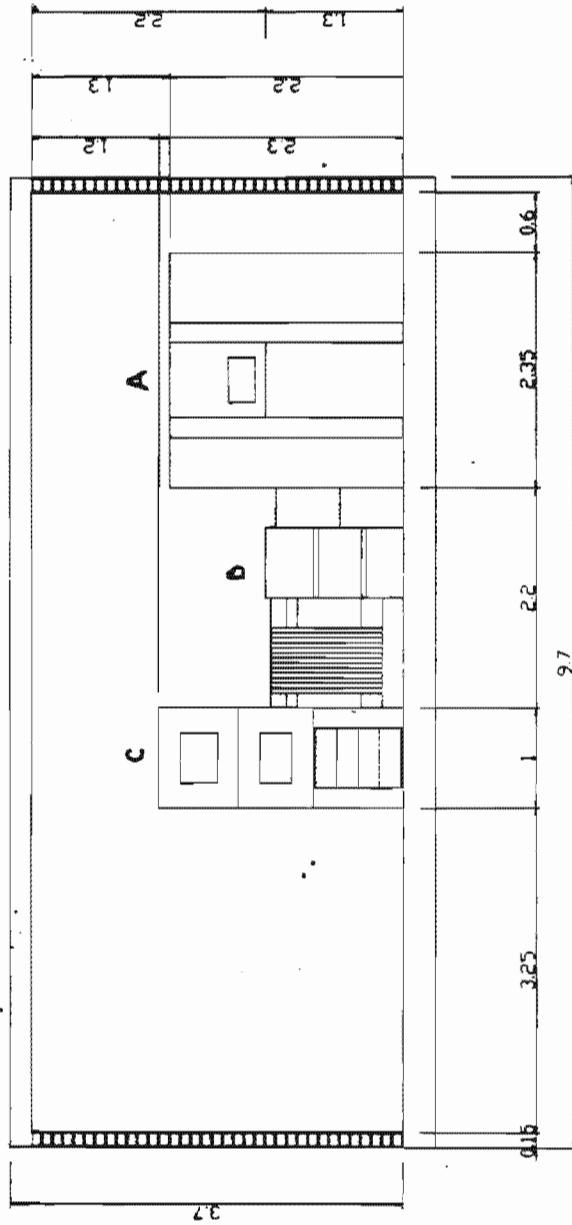
Abreviaturas	
Cap de L.F.	Compañía de luz y fuerza
A.T.	Alta Tensión
B.T.	Baja Tensión
K.V.	Kilo volts
K.V.A.	Kilo v. Alts
S.E.	Subestación
Cap	Capacidad
P.F.	Planta de emergencia

Plano No. 5.29. Diagrama lineal de subestación No. 6.



Plano No. 5.30. Plano de planta de subestación No. 6.

PLANO DE CORTE SUBESTACION N. 6
TABLEROS DE CONTROL



CORTE AA'
PLANO ALZADO

Plano No. 5.31. Plano de alzado de subestación No. 6.



Figura No. 5.14. Vista del interior de la subestación No. 6, de izquierda a derecha se muestra el gabinete autoportado de distribución de B. T. a 220V, transformador reductor tipo pedestal enfriado en aceite de capacidad de 500 KVA y gabinete seccionador de A. T. con capacidad nominal de 23 kv.

5.1.4. *El mantenimiento.*

Hemos llegado a la etapa en donde tenemos que describir las actividades propias del mantenimiento a una subestación eléctrica. Como sabemos este tipo de equipos son básicamente un conjunto de elementos que interconectados forman el cuarto de subestación, y de este modo se procederá a describir cuales son los pasos a seguir para poder llevar a cabo un mantenimiento preventivo adecuado a las condiciones de operación de los equipos en cuestión.

Mucho hemos hablado de los procedimientos a seguir en el proceso de un mantenimiento preventivo, ahora pasaremos a describir este trabajo de manera técnica y real.

Como sabemos, para poder realizar el trabajo de mantenimiento a una subestación de tipo compacta, es primordial saber que se deben hacer maniobras de libranza para desenergizar las líneas de Alta Tensión (A.T.).

Ya hemos visto la distribución existente en la infraestructura de las instalaciones del plantel y se puede ver que las líneas de A.T. que alimentan a cada una de las seis subestaciones están conectadas en serie, arreglo que permite la posibilidad de realizar cortes de energía (LIBRANZA) desde la acometida principal, o si así lo ameritan los trabajos, se podrán hacer cortes de energía seccionados desde las mismas subestaciones al interior del plantel, dependiendo de la zona donde se valla a trabajar. En el caso de una libranza desde la acometida principal (Mufa), primeramente se deberán realizar las gestiones pertinentes ante la Compañía de Luz y Fuerza (C. de L. y F.) ya que, son ellos los autorizados a realizar estas maniobras en las instalaciones consideradas como propiedad de la misma compañía.

Todas las maniobras por realizarse las deberán hacer personas capacitadas, que cuenten con equipo de seguridad e instrumentos de operación adecuados y en condiciones de operación, para que se puedan llevar a cabo los trabajos de manera segura y cumpliendo con las normas de seguridad nacionales e internacionales ya establecidas.

Equipo de seguridad:

- Guantes de algodón
- Guantes de Hule (dieléctricos) para 25 KV.
- Guantes de Gamusa.
- Casco de plástico dieléctrico.
- Lámpara sorda.
- Usar ropa de algodón.
- Calzar zapato dieléctrico.

Equipo de protección mínimo dentro de la subestación:

- Extinguidor de polvos químicos.
- Tarimas aislantes al frente de y a todo lo largo de los gabinetes de A.T.
- Lámparas de emergencia.
- Pértiga de 3 metros de longitud como mínimo.
- Juego de cables para aterrizar y descargar las barras de A.T.

Pasos a seguir, para la desconexión de una subestación:

Antes de energizar o desenergizar la subestación los operarios deberán de:

- Usar ropa y equipo de seguridad.
 - Previo a desenergizar las instalaciones de manera general, se deberá proceder a realizar la apertura de los circuitos derivados, esto es, que se abran todos los circuitos con carga conectados en Baja Tensión (B.T.) en cada subestación.

- Abrir el interruptor general de B.T. pasando de la posición On a Off.
- Abrir el interruptor de fuerza (seccionador de carga) dejando los contactos principales de fuerza abiertos siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Verificar que los tres polos de las cuchillas se encuentren desconectadas.
- Abrir las cuchillas de paso o prueba si cuenta con ellas.
- En el caso de que el seccionador cuente con un sistema de soporte de fusibles de potencia con canillas, estas deberán desconectarse una por una empezando por la central, posteriormente la derecha y por ultimo la izquierda.
- En el caso de contar con un interruptor de carga simple, apertura servicio interior, montaje vertical 3 polos, operación en grupo por medio de palanca tipo reciprocante, con mecanismo de energía almacenada para la apertura y cierre rápidos, sólo se tiene que hacer un movimiento hacia donde indique abierto para desconectar el interruptor.
- Abrir las puertas del gabinete del interruptor y dejarla abierta por un espacio de 60 segundos antes de realizar algún trabajo dentro del mismo tiempo (tiempo de desionización del medio).
- Puesta a tierra; para descargar a tierra las barras de las fases, primero se deberá conectar la punta del cable del equipo a la barra de tierra física de la malla de tierras existente y con la pértiga se colocaran los clips de sujeción del mismo equipo a cada una de las fases, tomando las precauciones pertinentes, uno a uno. De esta forma se irán descargando las líneas de A.T., se dejará conectado el equipo a tierra y a las fases hasta concluir los trabajos.

Una vez que se hayan tomado las medidas de seguridad pertinentes se procederá a tomar lecturas de voltaje para cerciorarse que no exista conducción de corriente dentro de la subestación. posteriormente se procederá a realizar los trabajos de mantenimiento preventivos.

Descripción del equipo.

El transformador.

Es la parte más importante de una Subestación, dispositivo electromagnético estático destinado a la transformación de una corriente alterna (primaria) en otra secundaria de otras características.

Basado en un principio de inducción electro magnética de dos bobinas, si se le aplica una tensión de C.A. entre los bornes de una de las bobinas (primario) y debido a la acción del flujo magnético que corta a las bobinas se establecerá una F.E.M. (fuerza electromotriz) alterna en el secundario, la cual a su vez producirá en él una corriente alterna que alimentará el circuito conectado en sus bornes.

Para reforzar el acoplamiento electromagnético entre las bobinas se provee de un núcleo laminado de chapas de hierro entre las bobinas. La potencia nominal del transformador es el valor de la potencia aparente dado en KVA.

Partes principales.

El transformador sumergido en aceite está formado por tres partes principalmente:

- **Parte Activa:**
Núcleo, bobina, cambiador de derivaciones (Taps), bastidor.
- **Parte Pasiva:**
Tanque de alojamiento de aceite, Radiadores de enfriamiento.
- **Accesorios:**
Tanque conservador, boquillas, tablero de control de bomba de aceite, ventiladores, válvulas de drenado y llenado del aceite, conectores de tierra física, termómetro y carátula de nivel de aceite.

Trabajos de mantenimiento.

Pruebas de humedad al aceite del transformador:

Tomando una probeta llenarla hasta 2/3 de su capacidad y calentarla lentamente hasta llegar a los 100 ° C, puede aceptarse que el aceite no contiene más que trazas de humedad que no perjudican a su rigidez dieléctrica, si al calentarlo no se presenta burbujeo, pero si las burbujas comienzan a salir entre los 80 o 90° C el grado de humedad es alto.

Si al llegar a los 60° C el aceite empieza a crepitar subiendo de tono a medida que aumenta la temperatura, siendo eso indicio de un alto contenido de agua, por lo cual en los dos casos se procederá a un secado completo del aceite, regenerándolo, secado del tanque y de la parte viva.

Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite:

Según norma oficial (NOM-J-123-1977) de aceite para transformadores, se debe proceder a esta prueba con fines de seguridad cuando no se conoce el estado del aceite en el transformador o cuando este ha permanecido almacenado por mucho tiempo.

Se toma una muestra del aceite del transformador en un vaso de precipitado de vidrio totalmente libre de impurezas, se vierte aceite en la copa de prueba del equipo asegurando la misma, se espera que el aceite repose durante 30 segundos o un minuto para que las burbujas escapen.

Se comienza a aplicar una tensión que va desde cero hasta el valor de ruptura, se tomarán cinco lecturas para sacar el valor promedio, el que será anotado en el protocolo de pruebas, bajo la norma ASTM B77 con electrodo tipo disco de 25.4mm de diámetro y una separación de 2.54mm se tendrá una tensión de ruptura dieléctrica de 30 KV/min, como base, la muestra de aceite estará a una temperatura mínima de 20 °C, 68 °F.

Normalmente una rigidez dieléctrica de 18 KV es considerada como baja, 25 KV o mayor es considerada como buena. Un aceite limpio y nuevo soporta normalmente 35 KV. La regeneración del aceite se deberá realizar cuando el aceite rompe a menos de 22 KV, procediendo al filtrado y centrifugado. Una vez hecho esto, se realizarán pruebas nuevamente, si el aceite sigue sin romper a mas de 22 KV, se deberá sustituir por uno nuevo.

Prueba de acidez del aceite.

Esta comprobación es aplicable con equipos de mucho tiempo de servicio ya que el índice de acidez aumenta con el envejecimiento y debe ser menor a 0.5 mg de potasio por gramo de aceite, arriba de este valor el aceite tiende a formar peróxidos, que por oxidación destruyen la celulosa de que están hechos algunos aislamientos, en este caso hay que regenerar el aceite.

Ensayo: Ponga 20cm³ de aceite en un matraz de 300 cm³. Agregue de 70 a 100 cm³ de una mezcla neutralizada que se forma con una parte de alcohol de 96° y de partes de benzol puro y al que se agregan unos 2 cm³ de indicador (tintura azul de tornasol al 2 %).

En una probeta graduada ponga una solución de potasa cáustica normal 1/10, después de haber agitado el contenido del matraz agréguele gota a gota la solución de potasa cáustica hasta que el aceite tome netamente una coloración roja, ésta no desaparecerá después de haber agitado durante 10 segundos.

Designado por "n" (KOH) el número de cm³ de solución de potasa cáustica a 1/10 necesario para neutralizar el aceite y por "g" al peso específico de éste, el índice de acidez "s" puede calcularse con ayuda de la fórmula:

$$s = \frac{n(5.615)}{g20} \quad ; \quad \text{donde } "g" = 0.89$$

Resistencia de aislamiento al transformador:

Esta prueba sirve, básicamente para determinar la cantidad de humedad e impurezas que contienen los aislamientos del transformador.

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle una tensión de C.D. durante un tiempo dado (como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 min.).

La prueba se realiza con un "MEGGER".

El análisis de resultados se realiza con los valores obtenidos y corregidos a 20 ° C, el criterio aceptación o rechazo es fijado por el fabricante.

Así mismo, deberá analizarse el incremento de la resistencia entre el primer minuto y el décimo minuto. El cociente dará un número mayor a la unidad que se conoce como índice de polarización I_p .

$$I_p = \frac{\text{R de aisl. 10 min.}}{\text{R de aisl. 1 min.}}$$

Los resultados de la prueba de resistencia de aislamiento se ven gravemente afectados por la temperatura, por lo que tienen que ajustarse empleando ciertos factores de corrección (K) los cuales se pueden ver en la tabla siguiente:

TEMPERATURA	FACTOR "k"	TEMPERATURA	FACTOR "K"
95	89.0	35	2.5
90	66.0	30	1.8
85	49.0	25	1.3
80	36.2	20	1.0
75	26.8	15	0.73
70	20.0	10	0.54
65	14.8	5	0.40
60	11.0	0	0.30
55	8.1	-5	0.22
50	6.0	-10	0.16
45	4.5	-15	0.12
40	3.3		

Tabla No. 5.1. Factor para corrección de resistencia de aislamiento por temperatura a 20° C

La prueba de resistencia de aislamiento de un transformador se realiza involucrando las siguientes conexiones:

- Alta tensión contra baja tensión más tierra.
- Baja tensión contra alta tensión más tierra.
- Alta tensión contra baja tensión.

La medición de resistencia de aislamiento es una prueba de potencial y debe de restringirse a valores apropiados, dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento, ya que si la tensión de prueba es alta se puede provocar fatiga en el aislamiento.

Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5000 VCD.


Criterios de aceptación y rechazo.

Dichos criterios establecen que los valores del índice de absorción de 1.4 o mayor, son indicativos de buenas condiciones de aislamiento, ver siguiente tabla:

CONDICIONES	RELACIÓN 60/15 seg.	RELACIÓN 10/1 min.
PELIGRO	-----	Menos de 1
POBRE	Menos de 1.1	Menos de 1.5
DUDOSO	1.1 a 1.25	1.5 a 2
REGULAR	1.25 a 1.4	2 a 3
BUENO	1.4 a 1.6	3 a 4
EXCELENTE	Arriba de 1.6	Arriba de 4

Tabla No. 5.2. Condiciones de aislamiento basadas en la relación de índice de absorción dieléctrica y el índice de polarización.

A continuación se presenta la figura No. 5.15., en donde se muestra el registro final de un transformador trifásico de la marca PROLEC de GE antes de instalar.



Division Distribucion

REGISTRO DE PRUEBAS FINALES TRANSFORMADOR TRIFASICO

SERIE No. 1512-02

CAPACIDAD <u>500</u> KVA	FRECUENCIA <u>60</u> HZ	FECHA <u>Agosto 15</u>
V A T <u>23000</u> V	ELEVACION DE TEMP <u>65</u> °C	NBIAT <u>15</u>
V B T <u>220</u> V	ALTITUD <u>2300</u> M S N M	NBIBT <u>21</u>
FASES <u>3</u>	CONEXION <u>A-T</u>	NBIN <u>26</u>

IT 10 0 4 RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO

CONEXION	AT=BT-T	BT=AT-T
V DE PRUEBA	2500 V	
TEMP	26 °C	
15 SEG	15000	10000
30 SEG	20000	15000
45 SEG	25000	20000
1 MIN	30000	25000
2 MIN	35000	30000
3 MIN	40000	35000
4 MIN	45000	40000
5 MIN	50000	45000
6 MIN	55000	50000
7 MIN	60000	55000
8 MIN	65000	60000
9 MIN	70000	65000
10 MIN	75000	70000
IA 6013 NEW	2.13	2.60
LP 10:1 MIN	2.18	2.81

IT 10 4 6 POTENCIAL APLICADO

DEVANADO EXCITADO	Nº	VOLTAJE APLICADO	RESULTADO
A T	100 KV	50 KV	Sobretension
B T	80 KV	40 KV	Sobretension

IT 10 4 4 POTENCIAL INDUCIDO

DEVANADO EXCITADO	VOLTAJE	FRECUENCIA	RESULTADO
B T	40 V	400 HZ	18 SEG Sobretension

PROC 10 3 RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE

LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	PROMEDIO
53.0 KV	54.0 KV	55.0 KV	54.0 KV

IT 10 0 3 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISL (60 HZ A 2500 V) FACTOR DE CORRECCION 0.87

DEVANADO				MILIVOLTAMPERES			MILIWATTS			% DEP A 20 °C	% DEP A 20 °C	CAPAC
E	T	G	UST	LECT	K	MVA	LECT	K	MW			
1	M	X	A	87	100	1300	19	2	30	0.453	0.402	35.0
2	M	X	A	85	100	2700	18	2	20	0.800	0.754	106
3	X	M	A	76	800	15000	27	2	96	0.365	0.324	4.75
4	X	M	A	74	100	9400	10	2	26	0.322	0.333	3.97
5	3	2	A			5800			18	0.310	0.327	2.97
6	3	4	A			5800			20	0.344	0.303	2.12
7	M	X	A	55	100	5700	10	2	20	0.337	0.291	2.50
8	X	M	A	55	100	5700	10	2	20	0.337	0.291	2.50

IT 10 1 RELACION DE TRANSFORMACION

POS	FASE 1	FASE 2	FASE 3
1	170 101	150 120	150 020
2	185 515	185 205	185 518
3	81 107	101 110	101 025
4	236 510	136 520	136 522
5	191 400	191 400	191 400

IT 10 0 2 RESISTENCIAS DE DEVANADOS

A -	RESIST POS NOM	B T	RESIST A 20 °C
M1=M2	6.020	X1=X2	0.000602
M2=M3	5.970	X2=X3	0.000597
M3=M1	6.020	X3=X1	0.000602
SUMA	18.010	SUMA	0.001801
PROV	6.001	PROV	0.000597

IT 10 4 1 PERDIDAS SIN CARGA

TEMP	TENSION MEDIA	TENSION EF CAZ	AMPERES	WATTS MEDIOS
22	220.0	220.0	4.51	1124
23	221.3	221.3	4.51	1124
24	218.3	218.3	4.55	1124
PROV	220.0	220.0	4.52	1124

IT 10 4 2 PERDIDAS CON CARGA

TEMP	AMPERES	TENSION EF CAZ	NOM AL 100% A 20 °C	WATTS MEDIOS	WATTS CORR
22	12.2	251	3492	4061.67	3492
23	12.2	251	3492	4061.67	3492
24	12.2	251	3492	4061.67	3492
PROV	12.2	251	3492	4061.67	3492

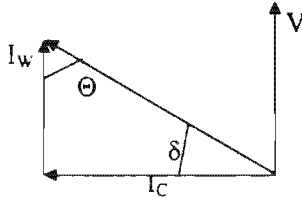
REVISOR [Signature]

Figura No. 5.15. Registro de pruebas finales a transformador trifásico, esta registro es entregado al usuario al momento de hacer la entrega de las instalaciones al termino de los trabajos.

Prueba de factor de disipación de los aislamientos.

El objeto de principal de esta prueba es el verificar el grado de sequedad que contienen los materiales aislantes, por lo cual es una prueba complementaria a la de resistencia de materiales.

La prueba se realiza aplicando una tensión de 2.5 KV entre el devanado de alta tensión y el de baja tensión. Con ello circulará una corriente a través de los aislamientos formados por dos componentes, la corriente I_C se debe a la capacidad del aislamiento y la corriente I_w a la conductancia transversal. Ver gráfica No. 5.1.



Grafica No. 5.1. Diagrama vectorial del factor de potencia del aislamiento.

Por definición el factor de disipación es la tangente $\delta = I_w / I_C$.
El ángulo θ es complementario al ángulo δ y por lo tanto:

$$\cos \theta = \frac{I_C}{I} \quad (\text{factor de potencia})$$

La prueba se realiza utilizando un aparato llamado puente de Schering o también se puede obtener midiendo las pérdidas en miliwatts y la potencia aparente en milivolts-ampères con un probador de la Dobe Engineering. Esta prueba al igual que la de resistencia de aislamiento se debe realizar a una temperatura aproximada de 20° C.

Las conexiones que se hacen para realizar esta prueba son las mismas que la prueba de resistencias de aislamiento, aunque se suprime la prueba de A. T. contra B. T.

Los valores admisibles sugeridos por la mayoría de los fabricantes de transformadores son de 2% como máximo a 20° C para transformadores de distribución y 1% para transformadores de potencia.

Los apartarrayos.

Son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores que limitan la amplitud de las sobretensiones, originadas por descargas atmosféricas, operaciones de interruptores o desbalanceo del sistema.

Una vez desaparecidas las sobretensiones y restablecida la tensión normal, el dispositivo de protección debe ser capaz de interrumpir la corriente.

Tipos de sobretensiones:

Sobretensiones de impulso de rayo: Son generadas por las descargas eléctricas en la atmósfera (rayos); tienen una duración del orden de decenas de microsegundos.

Sobretensiones de impulso por maniobra: Son originadas por la operación de los interruptores. Producen ondas con frecuencia del orden de 10 kHz y se amortiguan rápidamente. Tienen una duración del orden de milisegundos.

Sobretensiones de baja frecuencia (60 Hz). Se origina durante los rechazos de carga en un sistema, por desequilibrio en una red o corto circuito de fase a tierra. Tiene la duración del orden de algunos ciclos.

Los apartarrayos deben quedar conectados permanentemente a los circuitos que protegen y entrar en operación en el instante en que la sobretensión alcanza un valor convenido superior a la tensión máxima del sistema.

Características de los apartarrayos autovalvulares.

Este grupo de apartarrayos, llamados también de tipo convencional, están unidos por una serie de resistencias no lineales de carburo de silicio, prácticamente sin inductancia, presentados como pequeños cilindros de material prensado. Las resistencias se conectan en serie con un conjunto de explosores intercalados entre los cilindros. Ver la siguiente figura.

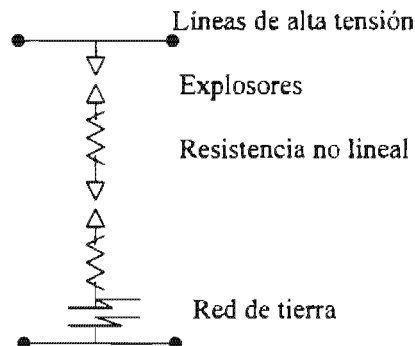


Figura No. 5.16. Esquema de apartarrayo autovalvular.

Las resistencias evitan que, una vez iniciada la descarga en los explosores, se produzcan corrientes permanentes. A su vez permiten disminuir las distancias entre los electrodos, proporcionando mayor sensibilidad al apartarrayos, aún en el caso de sobretensiones reducidas.

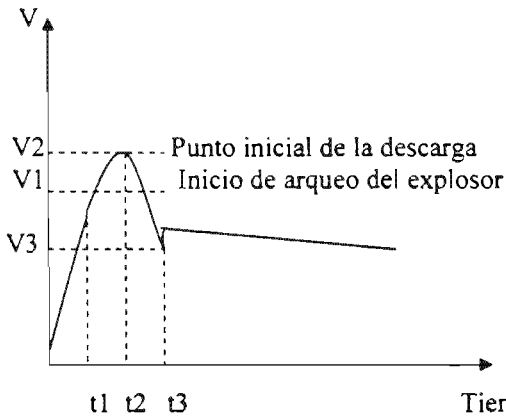
La curva característica no lineal de tensión corriente se obtiene a partir de las propiedades semiconductoras del carburo de silicio y el aglutinamiento que permite cierto contacto entre las partículas.

Esto convierte al apartarrayos en una válvula de seguridad para altas tensiones, que funcionan en el momento necesario, evitando la presencia de la corriente de corto circuito.

Funcionamiento del apartarrayos.

Cuando se origina una sobretensión, se produce el arqueo de los entrehierros y la corriente resultante es limitada por las resistencias, hasta que los explosores interrumpen definitivamente la corriente.

En la gráfica No. 5.2., se observa que una vez iniciada la onda de choque, ésta empieza a crecer hasta llegar a V_1 , punto en el cual empieza a ionizarse el entrehierro del explosor, sigue creciendo la tensión y al llegar a V_2 , se produce el arco entre las terminales del explosor.



Gráfica No. 5.2. Representación gráfica del funcionamiento de un apartarrayos.

A V_2 , se le llama tensión de arranque del apartarrayos. A partir de este valor, la tensión desciende rápidamente hasta llegar a V_3 , que se denomina tensión residual, y cuya magnitud aparece entre las terminales del apartarrayos, en el momento en que la corriente de descarga alcanza su valor máximo de intensidad.

Por otro lado la descarga de la sobrecorriente, en la resistencia no lineal, circula una corriente con un valor máximo, que fija la capacidad máxima de energía a través del apartarrayos.

El apartarrayos está formado por:

- 1) Capuchón aislante.
- 2) Terminal superior.
- 3) Conjunto de cámara de arqueo.
- 4) Resortes de contacto con derivador
- 5) Cilindros autovalvulares.
- 6) Porcelana fabricada bajo proceso húmedo.
- 7) Abrazadera galvanizada de sujeción.
- 8) Indicador de fallas.
- 9) Sello soldado.

Trabajos de Mantenimiento.

Prueba de resistencia de aislamiento a los apartarrayos.

La aplicación de esta prueba tiene como objeto; determinar el posible deterioro interior del apartarrayos.

Procedimiento de la prueba.

- a) Se desconecta de la línea con la apertura de las cuchillas seccionadoras y de paso. La prueba se realiza con los apartarrayos colocados en su sitio.
- b) Se realiza la limpieza de la porcelana y los extremos del mismo.
- c) Revisar que el apartarrayos esté conectado a tierra.
- d) Se realizan las pruebas con el MEGEER de 500 a 5000 Vcd, aplicar la prueba al máximo voltaje del megger.
- e) Tomar las lecturas a 60 seg.

Interpretación de los resultados.

Recordar que el apartarrayos ofrece una gran impedancia al paso de la corriente al voltaje nominal (comportándose como un circuito abierto) y al presentarse una sobre tensión se modifica la impedancia (comportándose como un circuito cerrado). Al aplicarse el voltaje de corriente directa, la aguja del indicador del megaohms marcará infinito esto nos indica que el apartarrayos se encuentra en buen estado.

Si por el contrario al aplicarle el voltaje, se obtiene un valor en el megaohms (valor de impedancia baja), existe algún problema en el interior del apartarrayo.

Debido a lo importante que es evitar una falla en la subestación se recomienda realizar estas pruebas cada 6 meses, a más tardar un año.

Indicador de fallas.

El indicador de fallas tiene por objeto desconectar la terminal de tierra, en el caso de una remota falla del apartarrayos, en condiciones adversas y anormales originando la explosión del cartucho, rompiendo la baquelita a lo largo de su sección más débil.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de apartarrayos para subestaciones compactas existentes más comunes.

Los apartarrayos seleccionados para las subestaciones compactas son: AR12, AR18 y AR30							
Clase	AR10	AR12	AR15	AR18	AR21	AR27	AR30
Largo	257	330	375	385	430	570	585
Diámetro	90	90	90	90	90	90	90
Peso	5.45	6.15	7.25	7.65	7.90	9.40	9.45

Tabla No. 5.3. Dimensiones y peso de apartarrayos de ZnO (en mm y Kg)

Las características eléctricas de los apartarrallos se muestran en la siguiente tabla.

Capacidad nominal kv máximos entre línea y tierra (RMC)		3	6	10	12	15	18	21	
Descarga mínima a 60 Hz kv (RMC)		6	11	18	23.5	27	33	37.5	
Valor máximo de impulso en kv cresta con onda 1 ½ x 40		14	26	38	49	50	58	63	
Valor máximo de impulso en kv cresta con onda ASA de frente Plano (promedio)		17	32	42	52	63	75	94	
Tensión de descarga en kv de cresta para formas de onda de impulso de corriente de 8 x 20 y con valores de amplitud de cresta	1500 A de cresta kv	Prom.	9.5	18	29	36	43	52	60
	5000 A de cresta kv	Prom.	11.9	22	35.5	44	54	64	73.5
	10000 de cresta kv	Prom.	13.3	25	40	51	61	73	83
	20000 de cresta kv	Prom.	15	28	43	56.5	65	75	93.5
	65000 de cresta kv	Prom.	18	33	50	67	76	93	114

* La parte sombreada se utiliza para subestaciones compactas de 23kv.

Tabla No. 5.4. Características eléctricas de los apartarrallos.

Los Interruptores.

El interruptor es un dispositivo destinado al cierre y apertura de la continuidad de un circuito eléctrico bajo carga en condiciones normales, así como bajo condiciones de corto circuito. Sirve para retirar o insertar en cualquier circuito energizado máquinas, aparatos, líneas aéreas o cables.

El interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes eléctricas de intensidades y factores de potencia diferentes, pasando desde las corrientes capacitivas de varios cientos de amperes a las inductivas de varias decenas de kiloamperes (corto circuito).

Se describirán tres tipos de interruptores para abrir con carga:

a) **Interruptores de carga ALDUTI.** Estos interruptores tienen una gran variedad de aplicaciones físicas, ya que no producen arcos externos pueden ser montados en subestaciones o en gabinetes metálicos y como la interrupción se logra en el primer ciclo cuando la corriente llega a cero, esto ocasiona que se extinga el arco instantáneamente en el interior de la cámara. En la siguiente figura se muestra este tipo de interruptor, instalado en la subestación No. 2.

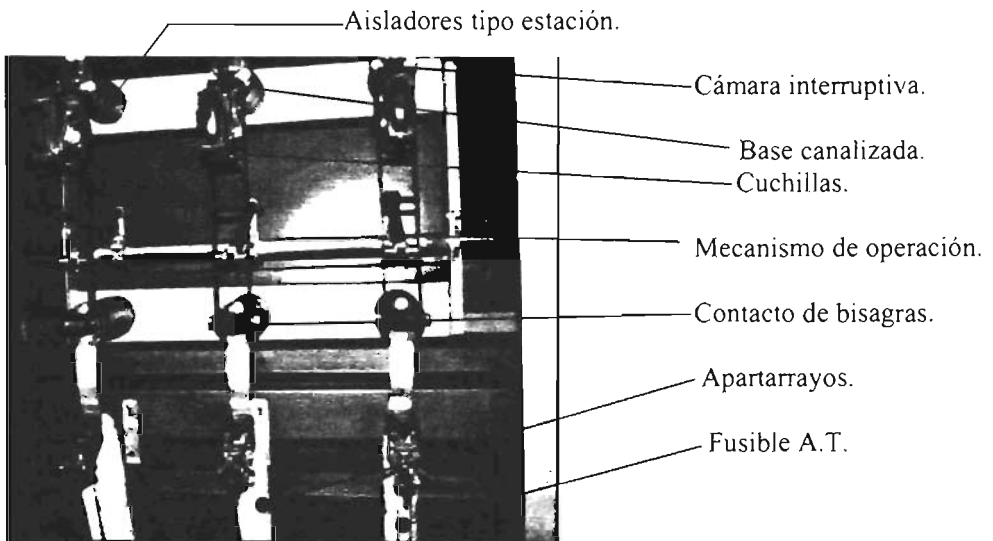


Figura No. 5.17. Interruptor de carga Alduti (Apertura lateral), al interior de un gabinete

Para la selección de los interruptores, es necesario tener en cuenta lo siguiente: Tipo de servicio interior o intemperie, tensión del sistema, corriente del sistema, montaje este puede ser horizontal o vertical.

b) Cortacircuitos en aire, WICKMANN HTL-60. Diseñados para dar protección, seguridad y ahorro en espacio. Son adecuados para servicio interior o al intemperie, para capacidades hasta de 300 KVA, y voltajes que pueden variar desde 2.4 kv hasta 24kv.

En la siguiente figura, muestra un interruptor de tipo wickmann en operación dentro de la subestación No. 5.

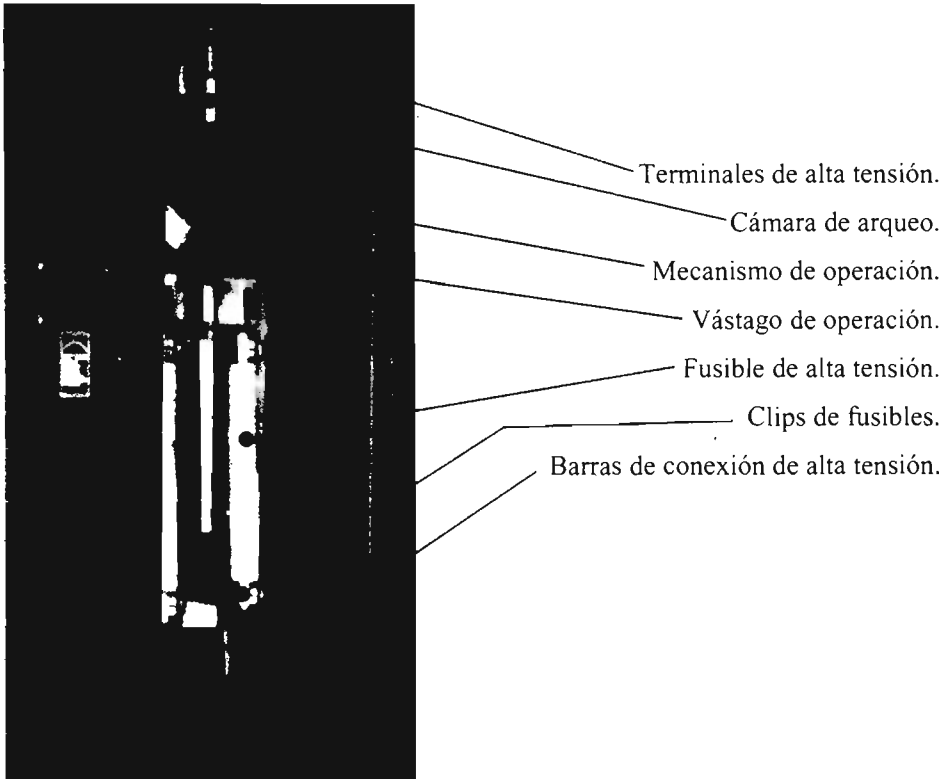


Figura No. 5.18. Interruptor Wickmann al interior de un gabinete seccionador.

El desplazamiento se realiza en forma vertical por medio de un sencillo y robusto mecanismo que provee el cierre y la apertura de los mismos en forma rápida y positiva, independientemente de la velocidad del operario. Todos los cortacircuitos vienen equipados con porta fusibles de alta capacidad interruptiva y con un mecanismo de apertura en caso de falla de alguno de ellos, desconectándose las tres fases simultáneamente y eliminando el peligro de operaciones monofásicas en el sistema. Cuando se requiere realizar la desconexión basta con oprimir un botón de disparo.

c) Interruptor L-TRI-5. Es un equipo de apertura de aire y cuenta con cámaras planas para la excitación del arco eléctrico. El interruptor L-TRI-5, está equipado con un mecanismo de disparo manual y automático por medio de energía almacenada, utilizando como medio sensor de fallas, fusibles limitadores de corriente de alta capacidad interruptiva.

El disparo automático se realiza al fundirse por corto circuito, liberando un vástago que acciona dicho mecanismo, el disparador mecánico se rearma automáticamente, pero para poder conectar el interruptor nuevamente se requiere cambiar el fusible fundido, en caso de que esto no se haya efectuado, resultará imposible reconectar el interruptor. El disparo es tripolar de modo que el sistema nunca queda operando en una fase.

Extinción del arco, el corte de la corriente se realiza en las cámaras de arqueo en forma de banderas, colocadas en la parte superior del interruptor. El interruptor L TRI-5 cuenta con unas navajas principales y unas auxiliares, las primeras hacen contacto con las barras conductoras de la corriente y las segundas se introducen dentro de las cámaras de arqueo. Durante el proceso de interrupción, son las navajas auxiliares las que conducen la corriente, de modo que las navajas principales pueden abrir sin producirse un arco eléctrico.

El arco eléctrico se extingue por el efecto de gases ionizados, estos gases al salir de la cámara de arqueo no producen chisporroteos debido al efecto enfriador de las paredes de las cámaras. El accionamiento, está diseñado para ser operado por medio de un disco y palanca, colocados al frente del tablero.

Mantenimiento de interruptores.

Estos tipos de interruptores no requieren un mantenimiento especial, más allá de lo normal; todos los resortes y contactos eléctricos deben de encontrarse lubricados constantemente, y solo se deberán limpiar los aisladores de depósitos de polvo durante las inspecciones regulares, especialmente en ambientes sucios.

Se recomienda una revisión, limpieza o lubricación después de operar bajo las siguientes condiciones. A) Corto circuito, B) 200 operaciones interruptivas y C) Después de 4 ó 5 años bajo condiciones normales o de 1 a 2 años en el caso de ambientes agresivas.

Cuchillas desconectadoras.

Son dispositivos capaces de conectar o desconectar diversas partes de una instalación eléctrica para efectuar maniobras de operación o bien darles mantenimiento.

Las cuchillas pueden abrir circuitos con la tensión nominal pero nunca cuando esté fluyendo corriente a través de ellas. Antes de abrir un juego de cuchillas siempre deberá abrirse primero el interruptor correspondiente.

Las cuchillas están formadas por una base metálica de lámina galvanizada con un conector para puesta a tierra, dos o tres columnas de aisladores que fijan el nivel básico de impulso y encima de éstos la cuchilla que está formada por una navaja o parte móvil y la parte fija, que es una mordaza que recibe y presiona la parte móvil. Las cuchillas desconectadotas en particular deben de cumplir los siguientes requisitos:

- Garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra y sobre todo en la apertura.
- Conducir en forma continua la corriente nominal sin que exista elevación de temperatura.
- Soportar por un tiempo los efectos térmicos y dinámicos de las corrientes de corto circuito.
- Las maniobras de cierre y apertura deben de realizarse con toda seguridad es decir, sin presentar falsos contactos o posiciones falsas.

En la siguiente figura, se muestra un acuchilla desconectadora instalada en la subestación No. 2 compacta tipo interior.

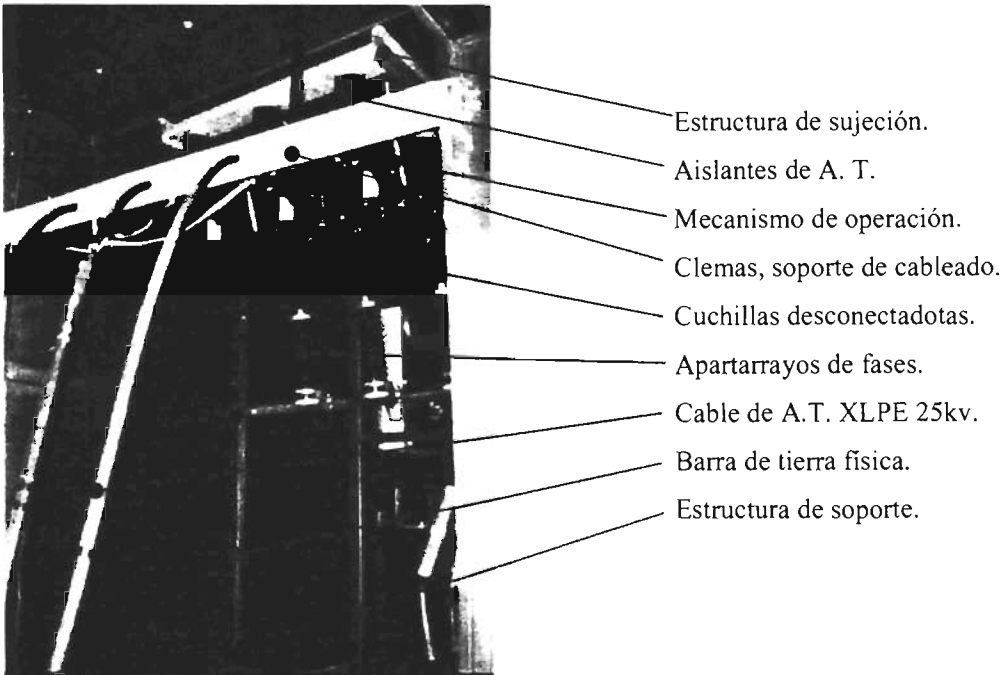


Figura No. 5.19. Acometida de A. T. e interruptor trifásico con operación en vacío de A. T.

Los fusibles.

Son dispositivos de protección eléctrica de una red que hace las veces de un interruptor, siendo más barato que éstos. Su función es la de abrir circuitos cuando se produce en ellos una sobrecorriente, y soportar la tensión transitoria de recuperación que se produce posteriormente.

Un fusible, en sus componentes fundamentales está formado por tres polos. Formado por una base metálica, dos columnas de aisladores que pueden ser de porcelana o de resina sintética y cuya altura fija el nivel básico de impulso a que trabaja el sistema.

Sobre los aisladores se localizan dos mordazas, dentro de los cuales entra a presión el cartucho del fusible.

Dentro del cartucho se encuentran el elemento fusible, que normalmente está formado por un alambre o tiras metálicas con una sección reducida, que está calibrada de acuerdo a su capacidad de corriente. En esta sección se produce una densidad de corriente elevada que al pasar de un valor determinado y durante un tiempo prefijado, se provoca la fusión de elemento y la apertura del circuito de que se trate. Al fundirse el elemento fusible se generan gases a presión dentro del cartucho del fusible que se proyectan al exterior del tubo. El gas a presión está formado por el aire que se encuentra adentro del cartucho, que se expande bruscamente por el efecto del calor del arco eléctrico y que al ser expulsado produce la extinción del arco al pasar por cero la onda de corriente. Como elementos fusibles se utiliza un material de aleación a base de plomo, para el caso de bajas tensiones y corrientes, una cinta de aleación a base de cobre o aluminio para el caso de mayores corrientes.

Tipos de fusibles.

De acuerdo con la capacidad de ruptura, lugar de instalación y costo, se pueden utilizar diferentes tipos de fusibles, entre los más conocidos tenemos:

a) Expulsión: Éstos aprovechan la generación y expulsión de un gas a alta presión que, al ser inyectado a través del arco producido por la fusión del elemento fusible, provoca la extinción del mismo.

De este tipo de fusible son los de ácido bórico, sustancia que es el elemento generador del gas, y que tiene como ventaja que son recargables. Al fundirse el elemento fusible, se produce el arco eléctrico, y al quedar libre el fusible, el resorte que estaba comprimido desplaza el contacto móvil, produciendo un alargamiento del arco. A su vez, el arco produce calor y éste provoca una reacción en el ácido bórico que desprende vapor de agua y óxido de boro. La extinción del arco se logra por la acción desionizadora del vapor y la turbulencia de las partículas del óxido de boro.

Una vez que la presión interior llega a valores elevados, se desprende el sello y escapa el gas en forma explosiva. Al interrumpirse la corriente de cortocircuito, aparece la sobretensión transitoria de restablecimiento y posteriormente, aparece la tensión restablecida del sistema.

b) Limitador de corriente. Este tipo de fusible tiene doble acción, por un lado reduce la corriente de falla debido a la característica de introducir la resistencia elevada en el circuito y por el otro, debido al incremento de la resistencia que pasa por el circuito de bajo factor de potencia a otro circuito de alto factor de potencia, desfasando el cero normal de la onda de corriente a un punto cercano al cero normal de la onda de tensión.

En la siguiente figura se muestra el corte en un dibujo de un fusible limitador de corriente, y los principales componentes con los que cuenta.

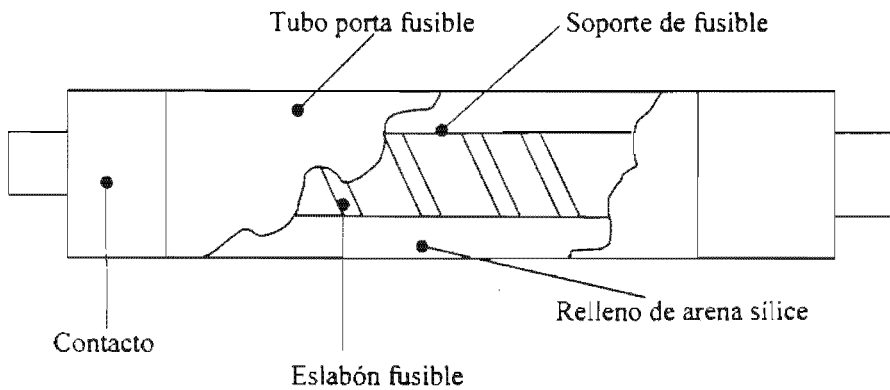


Figura No. 5.20. Corte de un fusible limitador de corriente de A. T. tipo de ácido bórico.

El elemento fusible, se encuentra dentro de arena de sílice que centra el arco, eleva la presión y produce en elevación momentánea de la resistencia, la cual limita la corriente de corto circuito, limitando así el tiempo de interrupción hasta el primer semiciclo de la onda de corriente.

El elemento fusible, consta de uno o de varios elementos de plata en forma de alambre o cinta perforada. Estos elementos van enrollados helicoidalmente sobre un cilindro de porcelana que soporta altas temperaturas en el instante de la operación.

Estos fusibles como no expulsan gases, se pueden instalar en lugares reducidos como tableros y su diseño se limita a que los picos de las sobretensiones no pase de 2.5 veces al valor nominal, para evitar operaciones continuas de los apartarrays del sistema.

Los fusibles se llegan a utilizar con tensiones de hasta 115 kv, lo normal es usarlos en tensiones medias, por ejemplo, 15kv y 200 MVA de capacidad de ruptura. Se utilizan en transformadores de potencia y de distribución.

La tierra física.

Las instalaciones deben contar con los medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico o otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que están expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores.

La conexión a tierra tiene como objetivo:

- a) Limitar las corrientes debidas a descargas eléctricas y fenómenos transitorios en el propio circuito.
- b) Contactos accidentales con líneas de mayor tensión.
- c) Limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal.

Como se sabe, una corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano puede producir un efecto más o menos grave e inclusive la muerte según la intensidad, duración, naturaleza y condiciones en que se encuentre la persona.

En la siguiente tabla se muestran las magnitudes de valores en corriente (Amperes) y los efectos que éstas pueden causar en una persona si son conducidas a través de ella.

Corriente en mA, A 60 Hz	Efectos sobre el cuerpo humano
1 - 2	No provoca ningún disturbio.
2 - 3	Se advierte una contracción creciente.
3 - 10	Produce en los músculos contracciones involuntarias.
10 - 20	Los músculos se ponen rígidos ante la imposibilidad de soltarse.
20 - 40	Se produce asfixia.
40 - 80	Con duración de un segundo resultan mortales.

Tabla No. 5.5. Tabla de valores de corriente y su resultado al ser aplicado al cuerpo humano.

Clasificación de tipos de conexiones a tierra física por la función que realizan.

1.- Conexión de tierra para protección.

Es necesario conectar eléctricamente al suelo aquellas partes de las instalaciones eléctricas que no se encuentran sujetas a voltaje, pero que pueden tener diferencias de voltaje a causa de fallas accidentales, son todos los soportes metálicos de equipos y aparatos.

2.- Conexión a tierra para funcionamiento.

Esta conexión a tierra es con el fin de mejorar el funcionamiento, la regulación y tener mayor seguridad en la operación en determinados puntos de una instalación eléctrica, como por ejemplo los neutros de los alternadores, de los transformadores, en los devanados conectados en estrella, la conexión a tierra de los soportes apartarrayos y algunos otros.

3.- Conexión a tierra para trabajo.

Esta conexión a tierra es temporal y se realiza en la instalación eléctrica para desarrollar actividades de trabajo como son de mantenimiento, ampliaciones y reparaciones, etc., poniendo fuera de servicio partes de esta instalación con el fin de que sean accesibles y sin peligro para el trabajo. Este peligro se reduce estableciendo una conexión a tierra conveniente.

El problema en el mantenimiento de una conexión a tierra consiste en mantener una resistencia de tierra mínima por lo que existen varios factores que la determinan como son:

a) Factor terreno.

-Clase de terreno

La clase del terrero es de gran importancia para un buen sistema de tierras.

Por ejemplo, en la siguiente tabla se muestran las principales clases de terrenos y los valores de resistencia en Ohms que brindan cada una de ellas.

Clases de terreno	Resistencia Ohm-m	Comparación con el cobre
Suelo pantanoso	50	29 veces
Tierra delator	100	57
Tierra de arcilla	100	57
Tierras arenosa	600	342
Suelo guijarroso	1000	570
Suelo rocoso	3000	1710

Tabla No. 5.6. Tabla de clasificación de terrenos en función a su resistencia eléctrica.

La normatividad Universitaria nos indica que, la resistencia que debe tener una instalación deberá ser de 10 ohms como máximo, en una instalación eléctrica y de 4 ohms como máximo en una instalación electrónica.

-Humedad del terreno

Cuanto mayor sea la humedad se reducirá la resistencia del terreno lo cual será mejor, especialmente cuando la humedad es superior al 15%.

-Salinidad del terreno.

Al aumentar la salinidad del terreno, la resistencia eléctrica del terreno disminuye. Para un buen sistema de tierras es conveniente tratar el terreno con sal común además ayuda a conservar la humedad del terreno.

-Temperatura del terreno.

Las temperaturas de 0° C o menores, congelan el agua contenida en el terreno aumentando su resistencia eléctrica. La temperatura deseable es de 10° C. Para evitar las temperaturas de congelación se recomienda enterrar los electrodos a una profundidad que alcance capas menos frías.

b) Factor de los electrodos.

-Profundidad de los electrodos.

La profundidad mínima de los electrodos de ¾ de pulgada es de 2.5 metros, a mayor profundidad alcanzada por los electrodos será mejor y menor la resistencia eléctrica del sistema.

-Diámetro de los electrodos.

El diámetro del electrodo puede ser de ¾ de pulgada o mayor si es necesario, pero cuando mayor sea el diámetro del electrodo, disminuye la resistencia eléctrica de contacto lo cual es mejor.

-Separación de los electrodos.

Para el electrodo de ¾ de pulgada, enterrado a 3 metros, se ha observado que a partir de 2 metros de separación de los electrodos, la resistencia eléctrica de la toma ya no disminuye notablemente.

Para separaciones menores de 2 metros, la resistencia eléctrica se eleva mucho. Para fines prácticos se tomará una separación entre electrodos de 3 metros, formando una delta o malla de electrodos que será determinada según sean las características del proyecto, por ejemplo, en los sistemas de tierras para una subestación se realiza la instalación de una malla de electrodos, mientras que para los sistemas de protecciones de apartarrayos contra descargas atmosféricas y usando el sistema de jaula de faraday se acostumbra el uso de las deltas. Es importante indicar que en instalaciones en donde se encuentren sistemas de tierras físicas de instalaciones eléctricas y de instalaciones de sistemas de apartarrayos se deban hacer enlaces entre las distintas mallas formando anillos alrededor de las instalaciones. Y así evitar potenciales peligrosos que podrían resultar de tener dos sistemas a tierra independientes entre sí.

-Número de los electrodos.

A medida que se ponen más electrodos, por el hecho de que la resistencia eléctrica de cada uno de ellos queda conectada en paralelo la resistencia total disminuye.

-Material de los electrodos.

Para una buena conductividad de conexiones a tierra de los electrodos el material utilizado es normalmente cobre electrolítico con pureza de 99.9%. La conductividad de la varilla aumenta considerablemente cuando tiene alma de acero de bajo contenido de carbón.

Cálculo de la resistencia a tierra.

La resistencia eléctrica de tierra R_T debe ser tal que limite la máxima caída de tensión V_T , que pueda aparecer entre la estructura y el suelo.

$$V_T = R_T I_T$$

La característica funcional de una puesta a tierra se entiende con los conceptos de tensión de paso y de contacto.

- Tensión de paso V_p . es la tensión que pueda resultar entre el pie de una persona apoyado en el suelo y la distancia de un metro.
- Tensión de contacto V_c . es la tensión a la cual una persona se puede ver sometida por contacto a una carcasa o una estructura.

En seguida se proponen una serie de fórmulas aproximadas que facilitan el trabajo del proyectista en el calculo de resistencia de sistemas de tierra.

Por ejemplo. Barra a varilla de longitud L y radio r (ambos en cm), enterrada verticalmente:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{r} - 1 \right]$$

Donde:

R – Resistencia a tierra en ohms.

ρ – Resistividad específica del suelo en ohms x cm.

Datos necesarios para el diseño de una red de tierra.

- a) Corriente máxima de falla de tierra
- b) Tiempo en que intervienen las protecciones
- c) Valores máximos para las tensiones de paso y de contacto admitidos
- d) Resistividad media del terreno
- e) Perímetro externo del área de instalación
- f) Área de la instalación

Con el método anterior se obtiene solo la estimación del número de electrodos que se requiere, después de la instalación del sistema de tierras se debe de medir el valor de la resistencia de manera que si es demasiado alta se debe de agregar otros electrodos hasta obtener el valor deseado.

$$N_a = N_c \left[\left(\frac{R_m}{R_g} \right)^2 - 1 \right]$$

N_a – Número de electrodos por agregar.

N_c – Número de electrodos colocados.

R_m – Resistencia de tierra medida.

R_g – Resistencia de tierra deseada.

En subestaciones, la resistencia total del sistema de tierras deberá conservar el valor más bajo posible, los valores aceptables van desde 10 ohms hasta 1 ohm.

Para la medición del sistema de tierras se deben de incluir todos elementos que forman el sistema de tierras (malla, electrodo y conductores de puesta en tierra). para reducir la resistencia total se puede aumentar el área total de la malla, reducir el espaciamiento entre los conductores y usar un mayor número de electrodos.

Tableros de baja y alta tensión.

Son los elementos más comunes en una instalación eléctrica y las capacidades de éstos varían (*Según lo indicado por la normatividad universitaria el servicio de baja tensión será el proporcionado por la compañía de Luz y fuerza o la C.F.E. dependiendo de la zona geográfica con un valor de tensión de hasta 440V, para el servicio de alta tensión serán las mismas condiciones que la anterior, solo que en ese caso la capacidad varía de 13.2 kv o mayor.*)⁴, para el caso de la FES Acatlán se cuenta con una alimentación nominal de 23 kv y con las subestaciones reductoras se baja esa tensión a 440V para posteriormente utilizar tableros autosoportados de 440/220V y alimentar tableros de baja tensión a 220V y dentro de este rango de tensión se da el servicio según el tipo de utilización.

Podemos encontrar tableros de baja tensión en casas habitación y hasta en instalaciones de distribución de alumbrado general en una planta de refinamiento de petróleo, y como ya se dijo el tablero de baja tensión brinda el servicio de alimentación, distribución, medición, protección y transferencia de circuitos primarios a secundarios.

Comercialmente, se conocen los tableros de baja tensión por trabajar a una tensión no mayor a 1000 V de corriente alterna y las tensiones a las que trabajan son, 120V, 240V, 480V, y 550V, y corrientes nominales de 600 A, 1200 A, 2000 A, 3000 A, 4000 A, y 5000A.

Para el caso de los tableros de alta tensión, estos trabajan a una tensión mayor a los 1000V de corriente alterna, y las tensiones nominales a las que trabajan son 2400 V, 4160 V, 7200 V, 13800 V, 23000 V, y 34500 V y las corrientes nominales para estos tableros serán de 600 A, 1200 A, 2000 A, 3000 A, 4000 A, y 5000A.

Las especificaciones y condiciones de operación de los tableros se debe en gran medida a las necesidades que tiene un proyecto de instalación, esto quiere decir que en base a las necesidades de uso se debe seleccionar el equipo más adecuado, dentro de la gran gama de tableros existentes en el mercado comercial, los fabricantes han desarrollado gracias a la experiencia de años, un gran número de tipos de tableros como los utilizados en la etapa de fuerza, como es el caso de la marca SQUARE D, dentro de su línea QD Logic.

- Con capacidad nominal de hasta 6300 A
- Tensión de 250 a 600 V

En la figura siguiente, se muestra un tablero con seccionador principal e interruptor principal automático, a 5 hilos, con barras de cobre; 3 fases, 1 barra de neutro y 1 barra de tierra física. Este tipo de tablero existe dentro de las subestaciones del plantel.

⁴ Norma Universitaria de diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O Y C. UNAM Vol. I, p-25

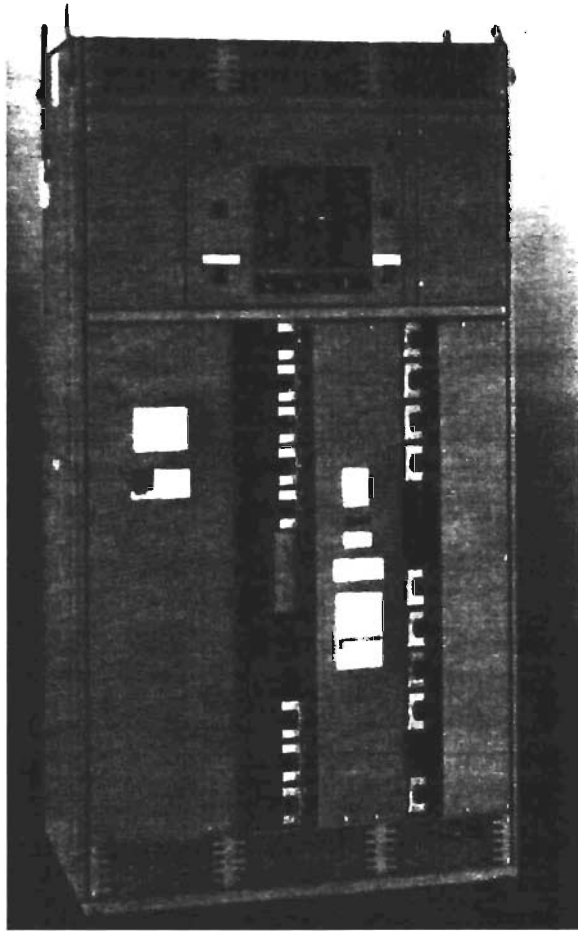


Figura No. 5.21. Tablero autoportado de distribución a baja tensión a 220/440V (600 A).

Para poder describir este tipo de tablero diremos que los fabricantes marcan características como las siguientes:

- Gabinete metálico
- Acabado con pintura gris ANSI 49.
- Sistema 3F-3H o 3F-4H
- Barras de cobre

En la siguiente figura, se muestra el frente abierto de este tipo de gabinetes mostrándose los interruptores en dos columnas que puede alojar.

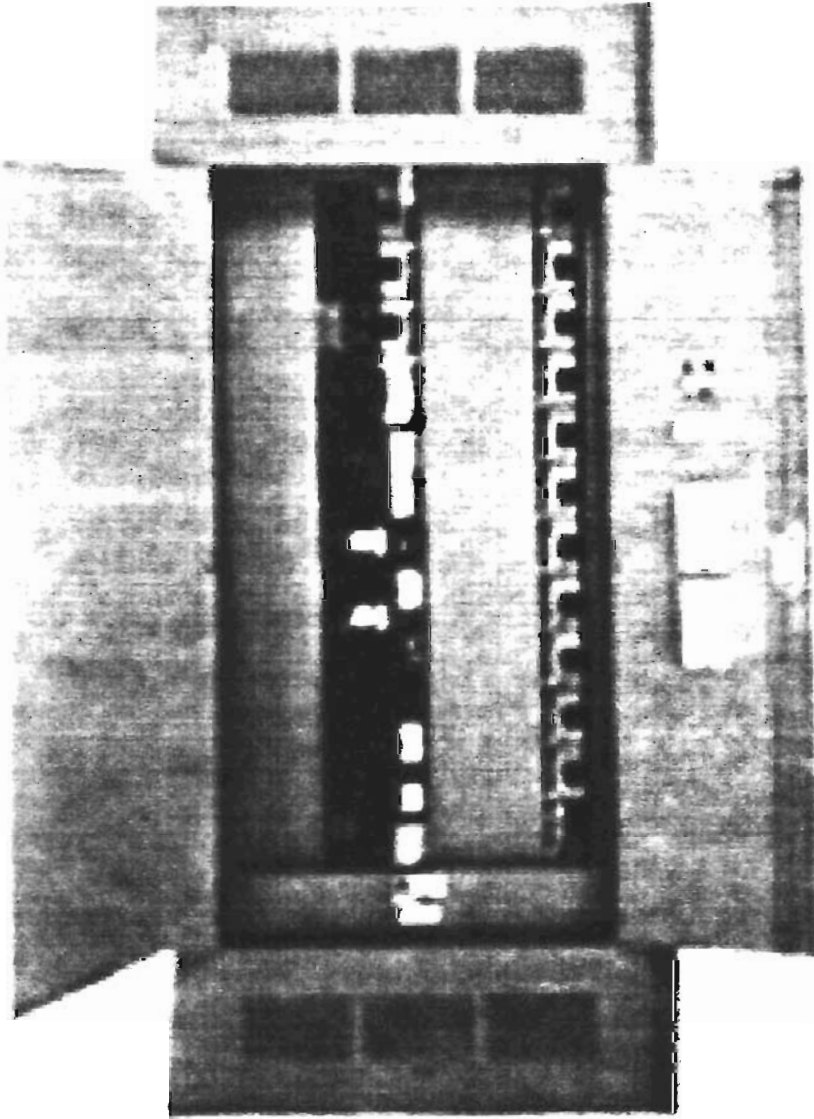


Figura No. 5.22. Tablero autoportado de distribución de baja tensión 220/440V a (600 A).

En estos gabinetes se instalan interruptores termomagnéticos Federal Pasific, y su principal característica es que el sistema de fijación a las barras de alimentación de tipo clip, y se denominan con marco clase: NE, NEG, HEG, NFG, HFG, NEN, NFN de 1, 2 y 3 polos y capacidades que van desde los 15 a los 1200A en sus diferentes tipos y modelos.

Como podemos ver en la siguiente figura se observa un tablero tipo NQOD que se caracteriza por utilizar interruptores termomagnético de los llamados QO (son muy utilizados en instalaciones domiciliarias) de 1, 2 y 3 polos y capacidades que van desde los 10 hasta los 150A según el uso y tipo de instalación utilizados.

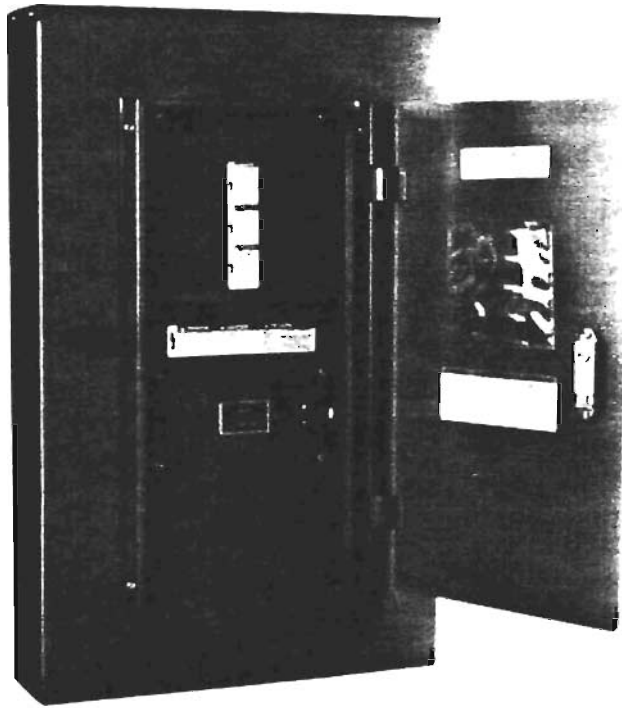


Figura No. 5.23. Tablero de distribución (centro de carga) tipo sobre poner de 220V 3F 5H de baja tensión.

Como se muestra en la imagen anterior todos los tableros de baja tensión están formados por gabinetes, barras de alimentación y de distribución e interruptores termomagnéticos y estos elementos son utilizados con frecuencia ya que son dispositivos de construcción robusta compacta que realiza funciones de conexión y desconexión, protege las instalaciones contra descargas ocasionadas por corto circuito o sobre carga.

Del mantenimiento se puede decir que es básicamente mínimo, pero no menos importante para dejarlo al olvido, estos tableros pueden fallar por falsos contactos en sus conexiones y deben ser revisadas y apretadas todas las conexiones mecánica según sea programado.

Por otra parte, la oxidación en las terminales de interruptores o conexiones a cableado deben ser eliminadas para evitar problemas futuros.

Siempre que la instalación sea adecuada y bien proyectada, se debe considerar que un interruptor termomagnético no es un elemento que opere para apagar o encender un equipo o instalación, su función principal es de protección, y el accionamiento cotidiano como si fuera un interruptor (switch) no debe hacerse, ya que esto provocaría que los elementos internos se desgasten mas rápido de lo previsto por el fabricante, dando como resultado una falla del interruptor termomagnético al momento de presentarse una falla en la que tenga que operar como protección.

En las siguientes figuras se muestran los tipos de interruptores termomagnéticos más usados, y una vista interior de un gabinete I-LINE.

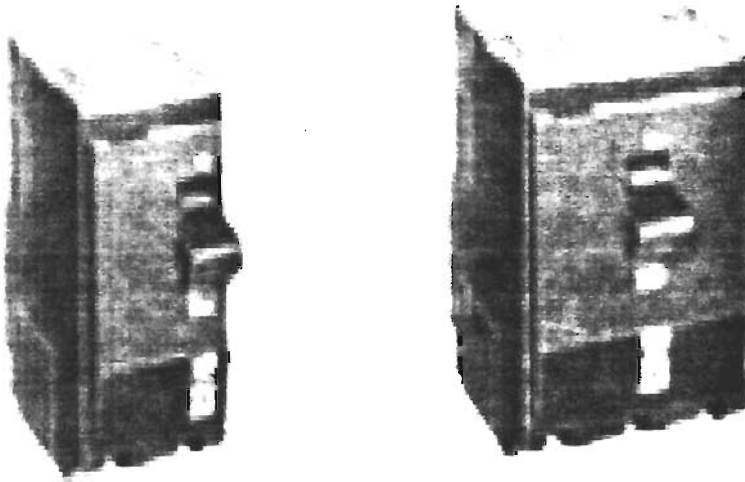


Figura No. 5.24 Interruptores termomagnéticos tipo QO de 1, 2 y 3 polos

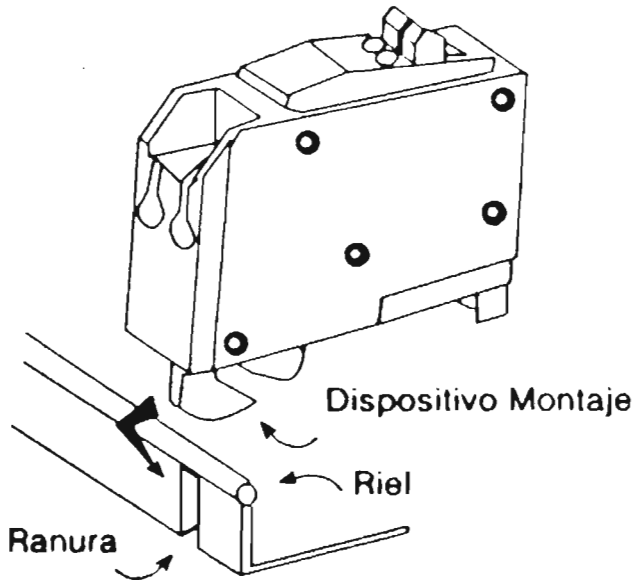


Figura No. 5.25. Modo de montaje de interruptores termomagnético QO en gabinetes

- Interruptores de Tipo NMS
- Tipo HJS
- Tipo NFS
- Tipo NEG 3 x 100 AMP
- Tipo NEG 1 X 100 AMP

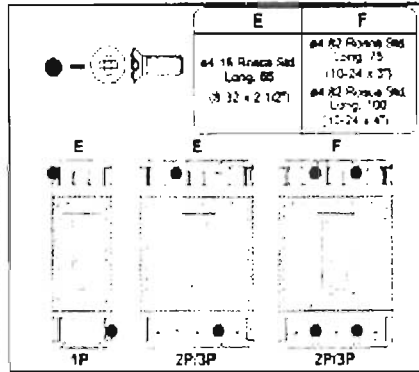


Figura No. 5.26. Muestra de interruptores termomagnéticos de 220-440V de 10 a 1000A de 1, 2y 3 polos.

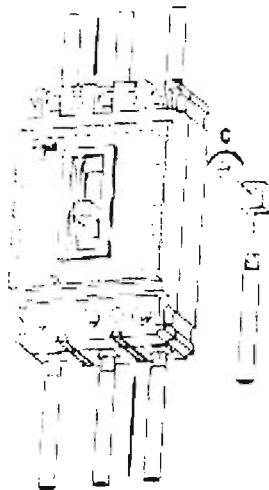
Instructivo de Instalación.

PARA INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS TOGGLE O ROTATORIO.

MARCO	I _n	TENSION	1 POLO	2 POLOS	3 POLOS	CAPACIDAD
NE	15 a 125 A	240V ~	✓	✓	✓	NORMAL
NEV	15 a 125 A	480V ~	✓	✓	✓	NORMAL
HEG	15 a 125 A	480V ~			✓	ALTA
NFD	75 a 250 A	480V ~		✓	✓	NORMAL
HFG	75 a 250 A	480V ~			✓	ALTA
NFN	150A	480V ~			✓	SEN PROTECCION
NFN	150A	480V ~			✓	SEN PROTECCION



10 Hz.



	E	lb · in	N · m
C	7.982 - 5.250 mm ² (Ø 14 - # 10)	35	4
	8.367 - 21.15 mm ² (Ø 8 - # 4)	45	5.1
	29.67 - 67.43 mm ² (Ø 7 - 24)	50	5.5
	F	lb · in	N · m
C		775	31.1

TORNILLO		E	F
D	N · m 10-15	5.5	5.6
		50	50

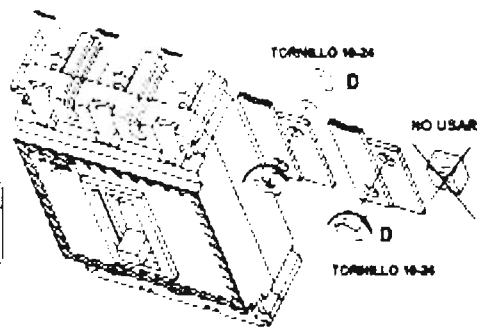


Figura No. 5.27. Diagrama de montaje de interruptor termomagnéticos de marco HFS.

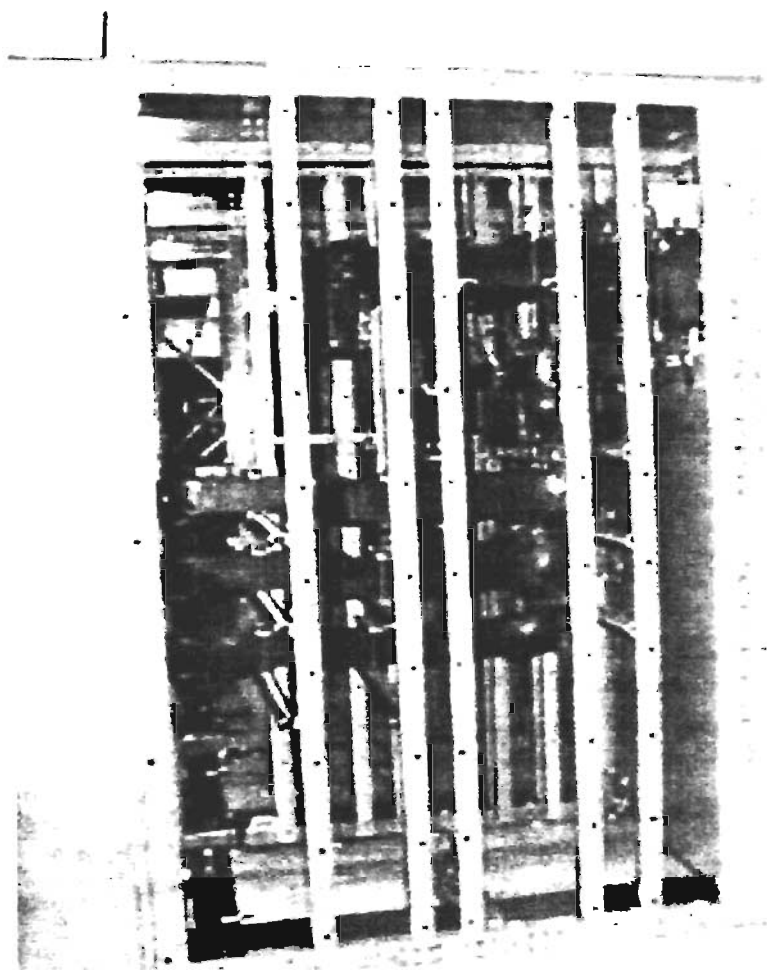


Figura No. 5.28. Vista interior de tablero de distribución en baja tensión de 220/440V a 1600 A.

En las figuras anteriores se muestran los esquemas de la manera de cómo se deben instalar los interruptores del tipo NMS, HJS, NFS y NFS, que se muestran en la fotografía.

Así mismo se muestra la vista trasera de un gabinete de alimentación, en donde se observan buses enfundados, la imagen muestra las barras de alimentación (buses) y los herrajes de montaje dentro del gabinete.

5.2. *Instalaciones hidráulicas.*

Una de las áreas con mayor importancia para el buen desarrollo de las actividades sustantivas que se llevan a cabo en una unidad multidisciplinaria, es la hidráulica, de la cual se desprenden todos los servicios hidrosanitarios, sistemas de riego y sistemas contra incendio, en la FES Acatlán. Actualmente se cuenta con una infraestructura que brinda servicio de agua potable al plantel por medio de bombeo a presión, debido a que las condiciones de distribución de los inmuebles dentro del campus, dimensiones y características de los servicios así lo requieren.

Definición

El significado etimológico de la palabra hidráulica “es conducción del agua” de la raíces griegas: *Hydor*, agua y *aulos*, tubo, conducción¹, aun cuando en la actualidad y con base a conocimientos técnico-científicos, se le atribuye un significado mucho más amplio y específico. Se sabe que Hidráulica es la parte de la física que estudia el comportamiento del agua y otros líquidos, en reposo o movimiento.

Las instalaciones de abastecimiento y distribución de agua potable, que se encuentran en cualquier tipo de construcción, han sido objeto de estudio dentro del área de la ingeniería en mantenimiento, ya que la importancia que tienen este tipo de instalaciones es vital para el buen desempeño de las actividades que se desarrollan en la actualidad, el contar y mantener instalaciones adecuadas, funcionales, con aditamentos que cuenten con tecnología de punta que puedan brindar un beneficio mayor cada día y que se desarrollen proyectos nuevos, que puedan alcanzar los objetivos ya mencionados es parte de la tarea que debe cumplir un profesional ingeniero del área de mantenimiento.

En el caso de las instalaciones que son utilizadas en una dependencia multidisciplinaria como es la FES Acatlán, no se puede eximir de alcanzar estos objetivos y es por ello que en esta tesis el área hidráulica cobra una importancia mayor conociendo en primer lugar las debilidades y fortalezas de las instalaciones.

Como lo indica la norma universitaria de diseño de ingeniería electromecánica:

Debido a la magnitud y diversidad del patrimonio inmobiliario de la UNAM, se ha propiciado que sus instalaciones tengan características muy particulares, lo que hace indispensable poner atención especial en sus diseños ya que en buena medida, de esto depende el buen funcionamiento de los inmuebles.²

¹ Manual de hidráulica J.M. de Azevedo , Harla p:1

² Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O. y C. Vol. I, 2003. p-4.

Como en el caso de las instalaciones eléctricas, todo proyecto nace de la necesidad de éste.

Hemos visto cuales son las características de las instalaciones existentes en la FES Acatlán, en donde sabemos que contamos con un número considerable de edificios que cuentan con núcleos sanitarios y áreas de baños y vestidores en donde se tienen servicio de regaderas.

Según lo indicado por la norma universitaria, todo proyecto hidráulico parte de los requisitos de contar con un abastecimiento de agua apropiado, ya sea por abastecimiento de agua de la red pública o por el estudio y propuesta de otro método de abastecimiento que garantice el abastecimiento oportuno y adecuado, suficiente para el inmueble o los inmuebles, al costo más económico y cumpliendo con las normas de calidad de agua potable.

Como podemos ver en el capítulo 4, en donde se muestran las instalaciones del plantel, se cuenta con una superficie de terreno de 308,531.40 metros cuadrados, en donde se encuentran 36 edificios entre, edificios de aulas, oficinas, auditorios, cubículos de profesores, laboratorios, talleres, áreas recreativas, canchas de football, gimnasios, baños y vestidores, etc., en donde se realizan diversas actividades que conllevan en casi el 90 % de los espacios, el uso del agua, no solo para servicios sanitarios sino también para las actividades académicas como laboratorios de fotografía, de hidráulica, o diseño gráfico en donde el uso de agua corriente se hace sumamente necesario, así como uso de agua de riego para áreas verdes y canchas deportivas.

Es por tal motivo que desde la proyección de las instalaciones de la FES Acatlán en 1975 y partiendo que en el transcurso de los años el campus tendería a crecer, en infraestructura, gracias a la demanda de población estudiantil, se tomó la decisión de contar con un sistema de bombeo a presión por medio de un equipo hidroneumático, una tanque de almacenamiento principal (cisterna), una red de tubería subterránea principal y derivaciones secundarias para hacer las acometidas hidráulicas al interior de los edificios.

Pero como se debe conocer el sistema de manera integral comenzaremos por hablar del sistema de abastecimiento de agua del plantel, el cual como ya se ha mencionado, todo proyecto debe contar con él. Para el caso de las instalaciones de la FES Acatlán no se tiene una acometida a la red hidráulica pública, en su lugar se cuenta con un sistema de bombeo de POZO PROFUNDO, el cual succiona agua de los mantos acuíferos subterráneos y envía ésta al tanque de abastecimiento principal (cisterna) en donde es succionada por el equipo de hidroneumático por medio de un sistema de tuberías de vasos comunicantes a las columnas de succión, más adelante se explicarán a detalle los principios de operación de los equipos para tener una idea clara de sus características

Del mismo modo, se cuenta con un equipo de generación de vapor para el calentamiento de agua en el área de baños y vestidores, este equipo de calderas se encuentra instalado en un área denominada cuarto de máquinas adecuado para albergar este tipo de equipos, como ya se ha mencionado estas máquinas son grandes contenedores de agua, los cuales generan calor por medio de la combustión de hidrocarburos (diesel).

Comencemos con la descripción y principio de funcionamiento de los equipos ya mencionados para entender como funcionan estos sistemas.

Antecedentes de hidráulica.

Como ya se ha mencionado y basándonos en los datos proporcionados por la normas nacionales e internacionales vigentes en nuestro país, sobre instalaciones de tipo hidráulico, primeramente debemos conocer los lineamientos básicos que se deben tomar en cuenta para poder proyectar una instalación nueva o en caso de que esta ya sea existente, se puedan hacer valoraciones de sus capacidades y limitaciones técnicas.

La norma universitaria establece que el objetivo de un proyecto hidráulico es:

Establecer las disposiciones y especificaciones de carácter técnico, que puedan cumplir las instalaciones hidráulicas, a fin de satisfacer el consumo diario, a las presiones y temperaturas adecuadas, considerando la posibilidad de adaptaciones en eventuales cambios y ampliaciones ; sin perder de vista el costo, la operación, el mantenimiento y el aspecto arquitectónico de la unidad.³

Como lo indican los conceptos en las normas utilizadas para poder desarrollar un proyecto en instalaciones de tipo universitarias, es muy importante que se determinen perfectamente cuales son los parámetros que se deben tomar en cuenta, tanto, teóricos como técnicos, es por ello que a continuación se hace una definición de lo que es una instalación de tipo hidráulica, según algunos autores en la materia.

Instalación hidráulica.

Es un conjunto de tinacos , tanques elevados, cisternas, tuberías de succión, descarga y distribución, válvulas de control, servicio, bombas, equipos de bombeo, (hidroneumáticos), de suavización, generadores de agua caliente de vapor, etc., necesarios para proporcionar agua fría, agua caliente, vapor en casos específicos, a los muebles sanitarios, hidrantes y demás servicios especiales de una edificación.⁴

Como sabemos la hidráulica es dividida en dos grandes rubros.

³ Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O. y C. Vol. III, 2003. p-41.

⁴ Datos prácticos de instalaciones hidráulicas y sanitarias Ing. Becerril L Diego Onesimo 7ª edición UNAM

La Hidrostática. Que estudia los efectos producidos por el peso propio del agua y por la aplicación de presiones sobre ésta en reposo.

La hidrodinámica. Que es la que estudia el comportamiento del agua en movimiento considerando cambios en los valores de presión, velocidad y volumen entre otros.

Hemos visto algunos conceptos básicos sobre hidráulica, sus definiciones y principios. del mismo modo estos principios se pueden aplicar a cualquier tipo de fluido siempre y cuando sea objeto de estudio, en el caso de esta tesis hablaremos solamente del agua y en este teno tenemos que explicar algunas características de este líquido universal. En lo referente a la aplicación de equipos de bombeo tendremos que proporcionar algunos datos físicos, del líquido, pero cuando se aborden conceptos concernientes a los generadores de vapor hablaremos de otros conceptos relacionados con el agua y su comportamiento en esa área.

Para comenzar debemos conocer las propiedades físicas del agua.

La masa específica o densidad absoluta de una sustancia es expresada por la masa de la unidad del volumen de esa sustancia. Unidad: g / cm^3 , kg / m^3 , etc.

Del mismo modo se denomina peso específico absoluto de un material homogéneo. el peso de la unidad de volumen de ese material. Así: peso específico del agua: $1g / cm^3$ o $1000 kg / m^3$.

Se le llama densidad relativa o simplemente densidad de un material a la relación entre la masa específica de una sustancia tomada como base: en el caso de los líquidos esta sustancia es el agua por lo tanto la densidad del agua será igual a 1.0.

La viscosidad es una propiedad de todos los fluidos de resistir a un movimiento interno, como sabemos no todos los fluidos presentan la misma resistencia a las deformaciones sobre ellos, en el caso de el agua la densidad de el agua destilada. que es la menos viscosa a una temperatura de $4^{\circ} C$ ($39^{\circ} F$), es igual a $1.00 kg * s / m^2$.

Donde en M.K.S. $kg s / m^2 = 98.1 \text{ poise}$

A continuación mostramos la relación de densidades y peso específico a temperaturas ordinarias.

LÍQUIDOS DE USO COMÚN	TEMPERATURA EN ° CELCIUS	DENSIDAD	PESO ESPECIFICO kg / m^3
Agua destilada	4	1.000	1000
Agua destilada	100	0.958	958
Agua de mar	15	1.025	1025

Tabla No. 5.7. Relación de densidades y peso específico del agua.

Como vemos en la tabla anterior el agua a temperaturas de congelamiento se encuentra en un punto de densidad normal, mientras que a temperaturas de ebullición se encuentra menos densa por que su estado pasa de líquido a vapor y cuando se encuentra a temperatura mayor a la normal, podemos decir que su densidad aumenta.

De la misma forma, podemos obtener los diferentes valores de viscosidades según la temperatura a las que se encuentre.

Líquidos de uso común	Temperatura en ° Celcius	Viscosidad en poises
Agua	100	0.0028
Agua	20	0.0100
Alcohol	20	0.0120

Tabla No. 5.8. Relación de temperatura y viscosidad de algunos líquidos.

Y como podemos ver se puede observar que mientras el fluido se encuentre a mayor temperatura su viscosidad disminuye, esto repercute en el comportamiento del líquido dentro de una instalación hidráulica, ya que dentro de ésta, el agua tiene fricciones internas con los elementos que la conducen (tuberías) o que lo impulsan (bombas). Es por ello que la fricción interna puede ser evidenciada por algunos efectos creados dentro de estos elementos, como al mover un líquido dentro de un recipiente, después de que todo el líquido pasa a participar del mismo movimiento, se crea una forma parabólica, cosa que hace posible la acción de succión en una bomba centrífuga, dentro de su voluta y el impulsor.

Ahora sabemos que, para poder obtener un movimiento de un fluido se debe realizar una presión sobre este fluido, la presión es una acción y efecto de apretar o comprimir el fluido, en otras palabras:

La presión es la resultante de aplicar una fuerza o un peso sobre un área o superficie determinada:

$$\text{Donde: } P = F/A \quad \begin{array}{l} F = \text{fuerza expresada en kg.} \\ A = \text{Área expresada en m}^2 \\ P = \text{Presión expresada en kg / m}^2 \end{array}$$

Se deduce de la fórmula que el valor de la presión es directamente proporcional a la fuerza o peso aplicado e inversamente proporcional a la superficie o área.

Para poder entender el efecto de presiones en los fluidos se debe conocer el principio de Pascal o ley de Pascal la cual nos dice:

"En cualquier punto en el interior de un líquido en reposo la presión es la misma en todas las direcciones".⁵

⁵Manual de hidráulica J.M. de Azevedo, Harla. p.12.

Y esta presión actúa de manera perpendicular a las paredes interiores de las tuberías o recipientes que las contengan. Las unidades de medida que se utilizan pueden ser dadas en sistemas MKS o FPS del sistema inglés, en este caso la presión se da de la siguiente manera.

Donde $P = \text{kg} / \text{m}^2$ en MKS

$$1.0 \text{ m} = 3.28 \text{ pies}$$

$$1.0 \text{ m}^2 = (3.28 \text{ pies})^2 = 10.75 \text{ pies}^2$$

$$1.0 \text{ kg} = 2.2 \text{ lbs}$$

Por lo tanto:

$$1 \text{ kg} / \text{m}^2 = \frac{2.2}{10.75} = 0.205 \text{ lib} / \text{pie}^2$$

$$1.0 \text{ lib} / \text{pie}^2 = \frac{1.0 \text{ kg} / \text{m}^2}{0.205} = 4.88 \text{ kg} / \text{m}^2$$

$$1.0 \text{ lib} / \text{pie}^2 = 4.88 \text{ kg} / \text{m}^2$$

Normalmente este tipo de unidades son expresiones muy pequeñas cuando se trata de instalaciones de tipo doméstico o semindustrial y en algunos casos de tipo industrial pesado. Los valores que se utilizan en campo son derivadas de ellas, en el sistema métrico, en vez de utilizar los kg / m^2 es utilizado el kg / cm^2 , mientras que en sistema inglés se utiliza la unidad de $\text{lib} / \text{pulg}^2$ comúnmente conocida como psi.

Hemos hablado de cómo se deben considerar las unidades para poder definir a la presión, o unidad de fuerza sobre un objeto o fluido, pero dentro de la naturaleza existen diferentes tipos de presiones como son la presión atmosférica estándar (normal) que se mide a nivel del mar y se define como la presión que soporta una columna de mercurio de 760 mm de longitud si la densidad del mercurio es de $13.5 \text{ g} / \text{cm}^3$ y la aceleración es estándar siendo la presión normal de $1.01325 \times 10^5 \text{ N} / \text{m}^2$ y la presión atmosférica disminuye con la distancia vertical a partir del nivel del mar (altitud). En la tabla No. 5.8., se pueden ver las presiones en función de la altitud.

Estos valores se tomaron de U. S. Standard Atmosphere 1962.⁶ La magnitud de la presión se expresa en relación con un nivel de referencia, los dos niveles de referencia más comunes son el cero absoluto y la presión atmosférica local, si la presión se expresa como la diferencia entre este valor y el cero absoluto, esto es, como un vacío total, se llama *presión absoluta*. Cuando se expresa como la diferencia entre su valor y el de la presión atmosférica local, se denomina *presión manométrica*. Si la diferencia es negativa ésta se llama presión de vacío.

⁶ *Mecánica de fluidos para ingenieros*. John J. Bertin; PHH Prentice Hall 1986, p-5.

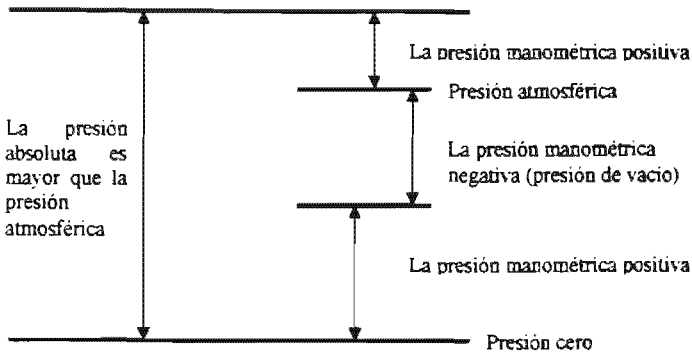


Tabla No. 5.9. Relación de presiones manométricas en función de la altitud.

Como hemos visto las lecturas de presiones dan de manera resumida que:

La presión atmosférica en la columna de mercurio es:

$$P. \text{ atm.} = 13,500 \text{ kg / m}^3 \cdot 0.76 \text{ m}$$

$$P. \text{ atm.} = 10,330 \text{ kg / m}^2$$

$$P. \text{ atm.} = 1.033 \text{ kg / cm}^2 \text{ (Conocido también como atmósfera estándar)}$$

$$1.00 \text{ atm. std} = 10,330 \text{ kg / m}^2$$

$$1.00 \text{ atm. Std} = 1.33 \text{ kg / cm}^2$$

Convirtiendo a lib / plg²

$$1.00 \text{ atm. Std} = 14.7 \text{ lib / plg}^2$$

Por su similitud con la atmósfera estándar, a la presión unitaria del sistema métrico se le denomina ATMÓSFERA MÉTRICA.

$$1 \text{ atm métrica} = 10,000 \text{ kg / m}^2 \quad \text{por lo tanto} = 14.2 \text{ lib / plg}^2$$

Por consiguiente, si la presión ejercida por la columna de mercurio sobre un punto, es igual al peso específico del mismo multiplicado por la altura expresada en metros nos da la lectura de estas características, esto explica que se pueda hacer lo mismo pero con una columna de agua, en donde el peso específico del agua es de $W_a = 1000 \text{ kg / m}^3$, para obtener una presión de 1.0 kg / cm^2 , es necesario disponer de una columna de agua de 10 m, donde

$$10 \text{ m de columna de agua} = 1.0 \text{ kg / cm}^2$$

Ahora, como dato importante sobre lo que se debe considerar como punto importante dentro de cualquier proyecto hidráulico, es considerar el cálculo de las cargas tales como la total de bombeo, donde la carga total es la suma de los siguientes factores:

- ◆ **Carga estática.** *Carga estática o distancia vertical, expresada en metros, entre el origen de la succión y el punto de alimentación considerado como el más desfavorable, ya sea por su altura, su lejanía o por ambos. Esta carga está formada por la suma algebraica de la carga estática de descarga, más la carga estática de succión (o altura estática de succión).*
- ◆ **Carga estática de descarga.** *Es la distancia vertical entre el centro geométrico del impulsor de la bomba y el nivel más alto que alcanza el líquido bombeado en la tubería donde descarga, expresada en metros de columna de agua.*
- ◆ **Carga o altura estática de succión.** *Es la distancia vertical, expresada en metros, entre el fondo de la cisterna y el eje de la bomba, se denomina "Carga estática de succión", si el fondo está arriba del eje de la bomba y "Altura estática de succión" si el fondo está abajo del eje de la bomba.*
- ◆ **Carga total de fricción.** *Es la suma de las pérdidas por fricción en las tuberías, conexiones, válvulas y accesorios de la línea de succión y de descarga de la bomba donde se considera el punto más desfavorable de llegada, expresada en metros de columna de agua.*
- ◆ **Carga de trabajo.** *Es la carga necesaria para la correcta operación del mueble o equipo, expresada en metros de columna de agua.*

Ahora hablemos de los datos prácticos que se deben considerar en cualquier proyecto, ya hemos hablado de la necesidad de contar con un suministro de agua, que en el caso de la FES Acatlán ya se cuenta con un pozo profundo, se cuenta con una cisterna de capacidad adecuada a la demanda existente, pero ¿cómo se calcula la demanda?, para poder entender mejor esto, se debe tener en cuenta que realizar una estimación de la demanda de agua para un proyecto, implica la utilización de un método óptimo para conocer el consumo promedio diario y el consumo máximo probable de agua de una red.

La determinación de la demanda es muy importante debido a que a partir de ésta se establece la capacidad o tamaño de todas las partes del sistema de suministro de agua. La rata de cambio en la demanda es obviamente inconveniente para el diseño del sistema adecuado a las necesidades de la edificación, ésta puede llegar a aumentar desde un mínimo (demanda mínima) hasta un máximo (demanda máxima) en un corto tiempo. Motivado a esto, se hace necesaria la aplicación de métodos de estimación de la demanda, que den como resultados acordes con la realidad de consumo de área o instalación.

Esto nos indica que la dotación que debe tener la instalación de una escuela para alumnos internos es de 100 litros /alumno /día, personal residente es de 200, alumnos externos 40, para alumnos de medio interno 70, y personal no latente 50 litros /persona /día.⁷

Conocemos el número de personas que asisten a la dependencia y esta es:

⁷ Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O. y C. Vol. III, 2003. p-43.

10,500	alumnos internos	x	100	litros por día	=	1,500,000.00
3,211	alumnos externos	x	40	litros por día	=	128,440.00
639	personal residente	x	200	litros por día	=	127,800.00
2030	personal no latente	x	50	litros por día	=	101,500.00

Dando un total de 1,857,740.00 litros por día aproximadamente.

Basándonos en los datos proporcionados en las normas, podemos decir que las cantidades en cuanto a la demanda calculada aproximada y la capacidad de las instalaciones existentes concuerdan en un porcentaje muy marcado.

Sabemos que debemos contar con un cálculo correcto de el gasto que se tiene en todo el plantel y sobre todo el que se debe considerar para poder calcular el equipo de suministro de agua potable como es el pozo profundo, pero debido a la naturaleza de contenido de esta tesis, tenemos que resumir muchos de los datos que se pudieran comentar, por lo que trataremos de hablar de los datos más significativos e importantes para poder dar un panorama lo más completo posible en cuanto a la información que se presenta.

Es por ello que se mencionará que el equipo de bombeo proporciona un gasto de 16 lts por segundo y la capacidad de la cisterna principal es de $1,249.50 \text{ m}^3$ (1,249,500.00 litros de agua).

Lo anterior nos dice, el por qué se tomó la determinación de contar con un sistema de abastecimiento de agua por medio de cisterna y equipo de bombeo a presión. Esto es debido a las normas universitarias de la D. G. O. y C. que indican:

*“Si la fuente de abastecimiento de agua potable tiene una presión inferior de diez metros de columna de agua o menos de (1.0 Kg / cm^2) , las edificaciones deben contar con cisternas, calculadas para almacenar dos veces la demanda mínima diaria de agua potable más un volumen para protección contra incendio igual a 5 litros por metro cuadrado de área construida, pero no inferior a 20,000 litros, equipada con sistema de bombeo”.*⁸

Para el caso de la FES Acatlán, se cuenta con un sistema de bombeo (hidroneumático) que proporciona un presión máxima de paro igual a los (3.5 Kg / cm^2) y otra mínima de (1.2 Kg / cm^2) de arranque y este equipo proporciona servicio como ya se mencionó a toda la unidad multidisciplinaria, desde los núcleos sanitarios hasta, el sistema de riego de las áreas de jardines, es muy importante mencionar que este tipo de equipos es diseñado en estas características debido a que este tipo de instalaciones crecen con el correr de los años, en este caso hace ya mas de 25 años que este sistema se encuentra en operación y trabajando correctamente, aun cuando ya se encuentra en su límite superior de operación, ya que la demanda del líquido ha crecido en este tiempo.

⁸ Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O. y C. Vol. III, 2003. p-45,46.

Gastos de diseño de la instalación interna de distribución de agua, para determinar el gasto, se debe emplear el método de probabilidades desarrollado por el Dr. Roy B. Hunter (método que se ha modificado de acuerdo al uso y frecuencia de los muebles). en donde el método consiste en sumar las unidades mueble de cada uno de los tramos de tuberías de la instalación. La unidad mueble supone un consumo de 25 lits / min.

Para la utilización y selección de los valores de unidades mueble se recomienda emplear la tabla No. 2.2 elaborada por el Instituto Mexicano del Seguro Social.⁹

Hemos visto con estos datos, que un sistema de las características como las del existente, debe contar con una amplia memoria de cálculos ya que actualmente se cuenta con una instalación sanitaria que en conjunto suma un total de 377 piezas de W. C., 134 piezas de mingitorios, 330 piezas de lavabos y 98 regaderas entre las 100 salidas de riego, así como contar con una red de tuberías de aproximadamente 500 metros de tubería primaria de 8" de diámetro y 770 metros de tubería secundaria que cuenta con diámetros que van desde los 4,2, y 1 pulgada de diámetro.

Todos los datos anteriores servirán para poder calcular capacidades y características de los quipos que se desean instalar dentro de un proyecto nuevo, pero para el caso de esta tesis, estos datos serán solamente informativos debido a que actualmente estos equipos se encuentran en operación.

Sabemos que los sistemas más utilizados son los de gravedad o de bombeo por presión, para el caso de estas instalaciones, se tomó la decisión de instalar equipo de bombeo a presión y como las presiones de utilización deben ser perfectamente bien definidas, mencionaremos que según la norma universitaria la presión máxima debe ser de 5.0 kg /cm² incluyendo la diferencial de presión considerada y la presión mínima debe ser de 1.05 kg / cm² para muebles con aditamentos con fluxometro.

Ya hemos hablado de algunos de los términos que se deben considerar con respecto a los equipos considerados como bombeo, como son el sistema de pozo profundo y el de los equipos hidroneumático, pero ahora mencionaremos algunas de las características de los equipos denominados como generadores de vapor, los cuales se encuentran instalados en la FES Acatlán y a la fecha continúan brindando el servicio para el que fueron diseñados.

En las instalaciones proyectadas por la UNAM, en ocasiones se pueden encontrar equipos tan diversos como especiales y este es el caso de los generadores de vapor (calderas). ubicadas en un cuarto de máquinas dentro de las instalaciones del plantel de la FES Acatlán.

⁹Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D. G. O. y C. Vol. III, 2003. p-47,48.

Éste se encuentra en la zona sur del plantel en el edificio de baños y vestidores, y se cuenta con dos equipos generadores de vapor con una capacidad de 60 caballos de vapor, generado por medio de la combustión de hidrocarburo (diesel) dentro de una cámara contenida dentro de un recipiente llamado caldera, éste se encuentra lleno de agua y al calentarse, comienza a hervir y posteriormente se comienza a generar el vapor que es conducido por tuberías hacia un serpentín que se encuentra dentro de un tanque de almacenamiento de agua en donde esta se calienta.

Para poder determinar las características y capacidades de estos equipos es necesario realizar un estudio previo de las capacidades de uso y fines para los que será puesta en marcha una instalación de estas características, así como comenzar hablando de la descripción de este tipo de equipos. Por esta razón, es necesario hacer una descripción de los principales términos y símbolos más usados en las instalaciones hidráulicas con la finalidad de poder entender mejor los conceptos básicos de la operación de estos equipos. A continuación presentamos la terminología usada en esta área.

5.2.1 Terminología.

- ◆ **Acidez:** *Representa la cantidad de dióxido de carbono libre, ácidos minerales y sales (especialmente sulfatos o hierro y aluminio) que se hidrolizan para dar iones de hidrógeno en el agua; se mide por miliequivalentes por litro de ácido o ppm de acidez como el carbonato de calcio, o pH que es la medida de la concentración de hidrógeno.*
- ◆ **Agua bruta:** *Agua de alimentación no tratada.*
- ◆ **Agua dura:** *Agua que contiene calcio o magnesio en una cantidad que requiere una gran cantidad de jabón para formar espuma.*
- ◆ **Agua de aportación:** *La cantidad de agua necesaria para compensar la cantidad de condensado no retornado en el agua de alimentación a la caldera.*
- ◆ **Agujero de mano:** *Abertura de inspección de mira o limpieza de una caldera a menudo elíptica y cerrada por una tapa del agujero de mano (tortuga).*
- ◆ **Aire primario:** *Aire introducido con el combustible en los quemadores. en los sistemas de fuego directo puede ser el mismo aire de pulverización que pasa alrededor del pulverizador en la aspiración del extractor.*

- ◆ **Aire teórico:** *La cantidad de aire necesario para hacer la combustión perfecta.*
- ◆ **Aire terciario:** *Aire para la combustión suministrado al hogar para suplementar los aires primarios y secundarios.*
- ◆ **Ataque de oxidación:** *Corrosión o picado en una caldera producida por el oxígeno.*
- ◆ **Boquilla:** *Tobera en la cual se descarga un líquido combustible en forma de pulverizado (parte del quemador).*
- ◆ **Brida:** *Chapa circular, taladrada o roscada para acoplarse al extremo de un tubo con otra brida gemela en la cara del tubo adjunto.*
- ◆ **Brida ciega:** *Se fabrica para colocar en un colector, chapa, tubo o válvula para hacer una terminación estanca.*
- ◆ **British Thermal Unit:** *El significado de BTU es 1/180 de calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua desde 32° a 212° F a la presión atmosférica constante. Es aproximadamente igual a la cantidad de calor requerido para elevar 1 lib de agua 1° F su temperatura (251,957 cal. o 1054.35 Julios).*
- ◆ **Calcio:** *Elemento formador de incrustaciones y presente en algunas aguas de alimentación de calderas.*
- ◆ **Caldera:** *Recipiente cerrado, en el que se calienta agua, se genera vapor se sobrecalienta el vapor o bien una combinación de todo ello, bajo presión o vacío por la aplicación del calor provocado por la quema de combustibles, electricidad, o energía nuclear. El término no incluye aquellas instalaciones o partes de una unidad de proceso continuo, pero incluye los quemadores o calentadores o líquidos vaporizadores además del agua donde estas unidades están separadas de los sistemas del proceso y están completas en su conjunto.*

- ◆ **Caldera calentada internamente:** *Caldera piro-tubular que tiene un hogar interior como la escocesa marina hogar del tubular vertical u otro tipo que tenga un hogar plano refrigerado por agua.*
- ◆ **Caldera de alta presión de vapor:** *Es una caldera en la que se genera vapor a presión superior de 15 psi- 1.05 kg/cm².*
- ◆ **Cámara de agua:** *Espacio lleno de agua entre dos chapas paralelas, normalmente forma uno o más lados de los hogares interiores de la caldera.*
- ◆ **Chapa bóveda:** *Chapa que forma el techo de un hogar o cámara de combustión calentado interiormente (materiales aislantes, ladrillos, plástico refractario de alta resistencia).*
- ◆ **Chimenea:** *Salida de humos, hecha de acero.*
- ◆ **Choque o barrido de llama:** *El punto de incidencia de una llama en movimiento contra partes de la caldera produciendo un sobrecalentamiento local.*
- ◆ **Choque térmico:** *Súbito desarrollo, de un paso o salto del gradiente térmico de temperatura que produce elevadas tensiones dentro del material a partir de una rápida dilatación o contracción.*
- ◆ **Columna de agua:** *Cámara hueca vertical situada entre la caldera y el nivel de vidrio con objeto de facilitar y estabilizar el nivel de agua en el nivel de vidrio mediante un depósito de capacidad de la columna. También la columna sirve para eliminar la obstrucción de las conexiones de menor diámetro del nivel y sirve como cámara de sedimentación.*
- ◆ **Combustión:** *Combinación química del combustible (La parte que arde con el oxígeno del aire suministrado al proceso, las temperaturas pueden estar entre 1850 y más de 3000° F (1000 y 1650° C).*
- ◆ **Condensado:** *Agua condensada resultante de la eliminación del calor latente del vapor.*

- ◆ **Convección:** *Es la transmisión del calor por la circulación de un líquido o gas como el aire. La convección puede ser natural o forzada.*
- ◆ **Corrosión:** *Desgaste y desprendimiento de material como consecuencia de una acción química. En una caldera usualmente está producida por la presencia de O₂, CO₂, o algún ácido.*
- ◆ **Corrosión externa:** *Deterioro químico del metal en el lado de fuego de las superficies de calefacción de calderas.*
- ◆ **Corrosión galvanizada:** *Corrosión acelerada de un metal en contacto con otro metal más noble o conductor no metálico, cuando se trata de corrosión electrolítica.*
- ◆ **Corrosión por fatiga:** *Grietas producidas por la acción combinada de tensiones repetitivas o fluctuantes y de un ambiente corrosivo, que produce la rotura o el agrietamiento a menores niveles de tensión o menores ciclos de esfuerzos que los que tendría lugar si no estuviese presente el ambiente corrosivo.*
- ◆ **Corte de agua de alimentación combinada:** *Es un dispositivo que regula la aportación de agua a la caldera en combinación con el corte de combustible por nivel bajo el agua.*
- ◆ **Corte por bajo nivel de agua:** *Dispositivo para cortar el quemador en condiciones inseguras del nivel de agua de calderas, o de cualquier equipo que opere en base a un depósito de agua.*
- ◆ **Costra de laminación:** *Recubrimiento de óxido de hierro formado sobre la superficie de una chapa de acero por enfriamiento y exposición de la chapa al aire, justo después de haber sido laminada en caliente a altas temperaturas.*
- ◆ **Crepitación:** *La tensión o esfuerzo dependiente del tiempo, fuertemente influida por la temperatura de un material sometido a tensión.*
- ◆ **Deformación plástica:** *Distorsión permanente de un metal al aplicar tensión para estirarlo y que lleva al metal más allá de su límite elástico.*

- ◆ **Dispositivo de alta presión:** *Dispositivo para monitorear la presión de un líquido, gas o vapor dispuesto para abrir y/o cerrar contactos eléctricos cuando se excede el vapor de la presión de consigna.*
- ◆ **Ductilidad:** *Propiedad plástica del metal para soportar la deformación sin rotura.*
- ◆ **Dureza (agua):** *Medida de la cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua de caldera. Normalmente expresada en gramos por galón (o gramos por litro, partes por millón como CaCO_2).*
- ◆ **Eficiencia o rendimiento:** *De la operación de la caldera: La salida de unidades térmicas divididas por la entrada en unidades térmicas. El número BTU contenido en todo el vapor evaporado, es la salida útil. El número de BTU contenido en el combustible suministrado a la caldera de entrada.*
- ◆ **Entalpía:** *Propiedad térmica de un flujo (fluido) que es una función de estado y se define como la suma de la energía mecánica potencial almacenada y la energía interna se expresa generalmente como BTU / lib (Kcal / kg) de fluido o Julio / kg.*
- ◆ **Erosión:** *Desgaste del refractario o piezas de metal por la acción de las escorias o cenizas volantes que hacen fricción sobre las superficies de las mismas.*
- ◆ **Evaporador.** *Recipiente de presión usado para evaporar agua por medio de un intercambiador de calor. El vapor se condensa por medio de intercambiadores de agua de refrigeración y esta agua destilada se usa como agua de aportación a las calderas.*
- ◆ **Fatiga:** *El fenómeno de un material que experimenta rotura bajo tensiones repentinas o fluctuantes teniendo un máximo valor menor que la tensión de rotura del material.*
- ◆ **Fatiga térmica:** *Gradiente de temperatura que varía con el tiempo de tal manera que producen tensiones cíclicas que dan por resultado una grieta o fractura.*

- ◆ **Fuel oil:** *Producto líquido derivado del petróleo que precisa un menor refinamiento para utilizarse como combustible para las calderas de vapor, usando los siguientes términos para describir sus propiedades: A) Punto de ignición, indicación de la máxima temperatura a la cual puede almacenarse y manipularse sin riesgo serio de incendio. B) Punto de goteo, Indicación de la más baja temperatura a la cual un fuel oil puede almacenarse y ser capaz de fluir con muy poco esfuerzo. C) Viscosidad, medida de resistencia a fluir, es altamente significativa en el fuel oil ya que indica la relativa facilidad de flujo o bombeo y facilidad de atomización.*
- ◆ **Grifo de prueba:** *Una de las tres válvulas montadas en una columna de agua dentro del rango visible del nivel de vidrio y utilizadas para comprobar el nivel de agua de la caldera.*
- ◆ **Ignición:** *Un sistema en el que el combustible para un quemador principal o piloto de gas o aceite se enciende directamente por una bujía eléctricamente energizada (electrodo), bobina de encendido o por llama piloto de gas o aceite.*
- ◆ **Ignitor:** *Quemador más pequeño que el principal y que se enciende por chispa eléctrica u otra fuente estable e independiente de ignición y que suministra energía de ignición segura necesaria para el inmediato encendido del quemador principal.*
- ◆ **Inyector:** *Dispositivo para alimentar agua al interior de una caldera haciendo uso del principio de alta velocidad, trabajando contra la presión de caldera y utilizando el vapor de la misma presión.*
- ◆ **Límite de fatiga:** *Medida de la capacidad de un material para soportar repetidas inversiones de tensión sin romper o dañar su estructura cristalina. Un trozo de hilo de acero suave puede romperse fácilmente a mano cuando se dobla o flexiona atrás y adelante una pocas veces, su límite de fatiga es bajo, por el contrario, un trozo de muelle de acero puede flexarse muchas miles de veces sin mostrar ningún signo de peligro de rotura, en este caso el límite de fatiga es alto, esta propiedad es de especial valor en el caso de construcción de calderas.*

- ◆ **Límite de rotura:** *Tensión máxima por debajo de la cual se supone que un material es capaz de soportar un número infinito de ciclos de tensión.*
- ◆ **Límite elástico:** *Máxima carga tensora a la cual puede someterse un metal sin quedar deformado permanentemente después de que la carga cese.*
- ◆ **Limpieza de ácido:** *Es el proceso de limpieza de las superficies interiores de las unidades generadoras de vapor, rellenando la unidad con ácido diluido acompañado de un inhibidor para evitar la corrosión y seguida por un drenado, lavado y neutralizado de la acidez con agua alcalina.*
- ◆ **Magnesio:** *Un elemento formador de incrustaciones que se halla en muchas aguas de alimentación de calderas.*
- ◆ **Nivel de agua de vidrio:** *Indicador visible del nivel de agua en vidrio, cerrado para calderas, muchos niveles de vidrio son tubulares pero la práctica moderna de alta presión y de las locomotoras de ferrocarril, usan dos tiras planas de vidrio atornilladas entre bridas planas, con el agua y el vapor entre los vidrios.*
- ◆ **pH:** *Concentración de ión de hidrógeno en el agua que denota la acidez o alcalinidad según se defina la ausencia o presencia de éste, un pH 7 es neutro, uno por encima de 7 es alcalino. mientras uno por debajo de este es ácido. Este número de pH es el exponente negativo de 10 que representa la concentración del ión de hidrógeno en gramos por litro, por ejemplo, un pH de 7 representa 10^{-7} g / l.*
- ◆ **Picadura:** *Corrosión localizada en un pequeño punto.*
- ◆ **Piloto:** *Un pequeño quemador que se usa para encender el quemador principal.*
- ◆ **Presión:** *Fuerza ejercida por líquido o gas sobre la unidad de superficie, pueden distinguirse tres presiones: manométrica, atmosférica y de vacío, presión por debajo de la atmosférica usualmente expresada en columna de agua, de mercurio o kg / cm^2 .*

- ◆ **Presión absoluta:** *Es la presión por encima de cero, igual a la presión manométrica más la presión atmosférica.*
- ◆ **Presión y temperatura crítica:** *Son las correspondientes al punto en el que la diferencia entre el estado líquido y el estado de vapor desaparecen para el agua.*
- ◆ **Presión de diseño:** *Presión utilizada en el diseño de una caldera con el objeto de determinar el espesor mínimo de la lámina de acero admisible o las características físicas de las diferentes partes de la calderas.*
- ◆ **Presión de trabajo admisible:** *Máxima presión para la cual se ha diseñado y construido la caldera; la máxima presión manométrica de una caldera, y la base para ajustar y tarar los dispositivos de descarga de presión que protegen a la caldera.*
- ◆ **Presión manométrica:** *Presión por encima de la atmosférica 14.7 psi (1.03 kg/cm²) a nivel del mar o la presión absoluta menos 14.7 psi a nivel del mar.*
- ◆ **Prueba hidrostática:** *Prueba de presión por agua a temperatura ambiente aplicada a una caldera para determinar su seguridad, como comparación de reparaciones o para detectar fugas si hay sospechas.*
- ◆ **Purga:** *Conexión a drenaje incluyendo tuberías y la válvula que hay en la parte inferior de la caldera o a la altura de nivel normal de agua en el caso de purga superficial, la cantidad de agua que se purga también recibe esta denominación.*
- ◆ **Quemador de combustible líquidos con atomización por aire:** *Es un quemador para productos petrolíferos en el combustible, es atomizado por aire comprimido que se fuerza a través de una o más corrientes de aceite rompiendo éste en un fino pulverizado de minigotitas (nebulizadas o atomizadas).*
- ◆ **Quemador presurizado:** *Un quemador en el que todo el aire para la combustión se suministra con un ventilador que vence la resistencia a través del quemador para entregar la cantidad de aire y combustible necesario para la combustión.*

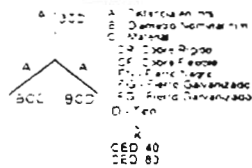
- ◆ **Sílice:** *Elemento formador de incrustaciones que se halla en algunas aguas de alimentación de calderas.*
- ◆ **Soldadura:** *Unión de dos hojas o superficies de metal por aplicación de calor.*
- ◆ **Soldadura de fusión:** *Usada para soldar los bordes o superficies de metal al sobre pasar la temperatura de fusión y adición de un metal de aportación o relleno (de las mismas características del metal que está siendo soldado) a la misma temperatura.*
- ◆ **Soldadura de sellado:** *Soldadura usada principalmente para obtener estanqueidad y evitar fugas.*
- ◆ **Superficie de calefacción:** *Aquella superficie que está expuesta al medio calefactor para absorción y transferencia del calor al medio calefactor y definida según las normas (ABMA American Boiler Manufacturers Association) como sigue: a) superficie calefactora de caldera y pantalla de agua. Esta superficie consta de todos los aparatos en contacto, por un lado con el agua y el vapor húmedo que están siendo calefactados y por el otro lado con gas y refractario que está siendo calentado formando parte del sistema de circulación, esta superficie se mide por el lado receptor del calor. b) Superficie del sobre calentador, esta superficie de calefacción consta de todos los aparatos de transferencia térmica en contacto de un lado de vapor que está siendo calentado y por el otro lado con el gas o refractario que está siendo enfriado, esta superficie se mide del lado que recibe el calor.*
- ◆ **Tubo de humos (fluxes):** *Tubo de una caldera que tiene agua por su exterior y que transporta los productos de la combustión interior.*
- ◆ **Unidad generadora de vapor:** *Unidad a la que se le suministra agua, combustible, aire o calores residuales y en la cual se genera vapor. Puede constar de un hogar y un equipo de combustión y puede incluir como componentes menores pantallas de tubos sobre calentador, recalentador, economizador, calentador de aire o una combinación de ambos.*
- ◆ **Válvula antiretorno (check):** *Válvula diseñada para evitar el flujo en sentido inverso, sólo permite el flujo en una dirección.*

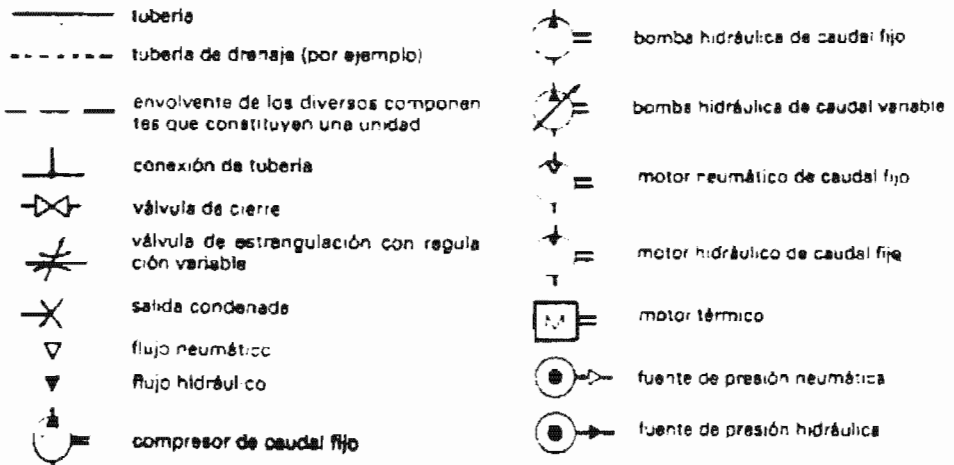
- ◆ **Válvula de compuerta:** *Válvula de corte que utiliza el principio del doble asiento, puede ser usada para contener el fluido conteniendo algunos sólidos, ya que cuando está abierta totalmente opera con una corriente recta, tienen una pequeña tendencia a obstruirse.*
- ◆ **Válvula de globo:** *Válvula de corte que usa el principio de disco y asiento, utilizada donde el fluido controlado es comparativamente limpio.*
- ◆ **Válvula de seguridad:** *Válvula que se abre automáticamente cuando la presión excesiva pueda hacer estallar la caldera.*
- ◆ **Válvula de corte de seguridad:** *Válvula cerrada automáticamente por el sistema de control o por un dispositivo de emergencia para cortar completamente el suministro de combustible al quemador.*
- ◆ **Vapor:** *Vapor de agua producido por la evaporación, el vapor saturado seco no contiene humedad y está a una temperatura específica para cada presión; no tiene color, la apariencia blanquecina del vapor de escape es debida a la condensación a temperatura inferior; es el vapor de agua que parece blanco.*
- ◆ **Vapor seco:** *Vapor que no contiene humedad, comercialmente, el vapor seco no contiene más de 0.5% de humedad.*
- ◆ **Vapor sobre calentado:** *Vapor calentado a una temperatura elevada que la que corresponde a la temperatura equivalente a su presión.*
- ◆ **Vapor vivo:** *Vapor que no ha sido expandido ni ha realizado trabajo alguno para el que ha sido generado.*
- ◆ **Ventilador de tiro forzado:** *Ventilador que suministra aire a presión al equipo de combustión de las calderas.*

A continuación mostraremos algunos de los principales símbolos utilizados en instalaciones de tipo hidráulico.

SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA

	VÁLVULA DE AGUJA		VÁLVULA DE NO RETROCESO SENCILLA.
	VÁLVULA DE TRES VIAS.		VÁLVULA DE EXCESO DE FLUJO.
	VÁLVULA DE TRES USOS.		VÁLVULA DE CORTE AUTOMÁTICA Y MANUAL.
	LLAVE DE PASO.		VÁLVULA DE NO RETROCESO DOBLE (CHECK).
	LLAVE DE CUADRO		UNIÓN SOLDADA
	LLAVE DE CUADRO CON OREJAS		UNIÓN ROSCADA.
	VÁLVULA MACHO LUBRICADA.		UNIÓN BRIDADA.
	VÁLVULA CON BRIDAS.		TUERCA UNIÓN.
	VÁLVULA SOLENOIDES.		PUNTA TAPONADA.
	VÁLVULA DE CIERRE RÁPIDO.		LLOVIZNA CONTRA INCENDIO.
	MEDIDOR VENTURI		TIERRA.
	MEDIDOR DE ORIFICIO		CONEXIÓN FLAPE.
	MANÓMETRO.		CONEXIÓN POL.
	FILTRO		CONEXIÓN ACME.
	VENTILADOR.		
	BOMBA.		
	COMPRESORA.		
	EXTINTOR.		
	HIDRANTE.		

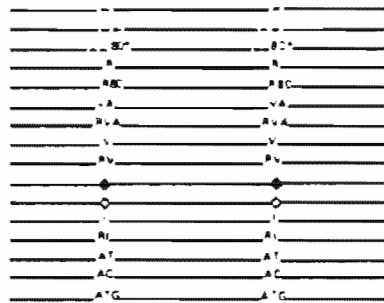




SERVICIO

- Agua fría (red de distribución cruda o tratada)
- Agua caliente a 80°C
- Agua caliente a 90°C
- Retorno de agua caliente a 64°C
- Retorno de agua caliente a 80°C
- Vapor de 3,8 Kg/cm² (alta presión)
- Retorno de vapor de 3,8 Kg/cm²
- Vapor de 5,8 Kg/cm² (presión intermedia)
- Retorno de vapor de 5,8 Kg/cm²
- Vapor de 1,85 Kg/cm² (baja presión)
- Retorno de vapor de 1,85 Kg/cm²
- Protección contra incendio
- Riego
- Agua tratada (de suavizadores y/o filtros)
- Agua (truda) (retorno de sistema, abastecim. unidad)
- Alimentación de agua a generadores de vapor

LÍNEAS HORIZONTALES DE ALIMENTACIONES



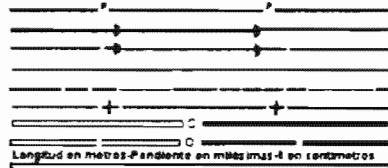
COLUMNAS

- C.A.F.
- C.A.C.
- C.A.C. 80°
- C.R.A.C.
- C.R.A.C. 80°
- C.V.A.
- C.R.V.A.
- C.V.
- C.R.V.
- C.V.B.
- C.R.V.B.
- C.P.C.I.

- Purga generadores de vapor
- Agua negra (tierra fundida)
- Agua pluvial (tierra fundida)
- Agua negra (sobra)
- Ventilación (P.V.C.)
- Desagüe sanitario (P.V.C.)
- Alfarral aguas negras e combinadas
- Alfarral aguas pluviales

18.5 - 3 - 25

LÍNEAS HORIZONTALES DE AGUAS RESIDUALES



- B.A.N.
- B.A.P.
- C.D.V.

LÍNEAS HORIZONTALES PARA ALBERCAS



- Succión de fondo
- Inyección
- Barrido
- Desnatador o rebosador
- Bequilla inyección
- Bequilla barrido
- Bequilla de fondo
- Bequilla rebosadora e desnatador

V. Características de las instalaciones.

	Válvula de compuerta roscada		Filtro en "Y" bridado
	Válvula de compuerta roscada (muro)		Omega de cobre flexible
	Válvula de globo roscada		Manguera flexible en lúberas
	Válvula de macho roscada		Reducción bushing
	Válvula de retención roscada		Reducción excéntrica
	Válvula de compuerta bridada		Reducción concéntrica
	Válvula de globo bridada		Tuerca de unión
	Válvula de retención bridada		Válvula de seguridad
	Válvula de manopla bridada		Válvula eliminadora de aire
	Válvula de compuerta motorizada		Gabinete de protección contra incendio
	Válvula de globo motorizada		Tome suamesa para bomberos
	Válvula de acoplamiento rápido		Gabinete de protección contra incendio
	Válvula normalmente cerrada		Coladera en piso
	Trampa para vapor termodinámica		Tapón registro cromado en piso
	Trampa para vapor de flotador termostático		Tapón registro de bronce
	Filtro en "Y" roscado		Pozo de insula
			Registro de mampostera

SIMBOLOGIA PARA AGUA POTABLE (DETALLES DE PIEZAS ESPECIALES)

VALVULA REDUCTORA DE PRESION _____	
VALVULA DE ALTITUD _____	
VALVULA ALIVIADORA DE PRESION _____	
VALVULA PARA EXPULSION DE AIRE _____	
VALVULA DE FLOTADOR _____	
VALVULA DE RETENCION (CHECK) DE P&F CON BRIDA _____	
VALVULA DE SECCIONAMIENTO DE P&F CON BRIDA _____	
CRUZ DE P&F CON BRIDA _____	
TE DE P&F CON BRIDA _____	
CODO DE 90° DE P&F CON BRIDA _____	
CODO DE 45° DE P&F CON BRIDA _____	
CODO DE 22.5° DE P&F CON BRIDA _____	
REDUCCION DE P&F CON BRIDA _____	
CARRETE DE P&F CON BRIDA (CORTO Y LARGO) _____	
EXTREMIDAD DE P&F _____	
TAPA CON CUERDA _____	
TAPA CIEGA DE P&F _____	
JUNTA GIBAULT _____	

PIEZAS ESPECIALES G.P.B.

VALVULA VALFLEX B.J. (CON 2 JUNTAS UNIVERSALES G.P.B.) _____	
VALVULA VALFLEX B.U. (CON UNA BRIDA Y UNA JUNTA UNIVERSAL) _____	
VALVULA REDUCCION VALFLEX B.U. (CON UNA BRIDA Y UNA JUNTA UNIVERSAL) _____	
JUNTA UNIVERSAL G.P.B. _____	
TERMINAL G.P.B. _____	
REDUCCION G.P.B.-B.B. (CON 2 BRIDAS PLANAS) _____	
REDUCCION G.P.B.-B.U. (CON UNA BRIDA Y UNA JUNTA UNIVERSAL) _____	

NOTAS: LOS SIGNOS CONVENCIONALES PARA PIEZAS DE EXTREMOS LISOS O CON CUERDA SERAN LOS MISMOS PERO EN DIBUJAR EL PATIN QUE INDICA LA BRIDA.

5.2.2. *Clasificación y ubicación de equipos.**“Equipos de bombeo”***Área de pozo profundo e hidroneumático.**

Equipo.	Características
Pozo profundo.	El equipo se encuentra instalado en la zona norte del plantel y esta formado por los siguientes componentes:
Motor impulsor.	Motor eléctrico tipo vertical de 100 HP de potencia, lubricación con aceite y enfriamiento por aire, operación eléctrica con un sistema trifásico de 3 hilos a 220 volts -60 Hz con 1800 RPM.
Flecha de impulsor.	Acoplada al motor eléctrico se encuentra la flecha de acero inoxidable rolado de 1 3/16” de diámetro con monel de 1 3/8”, con longitud de 3.05 metros.
Tubo de descarga.	La flecha está introducida dentro de un tubo de succión de 6” de diámetro y 3.02m de longitud, cedula 80 de acero al carbón denominado como columna superior, intermedia o inferior, acoplado entre sí con coples roscados de acero fundido. Y estos sujetan a los soportes de chumaceras de bronce.
Soporte de chumacera de bronce.	Este aditamento se encuentra al interior de la tubería de succión y guía la flecha del impulsor a lo largo de la columna, están colocados de manera equidistante en cada elemento de acoplamiento de la tubería de 6” entre los tubos y el cople del mismo.
Chumacera de hule.	Este elemento se encuentra dentro de la camisa del soporte de chumacera y sirve como guía y elemento para absorber la fricción que produce la flecha de impulsor sus dimensiones son de 6” de longitud y 1 3/16” en su diámetro interior y 2 1/2” de diámetro exterior.

Cuerpo de tazones.	Cuerpo de tazones marca Peerless modelo 8 Lb de impulsor en bronce tipo cerrado de 14 pasos cámaras de elevación, con salida de 6", flecha central de acero inoxidable de 1 3/16" con un gasto de 14 litros por segundo, cámara manométrica de 100 metros, potencia requerida de 22 HP y velocidad de 1800 RPM, lubricación con agua y eficiencia del 72%. Este elemento es propiamente una bomba ya que en él se encuentran los impulsores de tipo axial que al momento de girar impulsan el agua hacia arriba.
Tablero de arranque.	Tablero de arranque y paro de motor tipo arrancador termomagnético a tensión reducida tipo autotransformador, marca Siemens con capacidad de 100 HP de 220/440 volt de tipo trifásico, transformador de control, disyuntores termomagnéticos de 10 Amp, auto transformador, interruptor termomagnético de 600 Amp y botonera de arranque, voltímetro y foco piloto.

"Equipos de hidroneumáticos"

Cuartos de máquinas

Equipo (Hidroneumático No. 1).	Este equipo se encuentra en la zona sur del plantel, ubicado en la planta baja del edificio de la unidad de apoyos y servicio a la comunidad y consta de los siguientes componentes:
Bombas.	Este equipo cuenta con tres bombas eléctricas de 10 HP de potencia con una operación de 3F a 440 Volts 3510 RPM, marca Remsa, éstas se encuentran conectadas en paralelo, y tienen una succión de 3" de diámetro y 3" de descarga, estas bombas se encuentran operadas de manera automática por un tablero de control.
Tanque de almacenamiento.	Tanque de almacenamiento de agua que opera a presión tipo cilíndrico de acero al carbón cedula 40 con capacidad de 3820 litros, en posición horizontal, con conexión bridada soldada de 8 pulgadas de diámetro.
Compresor neumático.	Compresor neumático marca guimsa de 1 HP con motor eléctrico de 1 ½ HP de potencia bifásico a 220 volts 2 fases 2 hilos de 1750 RPM y válvula selenoide interruptora.

Tablero de control automático.	Gabinete tipo tablero de control automático con módulo de secuencia electrónico y conexión de relevadores para secuencia de arranque, transformador reductor con aislamiento bifásico a de 440 a 220 volts C A, para conexión de líneas a 220 Volts este tablero cuenta con arrancadores trifásicos de 15 HP a 600 Volts, así como interruptores termomagnéticos trifásicos de 100 amp a 440 volts, uno por bomba, interruptores de presión prestostatos calibrados a 3.5 Kg/cm ² al arranque y 2 Kg/cm ² al paro, con manómetro de presión con un rango de 0 a 7 Kg/cm ² .
Válvulas de retención.	Válvulas check silenciosas de 4" de diámetro (también conocidas como válvulas de retención marca peerless bridadas, para reducir el golpe de ariete en las bombas (una por bomba)
Válvulas de compuerta.	Válvulas de compuerta de vástago fijo, marca wallwoth bridada de 4" de diámetro acoplada en la línea de descarga de la bomba (una por bomba)
Válvula de retención	Válvula check de retención de columpio tipo horizontal bridada de 8" de diámetro colocada en la línea de descarga al tanque de diferencial de presión.
Válvulas de compuerta. . .	Válvulas de compuerta bridada de vástago fijo de 8" de diámetro, acopladas a la salida del tanque de diferencial de presión y descarga a tubería de la red de distribución.
Equipo (Hidroneumático No. 2).	Este equipo se encuentra en la zona norte del plantel, ubicado en la planta baja del edificio del centro cultural Acatlán y consta de los siguientes componentes:
Bombas.	Este equipo cuenta con dos bombas eléctricas de 5 HP de potencia con una operación de 3 F a 220 Volts, a 3505 RPM, marca US, estas se encuentran conectadas en paralelo, y tienen una succión de 2" de diámetro y 2" de descarga, estas bombas se encuentran operadas de manera automática por un tablero de control.

V. Características de las instalaciones.

Tanque de almacenamiento.	Tanque de almacenamiento de agua que opera a presión, tipo cilíndrico de acero al carbón cedula 40 con capacidad de 1420 litros, en posición vertical, con conexión bridada soldada de pulgadas de diámetro.
Compresor neumático.	Compresor neumático marca power electric de ½ HP con motor eléctrico de 1 HP de potencia bifásico a 220 volts 2 fases 2 hilos de 1725 RPM y válvula selenoide interruptora.
Tablero de control automático.	Gabinete tipo tablero de control automático con módulo de secuencia electrónico y conexión de relevadores para secuencia de arranque. 220 volts C A, para conexión de líneas a 220 Volts este tablero cuenta con arrancadores trifásicos de 5 HP a 600 Volts, así como interruptores termomagnéticos trifásicos de 70 amp a 220 volts, uno por bomba, interruptores de presión prestatos calibrados a 3.5 Kg/cm ² al arranque y 2 Kg/cm ² al paro, con manómetro de presión con un rango de 0 a 7 Kg/cm ² .
Válvulas de retención.	Válvulas check silenciosas de 2" de diámetro (también conocidas como válvulas de retención marca peerless bridadas, para reducir el golpe de ariete en las bombas (una por bomba)
Válvulas de compuerta.	Válvulas de compuerta de vástago fijo, marca urrea roscadas de 2" de diámetro acoplada en la línea de descarga de la bomba (una por bomba)
Bomba contra incendio	Bomba eléctrica de 15 HP marca US de 2600 RPM a 220V a 3 fases de 2" de succión y 2" de descarga acoplada a red contra incendios tipo Loop.
Válvula de compuerta	Válvulas de compuerta de vástago móvil de 2" de diámetro, acopladas a la salida de la bomba contra incendio.

"Equipos de calderas"

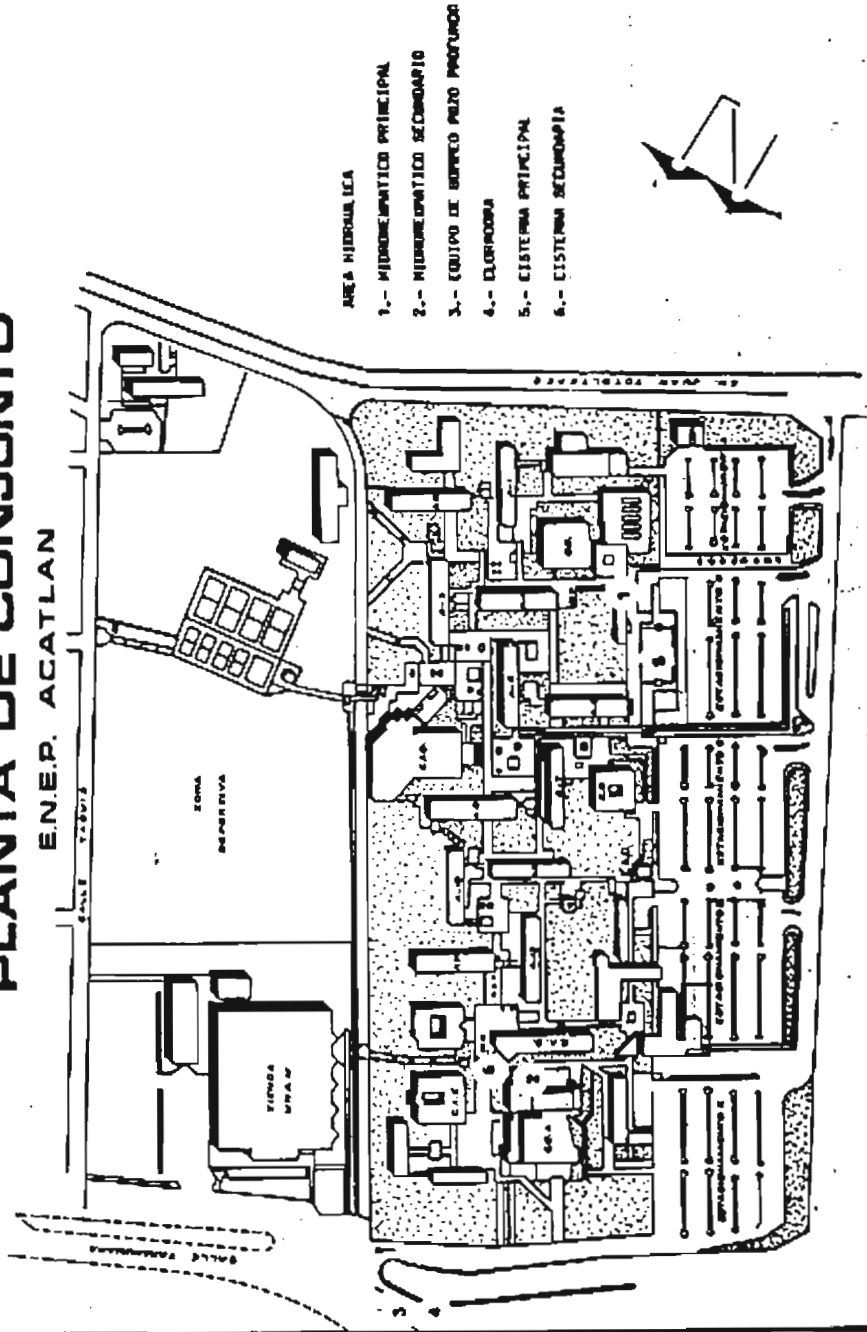
Área de cuarto de máquinas de calderas.

Cuarto de calderas.	Este equipo se encuentra instalado en la zona sur del plantel y se encuentra ubicada en el edificio de baños y vestidores, está conformado por los siguientes componentes:
Caldera.	Máquina generadora de vapor de 60 caballos de vapor marca San Francisco tipo escocesa de 3 pasos, opera con combustible diesel y tiene una capacidad de 2000 litros de agua, cuenta con un motor eléctrico tipo jaula de ardilla de 2 HP que impulsa al ventilador de tiro forzado, y un quemador con electrodo de 120 watts a 220 volts.
Tanque de condensado.	Tanque de condensación de vapor de capacidad de 490 litros de acero cédula 80, sirve también para dosificar el producto químico desincrustante para cuidado de las calderas.
Tanque de almacenamiento de agua caliente.	Tanque cilíndrico horizontal de almacenamiento de agua caliente fabricado en acero al carbón cédula 40 de 20,000 litros de capacidad con entrada hombre bridada de 0.60 m de diámetro con forro de aislamiento exterior de fibra de vidrio y tela sintética de polietileno color aluminio.
Tanque de almacenamiento de combustible.	Tanque cilíndrico tipo horizontal de almacenamiento de combustible diesel con capacidad de 25,000 litros fabricado en acero al carbón cédula 80 y tapa de paso hombre de 0.70 m de diámetro con tapa.
Bombas de retorno.	Bombas de agua tipo turbina de 5 HP acopladas a motores eléctricos de la misma capacidad por medio de flechas y gomas de estrella, estas bombas retornan el agua condensada a las calderas, con el químico desincrustante.
Bomba recirculadora.	Bomba de agua eléctrica de 1 HP conectada a un termostato, este tipo de accesorio recircula el agua por las líneas de descarga hacia los servicios para mantener el agua caliente en toda la línea de servicio.

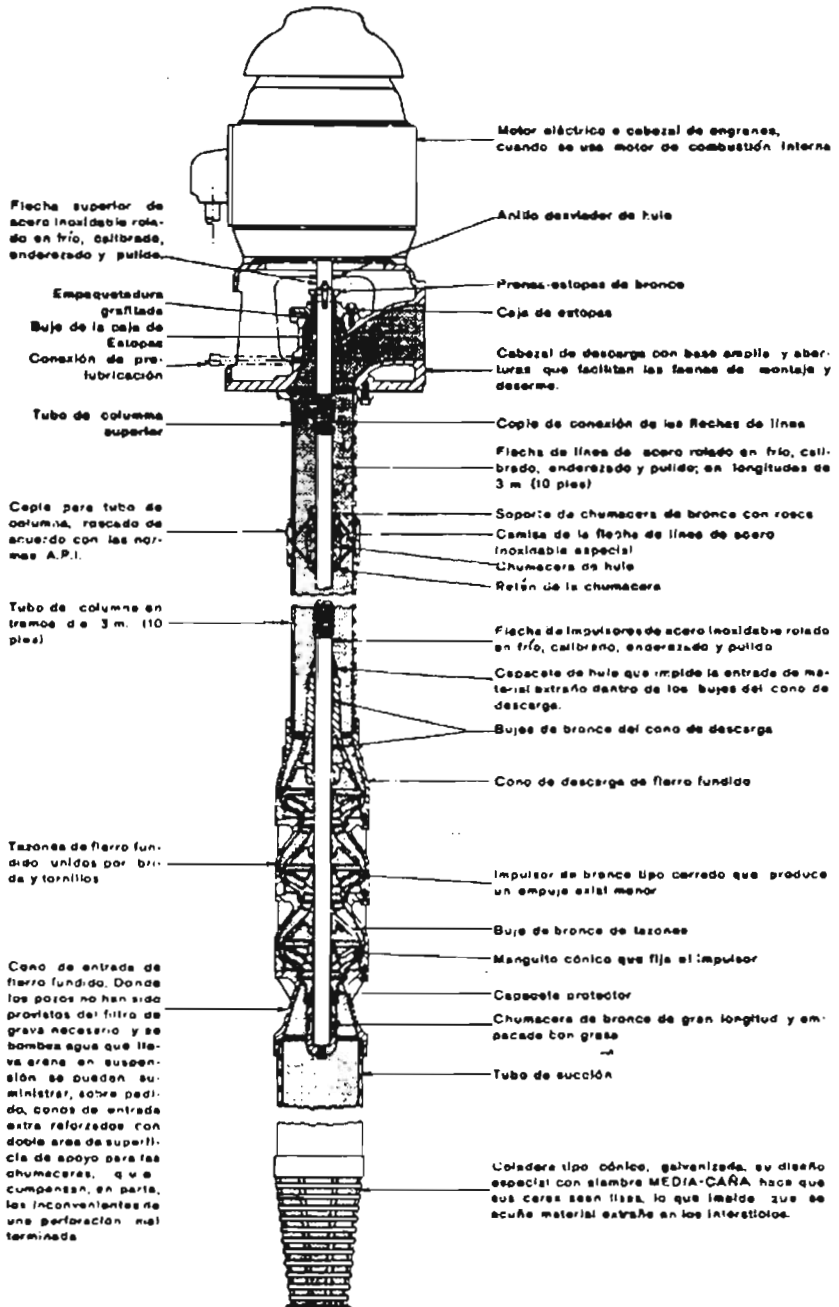
5.2.3. Planos y diagramas.

A continuación se presentan los planos de los equipos descritos anteriormente.

DISTRIBUCION DE EQUIPO HIDRAULICO EN EL PLANTEL
PLANTA DE CONJUNTO
E.N.E.P. ACATLAN



Plano No. 5.32. Plano de planta de ubicación de los equipos hidráulicos.

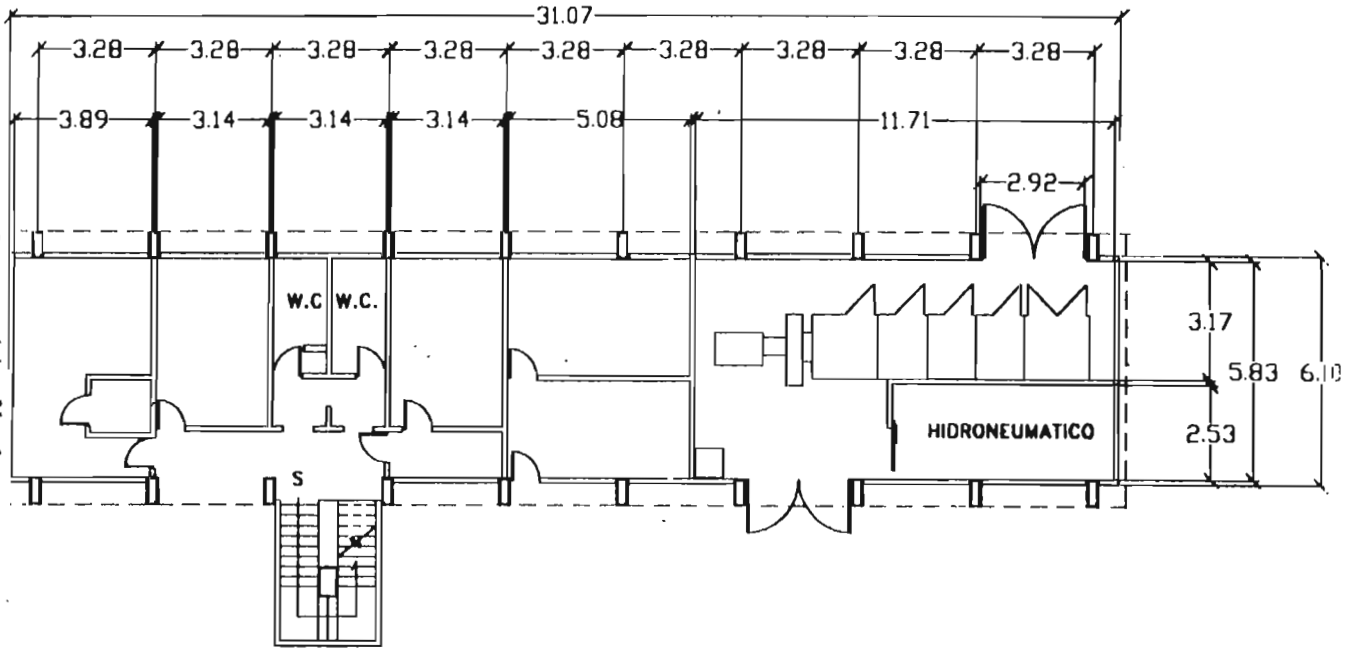


Lubricada con agua

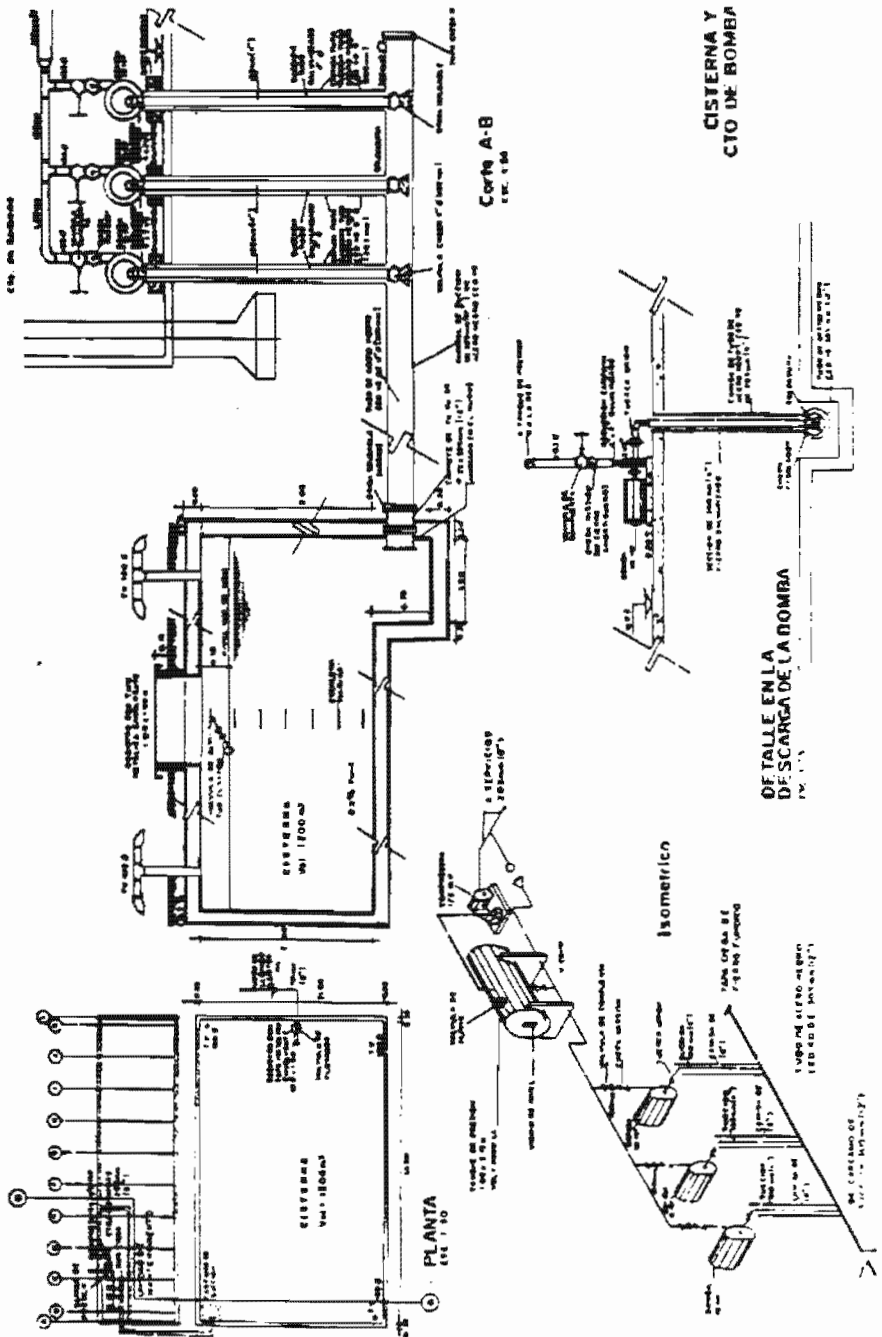
Plano No. 5.33. Detalle de pozo profundo.

Unidad de servicios a la comunidad (Detalle de subestación #2)

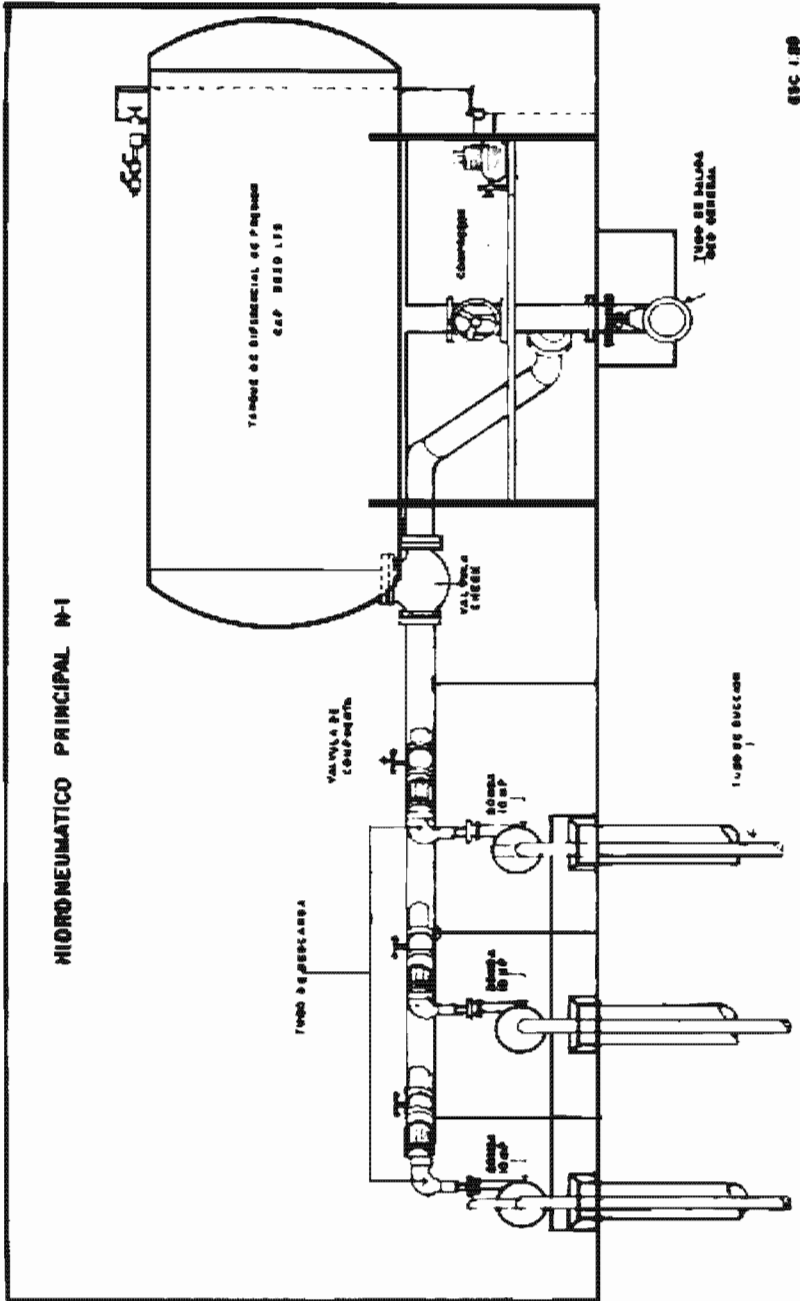
Plano No. S.34, Plano de planta de hidroneumático No. 1.



PLANO DE PLANTA

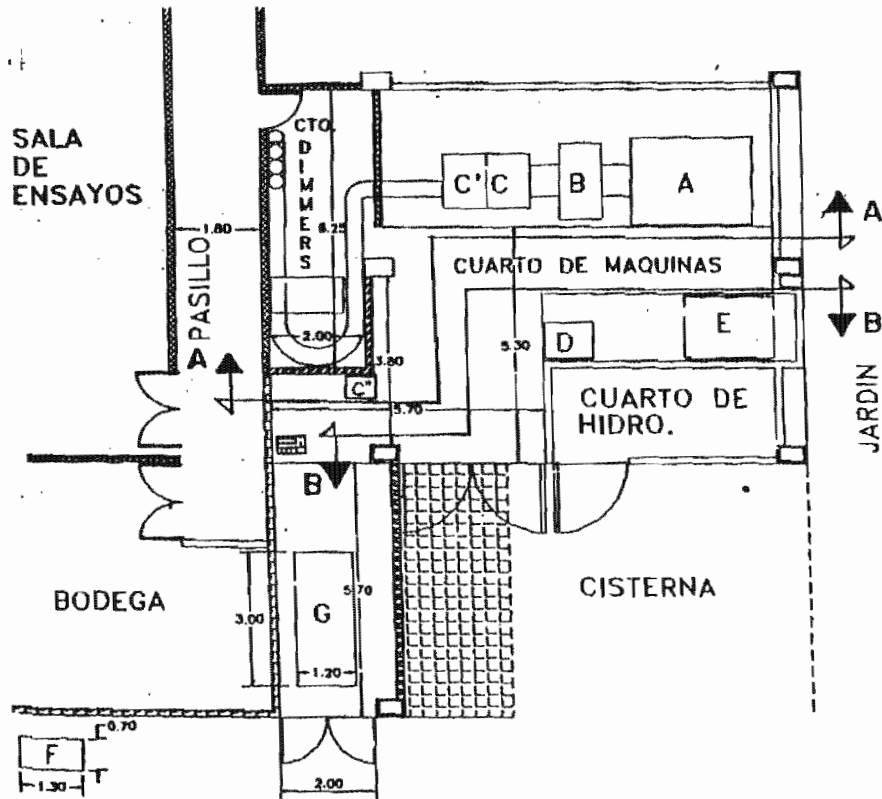


Plano No. 5.35. Detalle de hidroneumático No.1.



Plano No. 5.36. Plano de alzado de hidroneumático No. 1.

Plano No. 5.37. Plano de planta de hidroneumático No. 2.



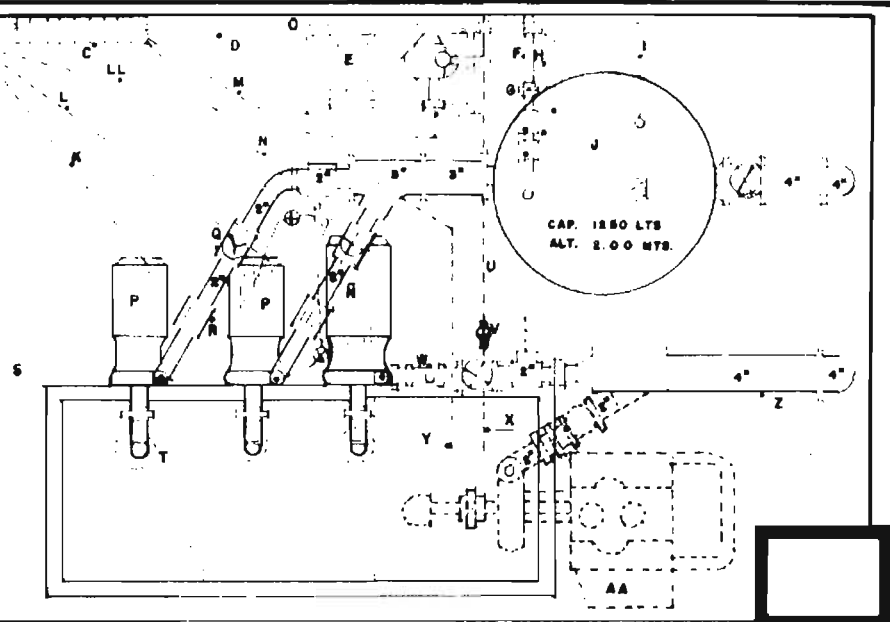
SIMBOLOGIA

- A) SECCIONADOR
- B) TRANSFORMADOR
- C y C') TABLERO PRIMARIO
- D) TABLERO SECUNDARIO
- E) SECCIONADOR HACIA EDIF. POSGRADO
- F) TANQUE DE DIESEL
- G) PLANTA DE EMERGENCIA
- C') TABLERO DE TRANSFERENCIA.

CTO. DE MAQUINAS (Subestacion C.C.A.)
N.5

CUATRO HIDRONEUMATICO
ESTADO ACTUAL
PROPUESTA I UBICACIO.DE
BOMBA DE COMBUS TION
INTERNA

PLANO DE PLANTA



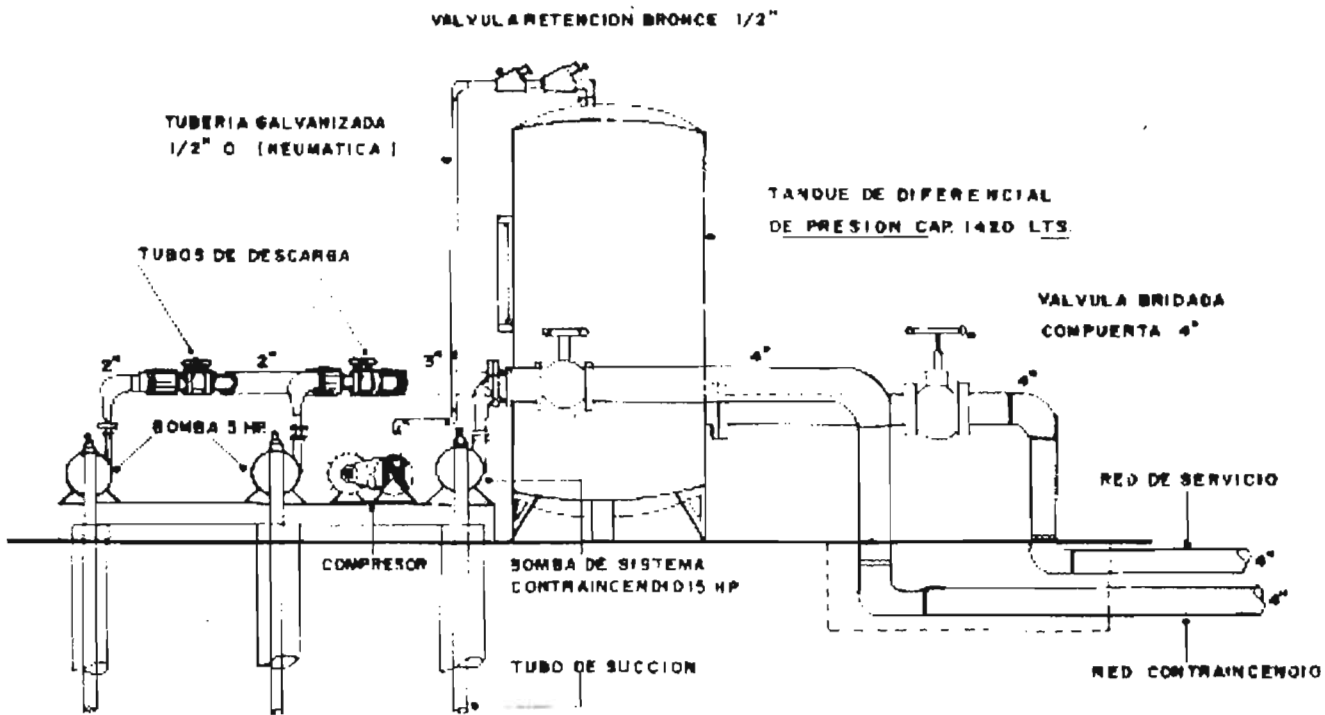
SIMBOLOGIA

- | | |
|---|--|
| <p>A- A. S. E. 3-8 1-14
 B- TABLERO 1
 C- TABLERO 2
 D- TUBO SALV. CONDUIT 1/2 2-14
 E- COMPRESOR
 F- TUBO SALV. HIDRAULICO 1/2"
 G- TUERCA UNION 1/2"
 H- CABLE 14 2 MILS
 I- TUBO DE COBRE 1/4" A MANO. Y VALV. DE PRESION HIDRO
 J- TANQUE PRESION
 K- TUBO SALV. P. B. CONDUIT 1/2 3-14
 L- TUBO SALV. P. B. CONDUIT 1/2 3-14
 LL- TUBO SALV. P. B. CONDUIT 3/4 3-12
 M- TUBO SALV. P. B. CONDUIT 1/2 4-14
 N- TUBO SALV. P. B. CONDUIT 1/4 3-8
 O- CONTRA INCENDIO, BOMBA CON MOTOR 2 H.P.</p> | <p>O- TUBO COBRE 1/4" A MANO. Y VALV. DE PRESION SIST. C/ INCENDIO
 P- SERVICIO Y RIESGO 2 BOMBAS CON MOTOR 2 H.P.
 Q- VALVULA COMPUERTA 2"
 R- VALVULA CHECK 2"
 S- TAPON PARA PUNDA 2"
 T- TUERCA UNION 2"
 U- TUBO GALVANIZADO 1/2"
 V- VALVULA DE COMPUERTA DE 1/2"
 W- VALVULA CHECK 2"
 X- SALIDA DE PURGA
 Y- SALIDA DE ELECTRONIVELES
 Z- ALTURA APROX. DEL TUBO DE H. P.T. 70 CM.
 AA- PROPUESTA DE UBICACION DE BOMBA DE COMB. INTERNA</p> |
|---|--|

PLANO 4

HIDRONEUMATICO Nº 2 Y BOMBA CONTRAINCENDIO TEATRO JOSE BARROS SIERRA ESTADO ACTUAL

Plano No. 5.39. Plano de alzado de hidroneumático No.2.

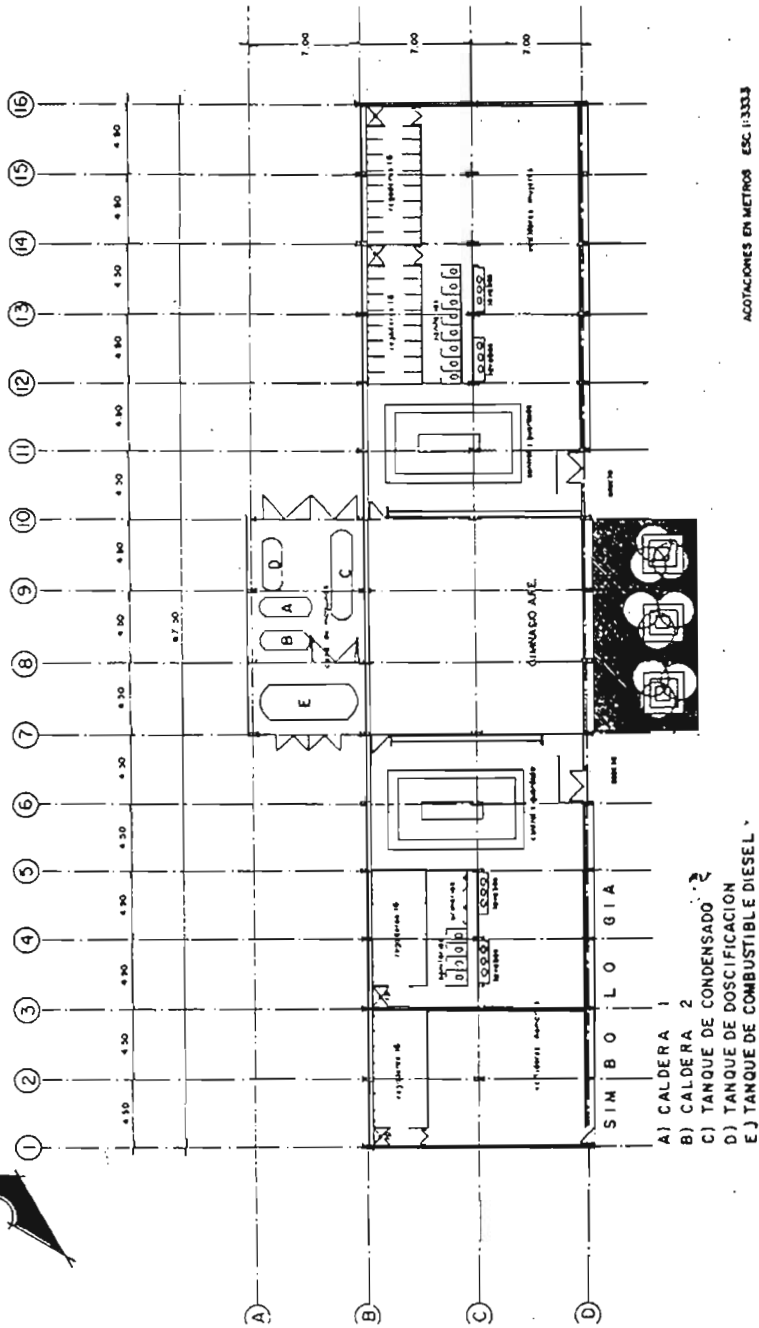
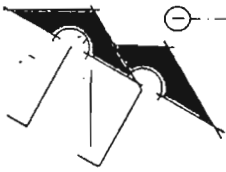


ESTADO ACTUAL

PLANO ALZADO

PLANO 3

BAÑOS - VESTIDORES Y GIMNASIO



Plano No. 5.40. Plano de planta de cuarto de calderas.

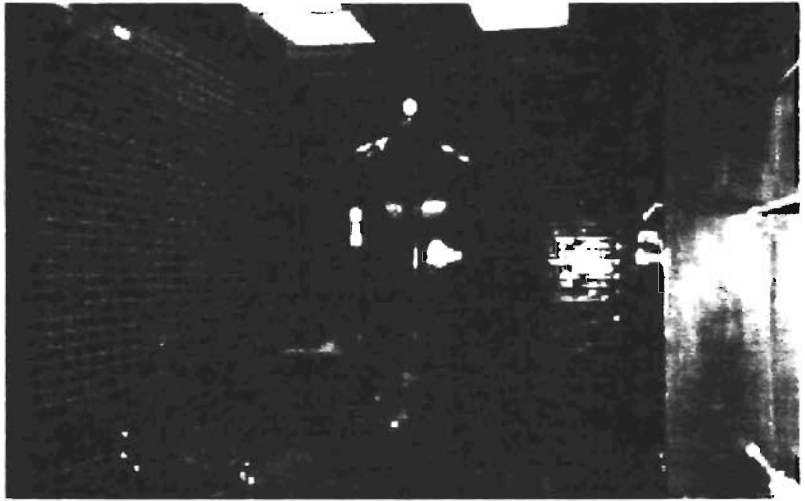


Figura No. 5.29. Vista de equipo hidroneumático No. 1 (primario).

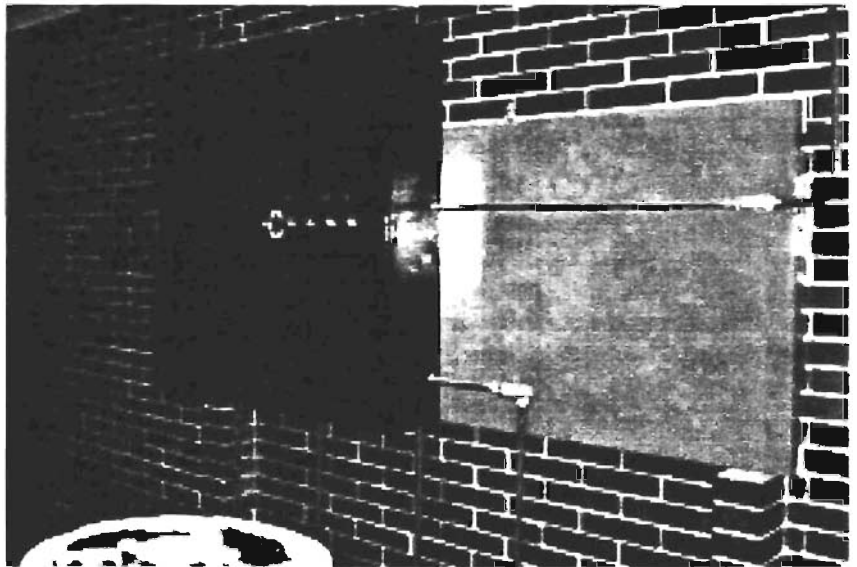


Figura No. 5.30. Vista de tablero de control automático de hidroneumático No.1.

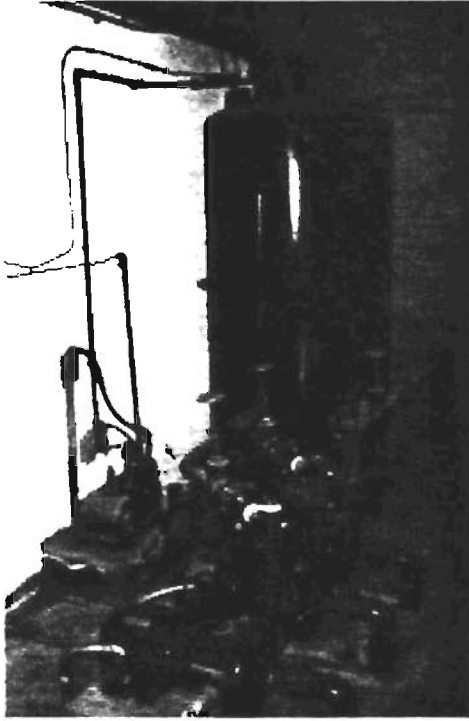


Figura No. 5.31. Vista se equipo hidroneumático No. 2 (secundario).

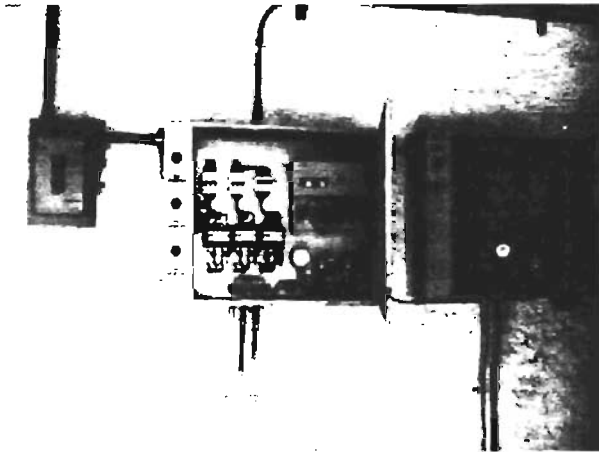


Figura No 5.32. Vista de tablero de control automático de hidroneumático No. 2 (secundario).

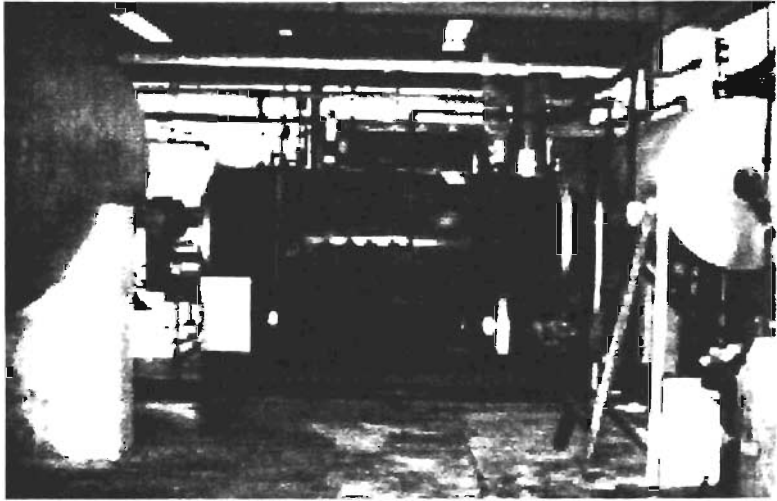


Figura No. 5.33. Vista interior de cuarto de máquinas de calderas.

5.2.4. *El mantenimiento.*

Hemos hablado hasta este momento de los conceptos básicos que se tienen que conocer sobre el tema de hidráulica de forma general, así como los equipos y tipo de instalaciones que se usan en las instalaciones de la FES Acatlán. Ahora hablaremos de forma específica sobre los estos equipos, nos referimos a los sistemas de bombeo como son la bomba de pozo profundo que suministra agua a todo el plantel y los equipos hidroneumáticos primario y secundario y los equipos de calderas.

Comencemos por el equipo de abastecimiento:

Pozo profundo

Sabemos que un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.

Así tendremos bombas que se utilizan para cambiar la posición de un cierto fluido. Un ejemplo los constituye una bomba de pozo profundo que adiciona energía para que el agua del subsuelo salga a la superficie.

Es muy importante saber como se clasifican las bombas (en cuanto a su diseño, clase y tipo), las bombas se clasifican según dos consideraciones generales diferentes:

- La que toma en consideración las características de movimiento de líquidos.
- La que se basa en el tipo o aplicación específica para los que se ha diseñado la bomba.

En la siguiente Figura No.5.30., se muestran los tipos y clases de bombas modernas.

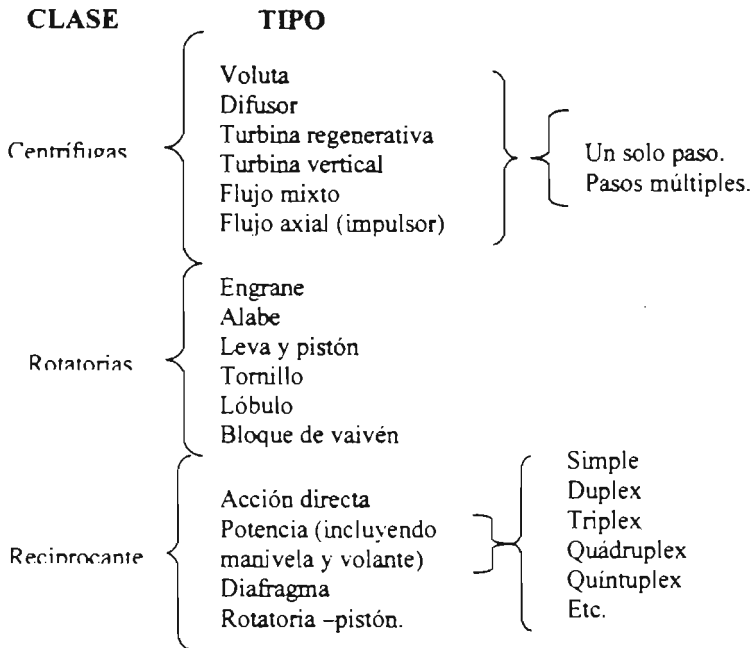


Figura No. 5.34. Tipos y clases de bombas más modernas¹⁰

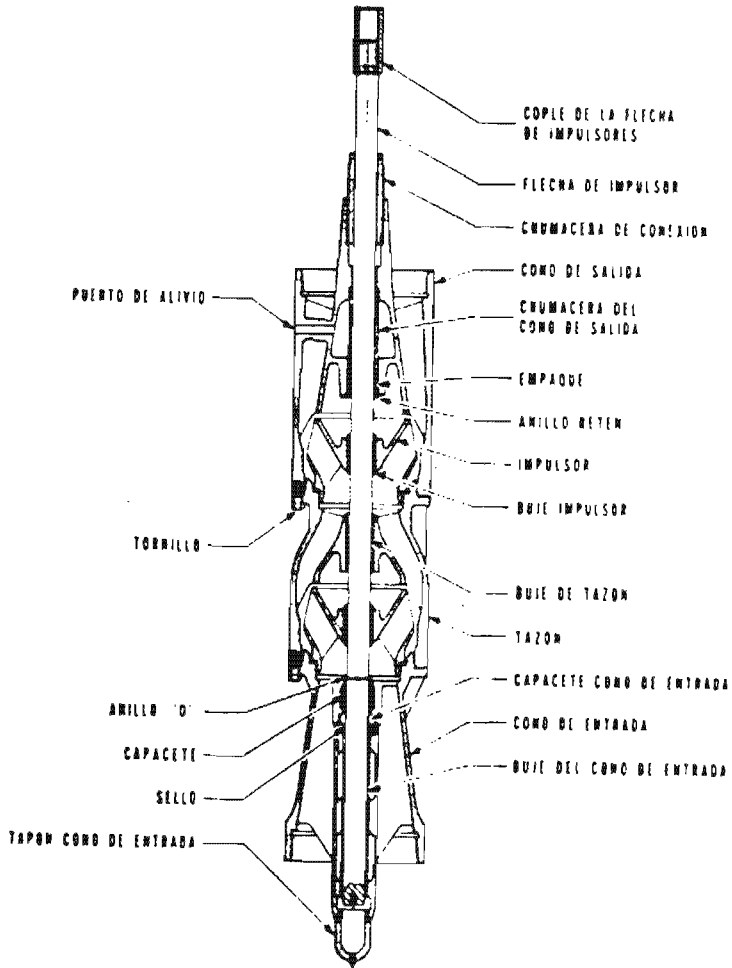
Resumiendo sobre el tipo de equipo con el que se cuenta en las instalaciones de la FES Acatlán, se cuenta con dos tipos de equipos de bombeo básicamente, el primero es de tipo de turbina vertical que es el del pozo profundo y el segundo es el de tipo de bomba centrífuga, en los equipos de hidroneumático y sistemas contra incendio, pero hablemos un poco más sobre cada uno de ellos.

Para el primer tipo de equipos, las bombas de pozo profundo, son conformadas por un conjunto de impulsores de tipo axial acoplados en serie y como normalmente las bombas de alimentación de agua potable son construidas generalmente de manera estándar de fierro y bronce, a continuación se enlistan los materiales usados en una bomba de pozo profundo:

¹⁰ BOMBAS su selección y aplicación. Tyler G Hicks, CECSA. 1990, p-19

- Tazones-fierro.
- Impulsores-Bronce.
- Flechas de impulsor-Acero inoxidable 13% Cr.
- Flechas de línea-Acero al carbón.
- Chumacera- Bronce (lubricación en aceite), Neopreno (lubricación en agua).
- Tuberías-Acero.
- Cabezal de descarga-fierro o acero.

En el siguiente plano de muestra el detalle de un cuerpo de tazones usado en una bomba de pozo profundo.



Plano No. 5.41. Detalle de cuerpo de tazones.

Las principales condiciones de servicio que afectan a un equipo de estas características son:

- Corrosión del líquido manejado.
- Acción electrolítica.
- Abrasión de los sólidos en suspensión.
- Temperatura de bombeo.
- Carga de operación.
- Vida esperada.

Como se ve, en el caso de bombas para alimentación de agua potable, los factores anteriores pueden no ser de gran relevancia en estos equipos, gracias a que se han tomado en cuenta todos estos factores desfavorables, dando como resultado que los materiales con los que se fabrican brindan un factor de durabilidad aceptable a los mismos, a excepción del desgaste por abrasión por sólidos en suspensión que puede producirse en pozos en donde exista arena, pero para ese problema se trata de solucionar con la colocación de una coladera en el tubo de succión en el extremo de entrada del cuerpo de tazones como se muestra en la figura No. 2.

Otro factor que puede alterar la selección de los materiales para este tipo de bombas es el tipo de lubricación que se desea, en los casos donde el aceite no debe contaminar el agua, ya que el servicio es de agua potable, se utiliza la lubricación de agua, donde se utilizan chumaceras de neopreno montadas en porta chumaceras de bronce.

Como una descripción de la bomba podemos decir que se compone de una serie de impulsores de tipo cerrado que producen un empuje axial menor, este tipo de bombas son de bajo gasto pero de una gran carga, ya que su principal función es enviar agua a depósitos en donde no es necesario mantener una presión o flujo continuo, es por esa razón que trabajan a bajas revoluciones pero con una gran potencia, el tipo de carcasa que utiliza este tipo de bomba está formada por una carcasa tipo difusor, esta consiste en una serie de aspas fijas que además de hacer cambio de energía de velocidad a presión, guía el líquido de un impulsor a otro.

Principio de operación pozo profundo.

Normalmente este equipo se opera al momento de requerirse agua en el depósito principal del plantel (cisterna principal), se arranca desde el tablero de control que se encuentra en el cuarto de tableros. El primer paso para poder arrancar la bomba es revisar que el sistema se encuentre perfectamente lubricado, esto se logra con la colocación de un sistema de almacenaje, este debe estar conectado a la tubería de descarga de la bomba por medio de una conexión roscada, un niple, que conecte a una tubería, hasta el depósito de almacenaje, como se muestra en la siguiente figura No. 5.31.

Pasos para arrancar la bomba:

- Revisar que el tanque de almacenamiento de agua esté lleno.
- De ser así abrir la válvula de paso para dejar pasar agua a la columna.
- Dejar que se vacíe el depósito de agua en la columna.
- Una vez vacío el tanque arrancar el motor.
- Cerrar la válvula de paso.
- Cuando la bomba alcance la presión de operación normal abrir nuevamente la válvula de paso.
- Esperar a dejar cargado el tanque de agua.
- Cerrar la válvula cuando el tanque se encuentre lleno.
- Al apagar la bomba, verificar que el tanque de almacenamiento, se encuentre cargado de agua siempre.

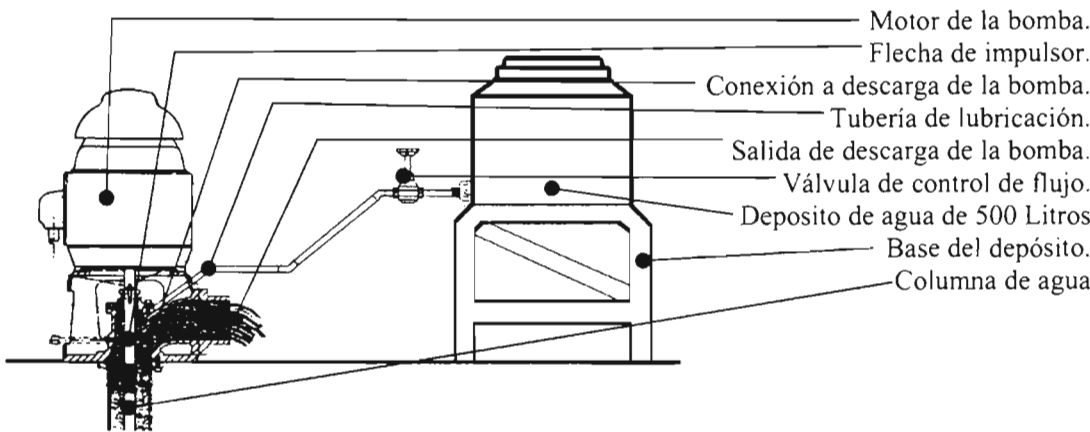


Figura No. 5.35. Detalle de ubicación de tanque de almacenamiento de agua en pozo profundo.

Para poder apagar el equipo éste siempre debe haber sido revisado antes de apagarlo o encenderlo, en caso de que el depósito se encuentre vacío antes de encender la bomba, se deberá llenar por otros medios, para poder lubricar la columna.

Mantenimiento de equipo de pozo profundo

El mantenimiento se llevará a cabo de manera mensual, con la aplicación de pruebas pitométricas, calculando el gasto que tenga la bomba, de tal forma que se pueda monitorear el estado de la bomba, para una revisión mayor se deberá realizar un aforo de manera anual a la columna, tomando un vídeo de la misma.

El gasto que debe mantener este equipo es de 14 litros por segundo (lps) y en caso de que éste disminuya a menos de un 20%, se procederá a realizar un cepillado de la columna que significaría un mantenimiento mayor al mismo. La revisión y registro de pruebas pitométricas puede apoyar la toma de decisión de llevar a cabo trabajos en un programa de mantenimiento adecuado, a continuación se muestran copias de esos registros.



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO
GERENCIA TÉCNICA
SUBGERENCIA DE HIDROLOGÍA E INGENIERÍA DE RÍOS

" Medición de los niveles estáticos y dinámicos de la red de pozos piloto del Valle de México, 2001 "

Contrato No. GAVM-GT-MEX-01-075-RF-LP

Medición de niveles estáticos y dinámicos (en metros) obtenidos en campo de los pozos piloto localizados en el acuífero de Valle de México

Nombre del pozo: ENEP Acatlán
 Número: A 442
 Propietaria: ENEP Acatlán
 Localización: Alcanfores S/N
 Municipio: Naucalpan Estado: México
 Zona: Ciudad de México
 Fecha: 8 Agosto 2001

Prof. Total: 150

Uso: Urbano

N. E. (m) 63.37

Hora	N.D. (m)	N.E. (m)
15:45		63.37
16:00		63.37
16:20	66.50	
16:25	66.65	
16:30	66.31	
16:35	66.72	
16:40	66.72	

Observaciones: El pozo al momento de probarlo estaba
privado, tiene 3 días de no funcionar.
Sección del motor vertical de
100 HP, marca el medidor de flujo
OTM 474 029, a 15 44 89
Ø de orificio 6"
Ø de entrada 12"

Figura No. 5.36. Registro de pruebas pitométricas a equipo de pozo profundo.


COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO
GERENCIA TÉCNICA

SUBGERENCIA DE HIDROLOGÍA E INGENIERÍA DE RÍOS

* Medición de los niveles estáticos y dinámicos de la red de pozos piloto del Valle de México, 2001 *

Contrato No. GAVM-GT-MEX-01-078-RF-LP

Estructuras de captura de niveles estáticos y dinámicos de pozos piloto del Valle de México

Pozo: A 442

Ubicación: Alcancepos SN

Zona: Ciudad de México

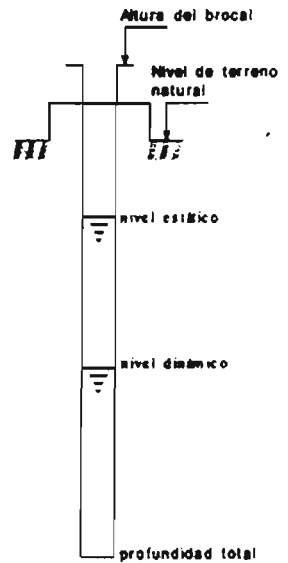
Niv. Dinámico: 66.72

Niv. Estático: 63.37

Niv. Terr. Nat.: 2299 msnm

Altura Brocal: 61 cms

Fecha: 8 de Agosto de 2001



Nota: Los valores de los niveles estáticos y dinámicos están indicados en metros.

Figura No. 5.37. Datos del pozo, lectura de niveles estático y dinámico.



COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

GERENCIA REGIONAL DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO
GERENCIA TÉCNICA
SUBGERENCIA DE HIDROLOGÍA E INGENIERÍA DE RÍOS

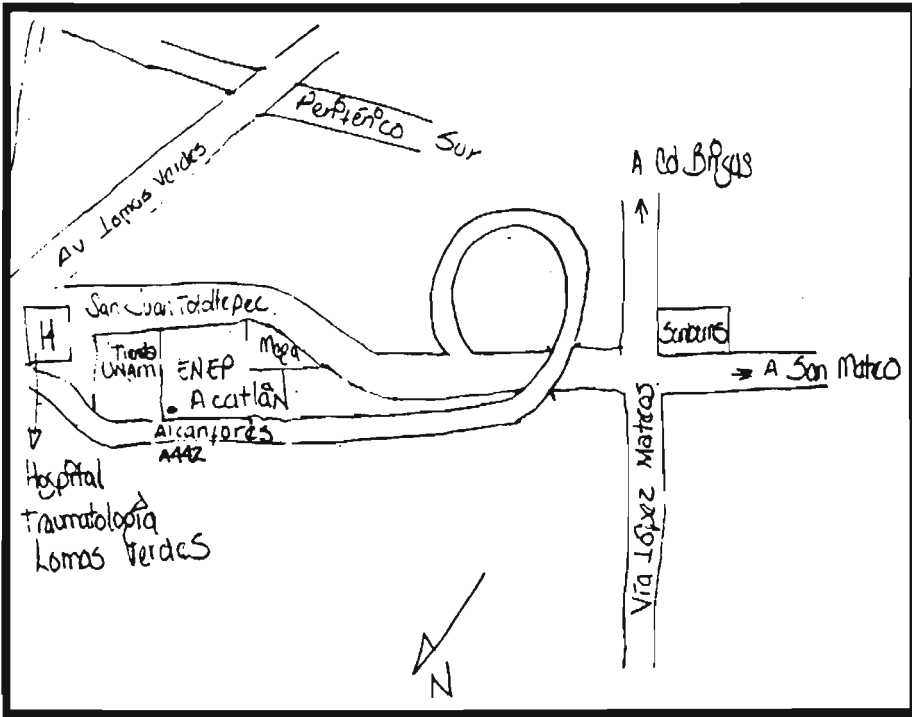
"Medición de los niveles estáticos y dinámicos de la red de pozos piloto del Valle de México, 2001"

Contrato No. GAVM-GT-MEX-01-075-RF-LP

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

Pozo No. A 442

Nombre: ENEP Acatlán



Calle: Alcanfores s/n

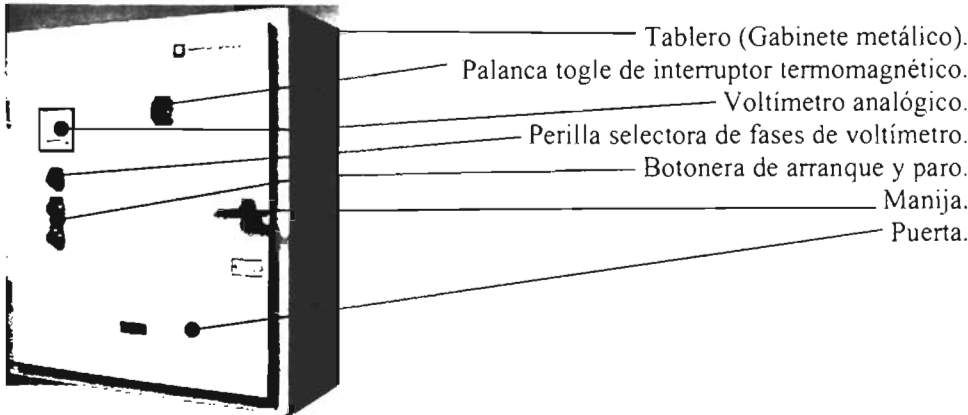
Colonias: Santa Cruz Acatlán
Estado: México

Delegación o Municipalidad: Navalpan
Usoc: Libano

Figura No. 5.38. Datos de ubicación geográfica del pozo.

Por otro lado, el sistema eléctrico deberá revisarse de forma quincenal para saber cómo se están comportando los sistemas de protección térmica en el tablero de control.

A continuación se muestra la figura No. 3 en donde se observan los principales componentes de un tablero de control operando a tensión reducida, por medio de autotransformador.



1. Transformador de control.
2. Interruptores termomagnéticos secundarios.
3. Autotransformador.
4. Int. termomagnético principal (acometida).
5. Contactores.
6. Relevadores de tiempo neumáticos.
7. Relevadores de sobrecarga.

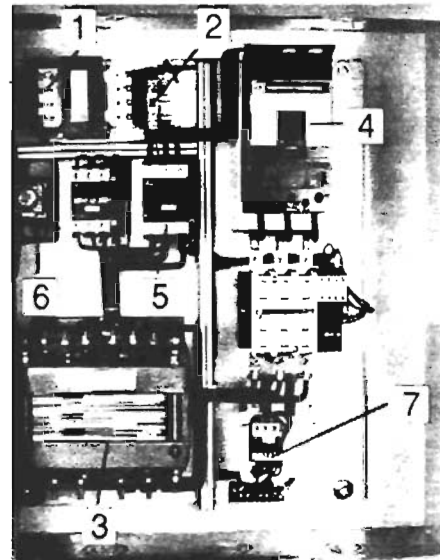


Figura No. 5.39. Vista de frente e interior de tablero de control a tensión reducida

El funcionamiento de este tipo de tableros es que el motor al momento del arranque toma menos corriente de la línea de alimentación, para una reducción de voltaje dada.

Con este sistema la corriente en la línea varía con el cuadrado de la relación del voltaje del autotransformador. Por lo tanto, si se aplica la mitad del voltaje al motor desde el secundario del auto transformador, la corriente en la línea será solamente de una cuarta parte de su valor a pleno voltaje.

Las partes que se desgastan más rápidamente en un tablero de tensión reducida, son los platinos de los contactores, abriendo y cerrando el circuito del motor a la línea. Este tipo de elementos deben revisarse por lo menos cada mes evitando que se forme carbón en ellos, provocado por flameo de los arcos eléctricos al momento de conectarse y desconectarse, revisar que las caras de contacto de los platinos se encuentren paralelas (alineadas) y sin desgaste mayor.

Los elementos térmicos de protección por sobrecarga deben siempre ajustarse, a los tamaños requeridos por el motor.

Valorar correctamente una falla mecánica evitaría muchas averías mayores, como daños al sistema eléctrico, ya que un aumento en la carga del sistema, es provocado en la mayoría de los casos por un bloqueo o aumento del esfuerzo cortante que tiene que aplicar el motor en la flecha del impulsor, ocasionada por aumento de fricción, calentamiento en la flecha y torcedura de la misma, o en un caso más grave el que el cuerpo de tazones se encuentre bloqueado al giro normal de su trabajo.

Hidroneumático.

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad de aire cuando es sometido a presión y como ya hemos mencionado anteriormente, la selección correcta de equipo asegura una buena operación, que indudablemente se traduce en economía y duración de un sistema.

De la misma forma en que se tomaron los parámetros para determinar el uso de un equipo de bombeo como el del pozo profundo, sabemos que el sistema que se requiere es un sistema que mantenga una distribución constante, tanto en gasto como en carga, se sabe que la mejor opción para este trabajo es la utilización de un sistema hidroneumático que logre estos objetivos.

Pero independientemente de que una bomba o equipo seleccionado sea centrífuga, rotatoria o reciprocante, los elementos de instalación tales como la carga, capacidad, líquidos a manejar, tuberías y sus accesorios y motores, tiene prácticamente los mismos problemas de operación y mantenimiento.

Es por tal motivo que se requiere conocer cuál es el principio de funcionamiento de un sistema hidroneumático para poder evaluar estos problemas.

Para el caso de la FES Acatlán la mejor opción para distribuir agua en todo el plantel ha sido el sistema de bombeo a presión, y este sistema lo podemos ver gráficamente en la figura No. 5.36., donde se muestra un sistema hidroneumático básico.

El sistema hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

- 1. Un tanque de presión:** El cual consta entre otros de un orificio de entrada y otro de salida para el agua, (en éste se debe mantener un sello de agua para evitar la entrada de aire en la red de distribución) otro para la inyección de aire en caso de que falte el mismo, orificios para el montaje de manómetros, conexión a tablero de control de prestostatos, orificios para el montaje de válvulas angulares en donde se monte el tubo de vidrio para el nivel, orificios para entrada de electroniveles. y salida de purga a las bombas.
- 2. Bombas:** Un número de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares, y dos o más para edificaciones mayores).
- 3. Interruptor eléctrico de emergencia:** Para detener el funcionamiento del sistema, en caso de falla por falta de agua en el tanque de la cisterna, este sistema cuenta con electroniveles en la cisterna y sensor de paro en el tablero de control.
- 4. Llave de purga:** Colocada en las tuberías de purga y drenaje del tanque, así como en las tuberías de succión de cada una de las bombas.
- 5. Válvulas de retención:** Se deberán colocar una de estas en la tubería de descarga de cada bomba, entre el tanque hidroneumático y la misma bomba, este tipo de válvulas es conocida como tipo check silenciosa y es un excelente auxiliar en la disminución del golpe de ariete que puede afectar a los accesorios del sistema.
- 6. Válvulas de paso:** Se colocarán válvulas entre la bomba y el equipo hidroneumático con la finalidad de brindar un control mayor para cada una de las bombas, ya que esto puede ser un auxiliar en las maniobras de mantenimiento cuando se tenga que parar un equipo y querer seguir brindando el servicio con el resto de las bombas. éstas se colocarán entre el sistema y la salida a la red de distribución.

- 7. Manómetros:** Estos elementos se encuentran colocados en el interior del tablero de control y en la parte superior del tanque de presión, indicándonos las presiones manométricas entre las presiones de arranque y paro.
- 8. Válvulas de seguridad:** Estas válvulas se encuentran instaladas en la parte superior del tanque de presión y brindan protección contra presiones mayores a las calibradas en el interior del tanque, ya que al momento de existir un aumento de presión, estas válvulas se abrirán para permitir liberar presión del mismo equipo.
- 9. Dispositivos de control:** Estos dispositivos se encuentran instalados en el tablero de control y se componen de varios accesorios que se mencionan a continuación.
- 10. Prestostatos:** Estos accesorios son instrumentos de control que operan registrando las presiones mínimas y máximas que hay en el sistema, al momento de registrarse estas presiones, por medio de diafragmas, estos elementos se accionan o se liberan, abriendo y cerrando simultáneamente contactores eléctricos de circuitos que mandan señales de impulsos eléctricos a el tablero electrónico de control automático, con la finalidad de arrancar o parar los motores de las bombas.
- 11. Tubo de nivel de agua:** Este elemento funciona como un elemento de registro visual para poder detectar si hay agua al interior del tanque o no.
- 12. Elementos de potencia:** Estos elementos son los considerados como alimentadores del sistema eléctrico, como el caso del interruptor termomagnético principal, interruptores secundarios en el tablero, donde se alimenta a cada una de las bombas, y arrancadores uno por bomba.
- 13. Compresor:** Compresor neumático eléctrico que repone la presión neumática al sistema, al momento de detectarse pérdidas en el mismo.
- 14. Filtros de aire:** El compresor neumático cuenta con un filtro de aire el cual se encuentra montado en la parte superior del cabezal del compresor, este filtro es reemplazable y se debe hacer el cambio del mismo, y del aceite del mismo de manera periódica.

Principio de operación de hidroneumático.

En estos equipos el agua que es suministrada desde la toma de abastecimiento es retenida en un tanque de almacenamiento, donde a través de un sistema de bombas, conectadas en paralelo, impulsa el agua a un recipiente que se encuentra bajo presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red) y que posee volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel del agua y presión determinados, se produce la señal de paro de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red, cuando los niveles de presión bajan a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente.

Para el caso de los equipos de la FES Acatlán, se tiene una relación de presiones siguiente:

- Señal de arranque: 2.0 kg / cm^2 .
- Señal de paro: 3.5 kg / cm^2 .

ESQUEMA DE UN HIDRONEUMATICO

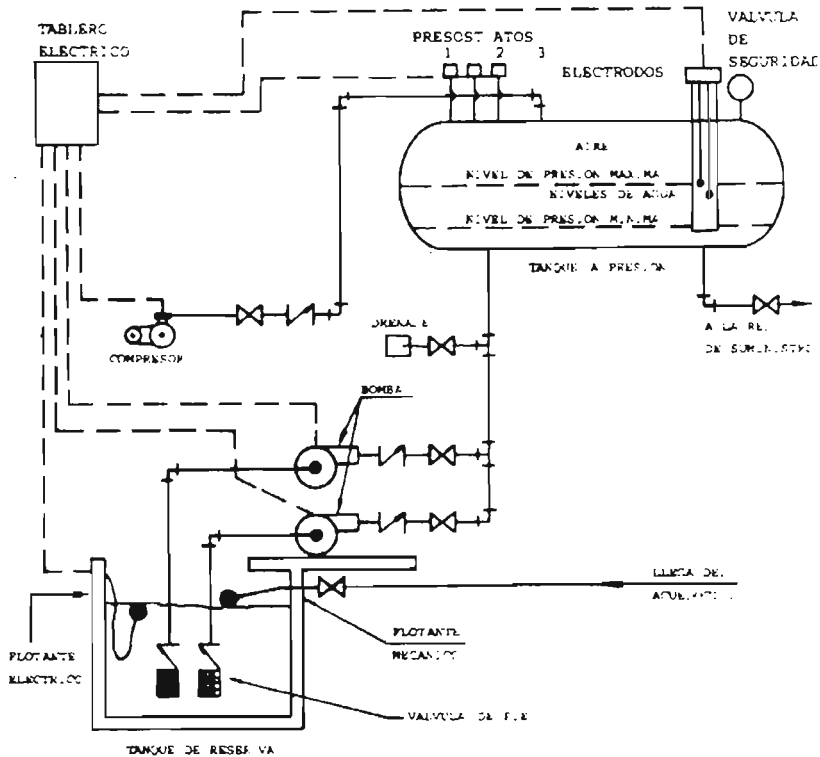


Figura No. 5.40. Esquema básico de un sistema hidroneumático.

Esto nos muestra el tipo de presiones a las que se opera el equipo, es importante mencionar que estos sistemas trabajan en paralelo, ya que hay casos en que las necesidades de un sistema exigen que varíe la carga o el gasto.

Pero para poder entender un poco más sobre este tipo de arreglo al que se puede llegar para poder diseñar un sistema de bombeo de agua como el hidroneumático, es necesario mencionar lo siguiente.

Por lo que respecta al líquido, sabemos que existen algunas condiciones que se tomarán en cuenta en la operación de succión, esto puede ser la temperatura, cuando hablamos de presión de vapor, o la presión de bombeo, que al momento de su arranque, el líquido dentro de la voluta y el impulsor forman un vacío en el seno del líquido; esta succión se conoce como presión de bombeo. De igual modo se forma la carga neta positiva (CNPS), que es la presión disponible o requerida para forzar un gasto determinado en litros por segundo (lps) y todo esto nos trae a colación que existen más cargas que se pueden encontrar dentro de este sistema, como son:

- *Carga disponible*: dependiente de la carga de succión, fricción y presión de vapor.
- *Carga requerida*: dependiente básicamente del diseño de la bomba.

Cualquier variación en uno de los factores que se enlistan a continuación podría hacer una variación en la operación de la bomba:

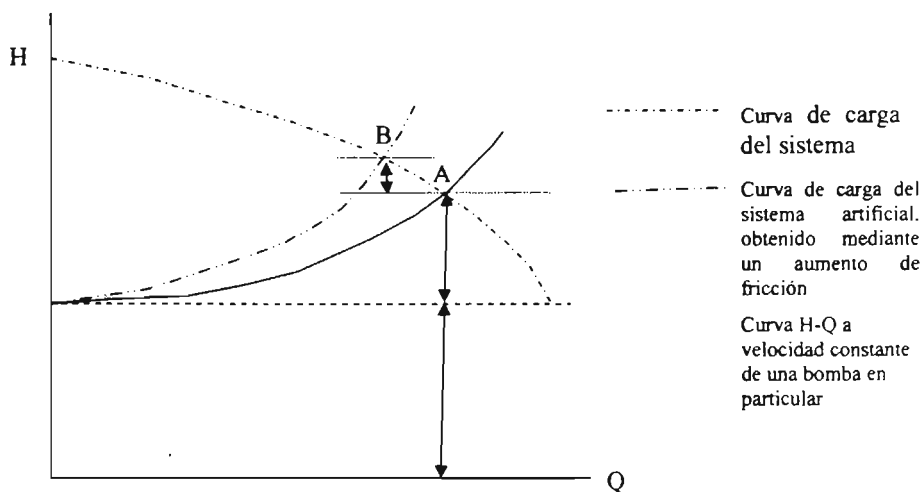
1. La altura sobre el nivel del mar del lugar donde se instala. Presión barométrica.
2. La presión de vapor del líquido bombeado, correspondiente a la temperatura de bombeo.
3. Las pérdidas por fricción.
4. La carga neta positiva de succión.
5. La CNPS requerida.

Todas estas variables que pueden afectar el funcionamiento de un equipo, tiene que ser bien analizadas junto con la curva de fricción de un sistema, en donde en un equipo se estudia la relación de carga –capacidad (H-Q) donde H es la carga en metros y Q el gasto en lps, estos datos también son apoyados por otra gráfica denominada, curva de carga del sistema, esta curva se obtiene al combinar la curva de fricción del sistema con la curva estática del sistema.

En la gráfica No. 5.3., mostramos la curva de carga del sistema, en donde el punto A corresponde al funcionamiento de una bomba con una condición H-Q que actúa sobre un sistema con una curva de carga determinada, si al mismo sistema se le agrega fricción, es decir, mediante el cierre de una válvula de compuerta, la curva de carga del sistema variará haciéndose más inclinada.

La misma bomba tendrá otras características de trabajo en el punto **B**, se nota que se aumentó la carga y se sacrificó el gasto.

Esto nos lleva a pensar en el hecho de que las necesidades de un sistema exigen que se varíe la carga o el gasto como ya se mencionó anteriormente, por ejemplo para bombas conectadas en serie, el rendimiento requerido se obtiene agregando las cargas a la misma capacidad. Si las bombas operan en paralelo, se agregan las capacidades para la misma carga.



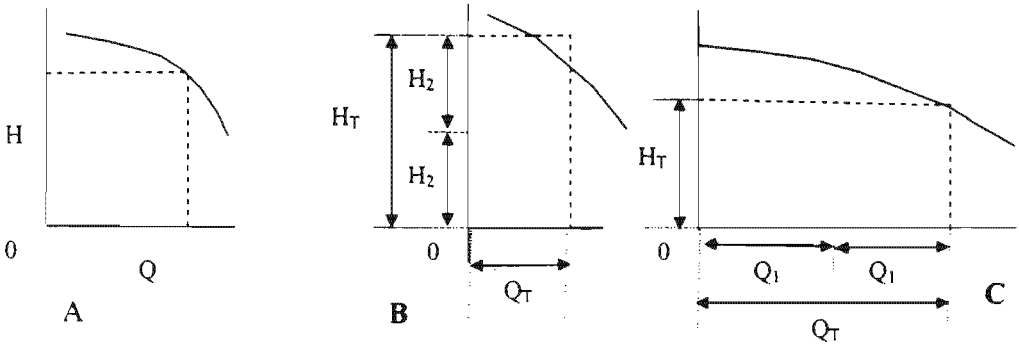
Gráfica No. 5.3. Curva de carga del sistema de bombeo.¹¹

Tal es el caso de los equipos instalados en la FES Acatlán, donde en el hidroneumático No. 1 (principal) se tienen tres bombas conectadas en paralelo, y que operan de forma alternada, por pares, este tipo de arreglo fue realizado conforme la demanda aumentó dentro de las instalaciones, ya que en un principio estas máquinas operaban de forma individual y alternada, con esto se confirma que el gasto se aumentó con la finalidad de mantener la carga constante.

En la gráfica No. 5.4. se muestran tres gráficas, que indican cuál es el comportamiento entre la carga y el gasto cuando el sistema es de un a sola bomba gráfica (A), en donde se observa que la carga y el gasto son directamente proporcionales, cuando se trabaja con dos bombas en serie se observa la gráfica (B), en este caso se muestra el comportamiento de las bombas, aumentado la carga al doble y disminuyendo el gasto, esto es el rendimiento requerido se obtiene agregando las cargas a la misma capacidad, pero si las bombas operan en paralelo como es el caso de la gráfica (C) se agregan las capacidades de éstas para la misma carga, dando como resultado que se aumente el gasto y la carga se mantenga.

¹¹ **BOMBAS Teoría, diseño y aplicaciones** Manuel Viejo Zubicaray LIMUSA 2003 p-124

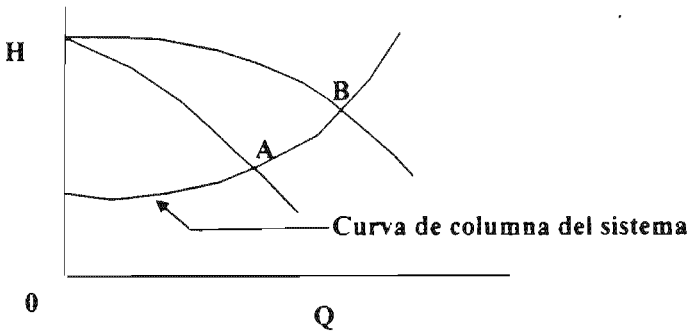
Al superponer la curva de carga del sistema sobre la del funcionamiento de la bomba, se aprecian claramente los gastos que se pueden obtener y las cargas a que trabajará cada bomba. esto lo podemos ver en la gráfica No.5.5., donde se muestra este comportamiento.



Gráfica No. 5.4. Operación de bombas en serie y en paralelo.¹²

A-Punto de operación de una sola bomba.

B-Punto de operación de dos bombas en paralelo.



Gráfica No. 5.5. Curva de carga del sistema y curva recomportamiento de la bomba.¹³

Con lo anterior podemos resumir que siempre que se haga una correcta selección de los sistemas que debemos utilizar para cada sistema o proyecto, podremos obtener el mayor beneficio con el menor costo de cualquier máquina que se desee utilizar.

¹² BOMBAS Teoría, diseño y aplicaciones Manuel Viejo Zubicaray LIMUSA 2003 p-127

¹³ BOMBAS Teoría, diseño y aplicaciones Manuel Viejo Zubicaray LIMUSA 2003 p-128

Mantenimiento del equipo hidroneumático.

Hemos hablado ya de los parámetros que se deben considerar para proyectar y operar un equipo de bombeo, tanto desde el punto de vista teórico, como técnico, para poder utilizar un sistema de bombeo y obtener de él el mejor resultado al momento de usarlo.

Pero debemos hablar de los principales problemas de mantenimiento que pueden tener los equipos de bombeo y a los que se debe enfrentar cualquier persona encargada de operar y dar servicio a los mismos.

Un primer problema que podemos tener es la *cavitación*. Cualquier tipo de bomba, ya sea centrífuga, rotatoria o reciprocante, puede sufrir cavitación. Este es un fenómeno que ocurre en algunos casos de bombeo y que ocasiona vibraciones y ruidos así como picaduras en los impulsores de la bomba. La cavitación puede producir una reducción en la eficiencia de la bomba severamente si es muy marcada.

El ruido excesivo y las vibraciones muy fuertes son síntomas de cavitación aun cuando se encuentre bien nivelado el motor, recomendándose no arrancar ningún equipo en estas condiciones, lo que provoca que exista la cavitación es si una bomba trabaja con una elevación de succión excesiva o con un CNPS insuficiente, se produce una presión de succión en la entrada de la bomba, si esta presión es baja se produce un vacío dentro de la cámara del impulsor lo que provoca que el líquido se vaporice, volviéndose crítica esta operación ya que esa vaporización hará que aumente la presión de vapor y si esta es más alta que la presión de succión, el flujo del líquido se interrumpe y se llama a este efecto punto de corte y la bomba se puede dañar.

Si este problema continúa dentro de la cámara del impulsor se llega al punto de vaporización del líquido y las bolsas de vapor forman burbujas cerca de la base del impulsor, y estas burbujas se mueven al área de la baja presión, existente en la admisión, hacia el de alta presión cerca del extremo del álabe, donde las burbujas al llegar a ser comprimidas por las altas presiones, llagan a desaparecer en forma tan rápida que el líquido golpea al álabe con tal fuerza que se pueden desprender pequeñas partículas del impulsor, lo que provoca que se genere el desperfecto llamado picadura del impulsor y ruido en la bomba.

Para evitar este problema, se recomienda:

- Cargas mucho más bajas que la carga de máxima eficiencia de la bomba.
- Capacidad mucho mayor que la capacidad de máxima eficiencia de la bomba.
- Elevación de succión mayor o carga positiva menor que la recomendada por el fabricante.
- Temperaturas de líquido mayores a las de diseño u originales del sistema.
- Velocidades más altas que las recomendadas por el fabricante.

Si la bomba es de tipo impulsor se deben evitar:

- Cargas mucho mayores que la máxima eficiencia de la bomba.
- Capacidad mucho menor que la capacidad de máxima eficiencia de la bomba y no elevar la succión, no trabajar con líquidos de mayor temperatura que los indicados por los fabricantes y no elevar las velocidades más allá de lo que recomienda el fabricante.

De la misma forma, algo muy importante en el mantenimiento de los equipos de bombeo es procurar que estos no trabajen en vacío, en otras palabras, que se encuentren bien cebados (purgados) los sistemas de succión de las bombas, en los hidroneumáticos instalados se cuenta con sistemas de auto cebado de las bombas, por medio de circuitos que hacen circular agua de retorno a las cámaras de succión, de tal suerte que estos sistemas puedan mantenerse purgados cada vez que paren, por otro lado para evitar que cualquier tipo de columna de succión en cualquier sistema se pueda vaciar, se utilizan válvulas denominadas check en la parte final de la columna de succión, estas válvulas sumergidas en el tanque de succión, abren al momento de succionar el equipo y cierran al momento del paro, para que la columna se mantenga llena hasta el nivel de la voluta de la bomba, si hablamos de un equipo tipo centrífugo.

La mayoría de las bombas son propulsadas por motores, síncronos o asíncronos, y si los parámetros de voltaje, amperaje, frecuencia, así como los accesorios de arranque han sido bien seleccionados, y el cálculo de la potencia ha sido correcto, entonces se podrá contar con un equipo correcto y en operación continua, sin embargo un punto que no se debe olvidar es un sistema adecuado de arranque para los motores, ya que podemos necesitar sistemas de arranque a tensión plena o a tensión reducida (por medio de autotransformadores) como es el caso del pozo profundo, para los equipos de hidroneumáticos se cuenta con un sistema de arranque a tensión plena.

Este tablero de control a diferencia de el tablero de tensión reducida en el equipo de pozo profundo, trabaja a tensión plena, cuenta con un circuito electrónico que hace la secuencia de operación, controlando un grupo de relevadores, que a su vez energizan las bobinas de cada uno de los contactores electromecánicos que cierran los circuitos de potencia de cada uno de los motores de las bombas, incluyendo el del compresor, cada circuito se encuentra protegido por un interruptor termomagnético, trifásico con capacidad adecuada a la capacidad de los motores, (en el caso del hidroneumático No. 1 es de 70A a 20 HP, para el caso de hidroneumático No. 2 debido al tamaño del equipo que es de menor capacidad, se cuenta con interruptores de 30A a 10 HP).

Para poder determinar los puntos que se deben revisar en un equipo de bombeo, es importante saber cuáles son los que se encuentran en situación de falla debido a acciones de desgaste, o deterioro por una posible afectación provocada por elementos externos o por no contar con agua suficiente en el sistema, para que éste opere correctamente.

Para ello conozcamos un poco más a detalle algunos componentes ya mencionados anteriormente y sus características de operación:

Carcasa: La función de la carcasa en una bomba centrífuga es convertir la energía de la velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía a presión. Y esto se lleva a cabo mediante la reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.

Este elemento comúnmente llamado voluta en las bombas centrífugas, rara vez presenta alguna avería, ya que el desgaste que puede ocasionarse en él es mínimo ya que sólo pasa agua sobre su superficie de contacto, pero si ésta lleva partículas en suspensión por no ser un agua totalmente limpia, puede ocasionar desgaste en las paredes internas de la misma, provocando fisuras y fugas de agua, por otro lado los empaques que se colocan entre este elemento y la parte de asiento de la voluta, deben ser revisadas para evitar fugas de agua por los empaques.

El impulsor: El problema de cavitación puede dañar al impulsor, y esto ocasionaría que se perdiera carga en la bomba y por consiguiente fallas en toda la máquina, por esa razón debe de revisarse continuamente el equipo de tal forma que no presente ruidos extraños en su operación.

El anillo de desgaste: Este elemento tiene la función como su nombre lo dice de desgastarse en lugar de elementos como la carcasa o el impulsor, ya que es más barato de remover en aquellas partes donde debido a lo cerrado de las holguras que se producen entre impulsor o carcasa fija, provocaría que se tuvieran que cambiar piezas de mayor tamaño y costo. así solamente se quitan los anillos montados a presión. Este cambio se debe efectuar durante todos los trabajos de mantenimiento preventivo, por lo menos cada 6 meses.

Estoperos, empaques y sellos mecánicos: La función de estos elementos es evitar que los líquidos que son movidos por la bomba, salgan al exterior de ésta, por orificios por donde pasa la flecha de la bomba, del mismo modo evita que la misma bomba succione aire por estos mismos orificios, los estoperos son cavidades concéntricas que normalmente son usados en bombas tipo turbina, en donde la bomba no está acoplada completamente al motor eléctrico, solamente por la flecha impulsora, y en este caso sirve como elemento de montaje para guiar la flecha y para evitar fugas, pero en las bombas tipo turbinas por lo general se deja un goteo en las flechas para que el mismo líquido lubrique la flecha que gira sobre el estopero, los empaques son utilizados en casi todas las bombas, ya que se consideran elementos fijos entre dos elementos que se acoplan uno con otro y en los cuales se contendrá agua u otro líquido, normalmente son de cartón de empaque o placa de asbesto. Por último, hablaremos de los sellos mecánicos, este tipo de accesorios son muy importantes en las bombas de tipo centrífugas y consta de dos elementos con superficies bien pulidas que se encuentran en contacto con otras fijas, una de ellas es estacionaria y normalmente se encuentra unida a la carcasa, mientras que la otra gira con la flecha.

Este tipo de elementos debe ser substituido en cada ocasión que se desarme la bomba, a causa de cualquier reparación que se le haga.

La flecha: La flecha de una bomba centrífuga es el eje de todos los elementos que giran en ella, transmitiendo además el movimiento que le imparte la flecha del motor. Es de una sola pieza y tiene el tamaño de todo lo largo de la bomba y motor, en un pozo profundo esta se compone de una serie de piezas que se unen entre si por medio de coples. Fabricadas en acero debe contar con las dimensiones adecuadas, así como no encontrarse torcida, para que no provoque vibraciones durante el giro, es importante decir que sobre esta flecha se montan los baleros o rodamientos para mejorar la velocidad y durabilidad del giro, también pueden girar sobre bujes de bronce o aleaciones más suaves para mejorar el giro.

Una flecha no debe ser reparada, a menos que sufra de algún desperfecto mayor como una torcedura provocada por un calentamiento, golpe, o una fractura.

Los baleros: Estos elementos tienen el trabajo de soportar a la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias, soportando las cargas radiales y axiales en toda la bomba. Siempre que se quiera cambiar un balero se deberán hacer los trabajos completos cambiando empaques, sellos mecánicos, de tal forma que siempre se pueda contar con materiales nuevos para que el desgaste sea homogéneo en toda la máquina, el periodo de cambio para este tipo de refacción es de seis meses.

Otro tipo de revisiones que se deben hacer son las del sistema de control de las bombas, revisando cuales son los parámetros de operación de las bombas, como presiones de arranque y paro, revisión de voltajes y amperajes en los motores, revisión de los arrancadores del sistema eléctrico, los cuales son los elementos con mayor posibilidades de desgaste en el sistema eléctrico debido a su operación constante.

Para el sistema contra incendio, es importante mencionar que debido a lo sencillo que es la operación del equipo, se deben revisar los mismos puntos que al equipo hidroneumático, tanto en los elementos de bombeo como en los de control.

A continuación se muestran algunas imágenes que muestran las actividades de mantenimiento que se han efectuado a los equipos de bombeo e hidroneumáticos instalados en la FES Acatlán.

Imágenes de mantenimiento a hidroneumático No. 1

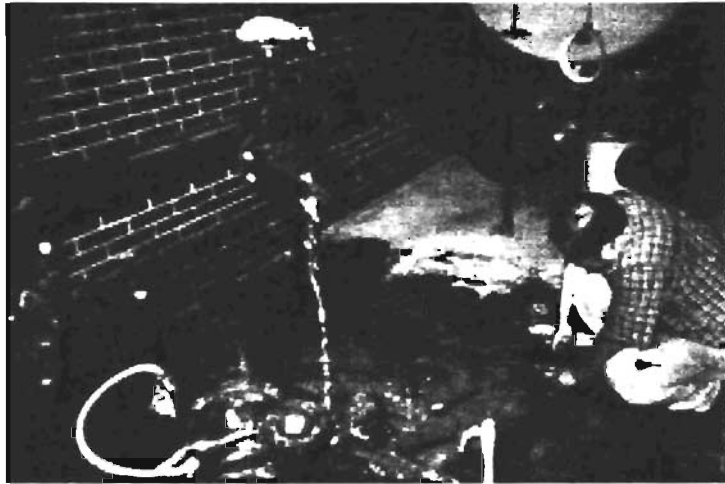


Figura No. 5.41. Mantenimiento de equipo hidroneumático principal, en esta imagen se muestran los momentos de desmantelamiento de las válvulas check tipo silenciosas, para cambiar los elementos de retención dentro de las líneas de descarga de las bombas.

- Estator de la armadura (carcasa). _____
- Caja de conexiones eléctricas. _____
- Devanado del estator. _____
- Rotor del motor. _____
- Balero _____
- Flecha. _____



Figura No. 5.42. Mantenimiento a motor eléctrico de equipo de bombeo, en la imagen se pueden ver sus componentes.

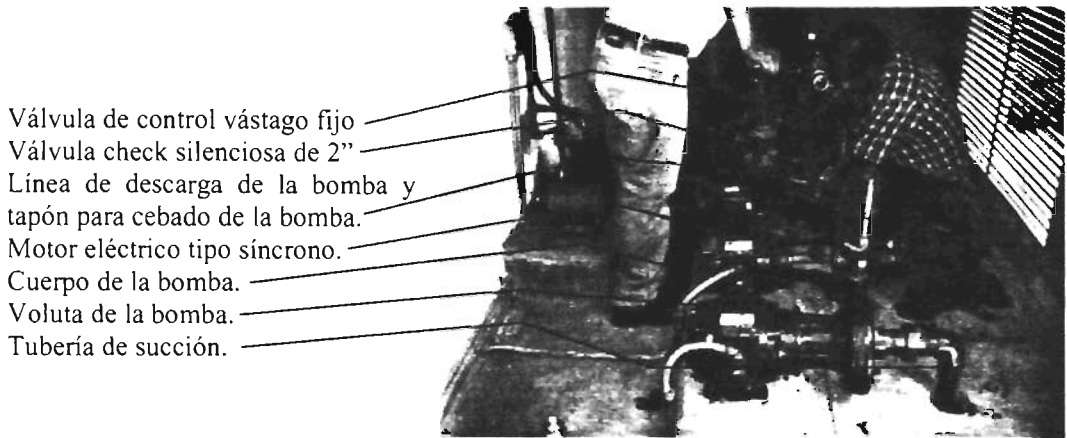


Figura No. 5.43. Vista interior de cuarto de hidroneumático No. 2, al momento de realizar el desmontaje de un motor, para cambio de baleros y sellos mecánicos

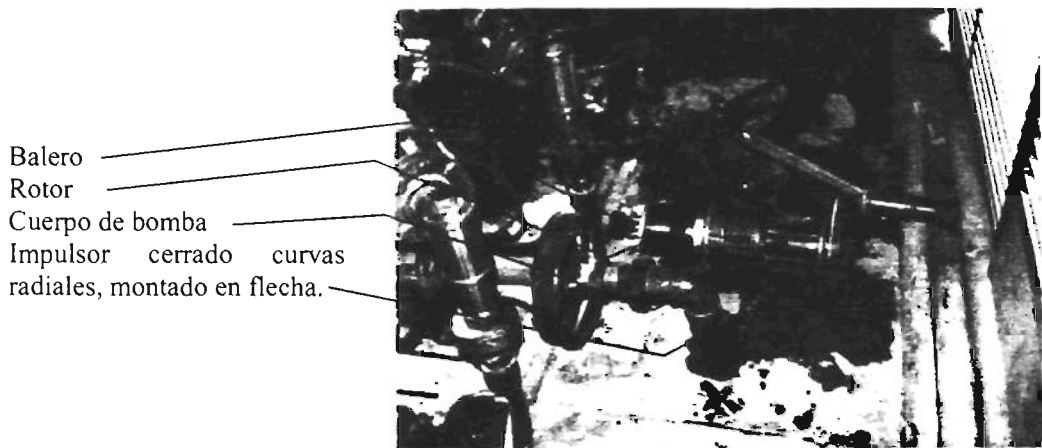


Figura No.5.44. Vista del desmontaje del rotor y cuerpo de bomba tipo centrífuga



Figura No. 5.45. Vista del impulsor de bomba tipo centrífuga, el impulsor es de tipo cerrado con curvas radiales, este tipo de impulsor es muy común en equipos de tipo hidroneumático ya que mantiene una gran relación de carga, gasto como se describe en los párrafos anteriores, este tipo de impulsor es usado en los dos hidroneumáticos existentes del plantel.

Calderas.

Como parte de los sistemas hidráulicos que se encuentran operando en la FES Acatlán se encuentran los equipos de calderas, de los cuales se puede decir que su mantenimiento e inspección requieren el servicio de personal técnico preparado a causa del desarrollo y mejora tecnológica en los materiales. Esto es debido también al avance en todo lo relativo a principios metalúrgicos sobre rotura de materiales, soldadura de componentes de una caldera y reparaciones, así como al desarrollo de sensores que permitan un control más automático.

Las calderas se utilizan a muy distintas presiones y temperaturas con grandes variaciones de carga y distintos sistemas de combustión.

Los diseñadores y fabricantes aplican los principios de transferencia térmica al diseño de sistemas de calderas, pero deben tener amplia formación técnica en mecánica de fluidos, metalurgia, resistencia de materiales, quemadores, controles y dispositivos de seguridad para el sistema de calderas, y todo ello según las estipulaciones y requerimientos normativos y de códigos oficiales aprobados.

La preparación y conocimiento requerido por los operarios de calderas puede variar a causa de la amplitud y rango de las instalaciones, desde los sistemas más simples de calefacción, a los procesos y sistemas integrados de las instalaciones de calderas. Los controles de trabajo podrán variar desde el manual de semiautomático o al totalmente automático. La tendencia es a la marcha automática.

Pero hablemos de los datos importantes que se deben conocer para poder manejar y poder brindar un mantenimiento adecuado a un equipo de calderas, sabemos que tener conocimientos sobre termodinámica, ciclos de vapor y transferencia básica de calor pueden ayudar a la operación de la caldera instituyendo un programa de trazado térmico para aumentar la eficiencia y señalar las pérdidas térmicas en el funcionamiento de la planta de calderas.

Como definición diremos que: *Una caldera es un aparato de transferencia térmica que convierte combustible fósil, en energía eléctrica o nuclear o simplemente brinda un servicio de calentamiento de algún elemento o medio ambiente, como es el caso de áreas de baño o servicios de aire acondicionado (procedimiento por absorción)¹⁴, a través de un medio de trabajo como el agua, y así dirige esta energía hacia algún aparato externo de transferencia de calor, como los utilizados para calefacción de edificios o de utilización de procesos.*

El flujo térmico puede tener lugar por conducción, convección o radiación y normalmente tiene lugar de los tres modos en el interior de la caldera, siendo conducción la transferencia de calor de una parte del material a otra o a un material con el que está en contacto, la convección es la transferencia de calor a o desde un fluido (líquido o gas) fluyendo hacia o sobre la superficie de un cuerpo y la radiación es una forma continua de intercambio de energía por medio de ondas electromagnéticas sin cambio en la temperatura del medio interpuesto entre dos cuerpos.

Estas definiciones de operación y funcionamiento teórico nos lleva a definir al equipo, más específicamente, para poder saber sobre que bases o criterios nos debemos manejar en el tenor del mantenimiento, sabemos que las presiones que se manejan dentro de los sistemas de calderas instalados son del rango de los 7 kg / cm^2 para poder alcanzar una temperatura de 70°C dentro de un tanque de almacenamiento de agua donde se contiene toda el agua de uso caliente.

¹⁴ N. de A.: Este tipo de sistemas son explicados de manera más detallada en el libro: Refrigeración y aire acondicionado del ACRI editorial PHH Prentice Hall Internacional 1979. Cap. 11 p- 129

Por ser equipos que generan vapor a una presión mayor de (15 psi- 1.05 kg/cm³) manométrica, se le denomina caldera de alta presión, las calderas se clasifican también por la naturaleza de los servicios prestados. Las clasificaciones tradicionales son estacionarias, portátiles, de locomotoras y marinas, en donde las calderas que nos interesan en este tema son las estacionarias, estas son máquinas instaladas permanentemente en una posición fijada en un lugar determinado, y este tipo de calderas son normalmente las instaladas en los planteles dentro de la UNAM. Denominada como de acero, se dividen en calderas de tubos de fuego o humos en donde los productos de la combustión pasan a través del interior de los tubos con agua rodeándolos por el exterior, otro tipo son las de tubos de agua donde el proceso es a la inversa.

Las calderas de tubos de humo o pirotubulares son las calderas que más prevalecen, se utilizan para aplicaciones de calentamiento de procesos y aplicaciones industriales y comerciales. Las calderas pirotubulares se clasifican en tubulares horizontales (de retorno horizontal), económicas o de tipo de cajas de humos, de cajas de fuego tipo locomotora, tipo marina escocesa, tubular vertical y caldera vertical sin tubos. El diseño de la marina escocesa como la que se muestra en la siguiente figura No.5.46.

Este tipo de máquina es una caldera de hogar interior, es de tipo pirotubular dominante para ambos tipos de procesos, industriales y de calefacción con una capacidad de 22.5 toneladas /hora, por encima de esta capacidad se utilizan las calderas de tubos de agua.

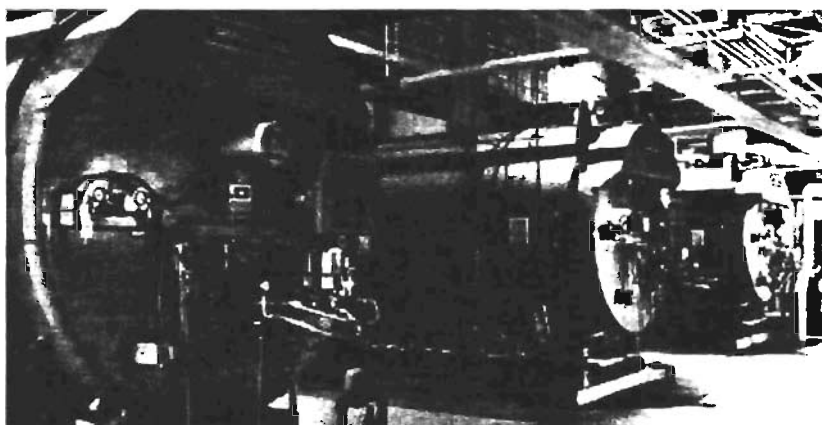


Figura No. 5.46. Vista de cuarto de calderas con equipos instalados en batería con un arreglo de conexión en paralelo.

Como vemos en la imagen anterior este tipo de equipos es el mismo en uso dentro de las instalaciones del plantel en la FES Acatlán. A las calderas pirotubulares, también se les denomina como escocesas marinas, y cuentan con un estándar de construcción abalado por la ASME (American Society of Mechanical Engineering).

En este tema no abordaremos rubros muy específicos de construcción pero si mencionaremos algunos puntos importantes del mismo, en el código ASME se especifica que toda caldera debe contar con aditamentos adecuados para su correcta operación, tal es el caso de los agujeros de mano o pasos hombre para brindar un adecuado mantenimiento, o el que las calderas de humos se construyan para que la lectura más baja en el nivel de cristal esté al menos 3" (76.2mm) por encima del punto más alto de los tubos de humos.

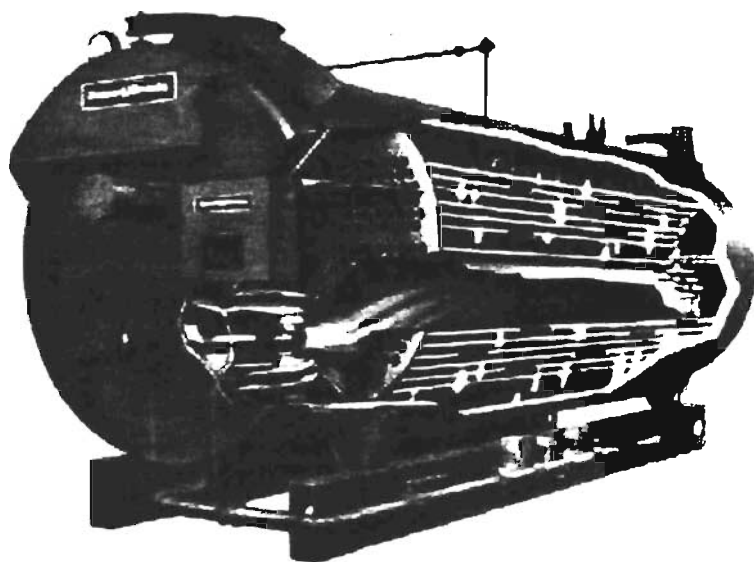
En todas las calderas, las superficies de calefacción es un dato que identifica la capacidad de potencia de la caldera y se miden en el lado que recibe calor. Para las calderas piro-tubulares, esto incluye una superficie de proyecto de tubos (diámetro x longitud) y una zona extra en la zona del hogar. Al computar las superficies calefactoras hay que sumar las áreas de tubos, cajas de humos, chapa tubular u hogar y las zonas proyectadas por los cabezales expuestos a los productos de la combustión. Para identificar la potencia de una caldera, en el pasado los fabricantes colocaban datos de placa con la superficie de calefacción, en otras la potencia es dada en kw si eran calderas para sistemas termoeléctricos, pero ahora se coloca la tara en capacidad de vapor producido en kg por hora según el combustible a usar en el diseño.

Las calderas HRT (caldera de retorno horizontal o tubulares horizontales) son fabricadas en acero, soldadas con tubos de humos (Fluxes) de diámetros iguales que corren a lo largo de la envolvente y a través del volumen ocupado por el agua.

El espacio o volumen por encima del nivel de agua sirve como separación y almacenaje de vapor, la HRT es de construcción sencilla y actualmente junto con la SM (Scotch Marine, marina escocesa) son las más económicas, siendo éstas las de mayor utilización, este tipo es el que se tiene instalado en la FES Acatlán. Pero desafortunadamente tienen una desventaja, que los depósitos duros de incrustaciones son difíciles de arrancar de las superficies de agua de las filas de los fluxes.

Todo equipo de caldera deberá contar con una tubería de purga para poder realizar esa maniobra y poder mantener el sistema libre de materiales y sedimentos que puedan dañar al sistema si se acumulan en exceso, del mismo modo se deberá contar con otro aditamento adecuado como la entrada de agua de alimentación, colocándose en la parte superior de la chapa por la zona frontal y debería de descargar fuera de toda zona de cordones o soldaduras.

En la imagen de la figura No. 5.47., se muestra la caldera de tipo económica la cual fue el resultado de una adaptación de la HRT, en esta imagen se pueden ver los cuatro pasos a los que está diseñada, esta unidad mantiene una velocidad de gases alta de manera continua, como los gases calientes atraviesan los cuatro pasos, transfiere calor al agua de la caldera y así se enfrían y ocupan menos volumen a medida que se progresan por los diferentes pasos de tubos, el número de tubos se reduce proporcionalmente para mantener la velocidad elevada de los gases y así mantener la producción lo más constante posible en función de la transferencia térmica. Siempre será mejor mientras más pasos de gases puedan utilizarse.



**Figura No. 5.47. Caldera de hogar interior SM de cuatro pasos.
(Cortesía de Cleaver-Brooks Co.)¹⁵**

Todo lo dicho anteriormente puede mostrarse en la imagen mostrada en la figura No. 5.48., en donde se muestran las áreas de paso por donde circulan los gases de combustión. Obsérvese cómo es el paso de los gases desde el paso 1 dentro del hogar de la caldera, el paso 2 donde se ven los fluxes que están divididos del resto de los tubos con un placa de acero, así circulan por el paso 3 y finaliza en el 4, estos pasos van de extremo a extremo del total de la longitud total del cuerpo de la caldera hasta llegar al tiro de la chimenea donde salen los gases en su totalidad.

Este procedimiento de zigzag dentro de los fluxes del equipo puede proporcionar hasta 65 % de la producción de la caldera incluso cuando puede tener sólo el 7 al 8 % de la superficie calefactora total.

En el hogar, la mayoría del calor se transmite por radiación. El hogar debería tener volumen suficiente para permitir la combustión completa de la mezcla combustible-aire antes de que los gases alcanzan los pasos de humo. Gran parte de los diseñadores trata de limitar la tasa de desprendimiento térmico, en el hogar por debajo de las 150,000 BTU/hora/pie cúbico (1,334,939 kcalorías/hora/m³) de volumen de hogar; de otro modo, la relación de aire a combustible se vuelve crítica.

¹⁵ **Manual de calderas.** Anthony L. Kohan. Mc Graw Hill.2000 Vol. I,p-67.

Las tazas mayores a los 1,350,000 kcalorías/hora/m³ de volumen de hogar pueden ocasionar que el combustible esté todavía ardiendo al entrar en el primer paso de gases y esto a su vez puede originar roturas de los últimos tubos en sus uniones soldadas con la placa o chapa de anclaje. Cualquier depósito o recubrimiento puede agravar esta rotura con las tazas elevadas de desprendimiento térmico.

Por lo que se recomienda que un buen tratamiento del agua de alimentación es esencial para las calderas de hogar interior SM con elevadas tazas de desprendimiento térmico en el hogar.

Como ya se mencionó en los párrafos anteriores, existen muchos rubros en el área de calderas que deben tomarse en cuenta para poder tener una operación adecuada de un sistema de estas características.

Es por tal motivo que se debe conocer tanto los componentes de estos equipos como, realizar trabajos de mantenimiento adecuados, así como conocer los tratamientos químicos necesarios para poder manejar el agua que es utilizada en estos sistemas, mejorarla lo más posible.

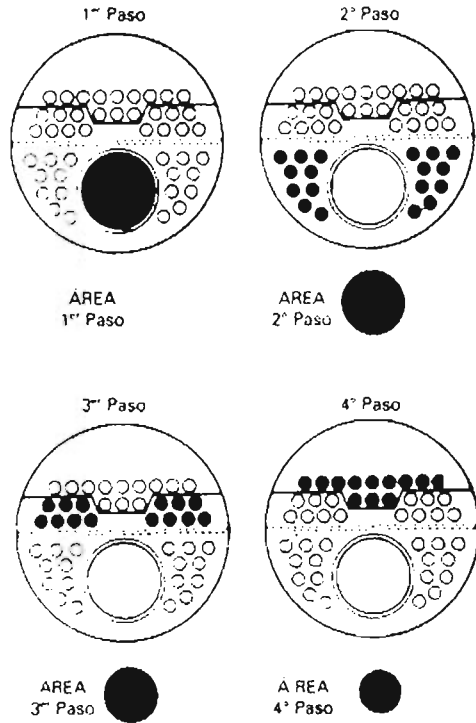


Figura No. 5.48. En las calderas de hogar interior SM de varios pasos de humos, los tubos recuperan calor de los gases enfriándolos y ocupando así menos volumen. (Cortesía de Cleaver-Brooks Co.).¹⁶

En la siguiente figura No. 5.49., se muestran algunos de los principales componentes que conforman los instrumentos de medición que deben ser supervisados por el operario así como la función propia de quema del combustible dentro de el hogar en una caldera tipo escocesa, en estas imágenes es importante observar como los elementos están ubicados en lugares adecuados para una buena accesibilidad a ellos.

¹⁶ Manual de calderas. Anthony L. Kohan. Mc Graw Hill.2000 Vol. I, p-68

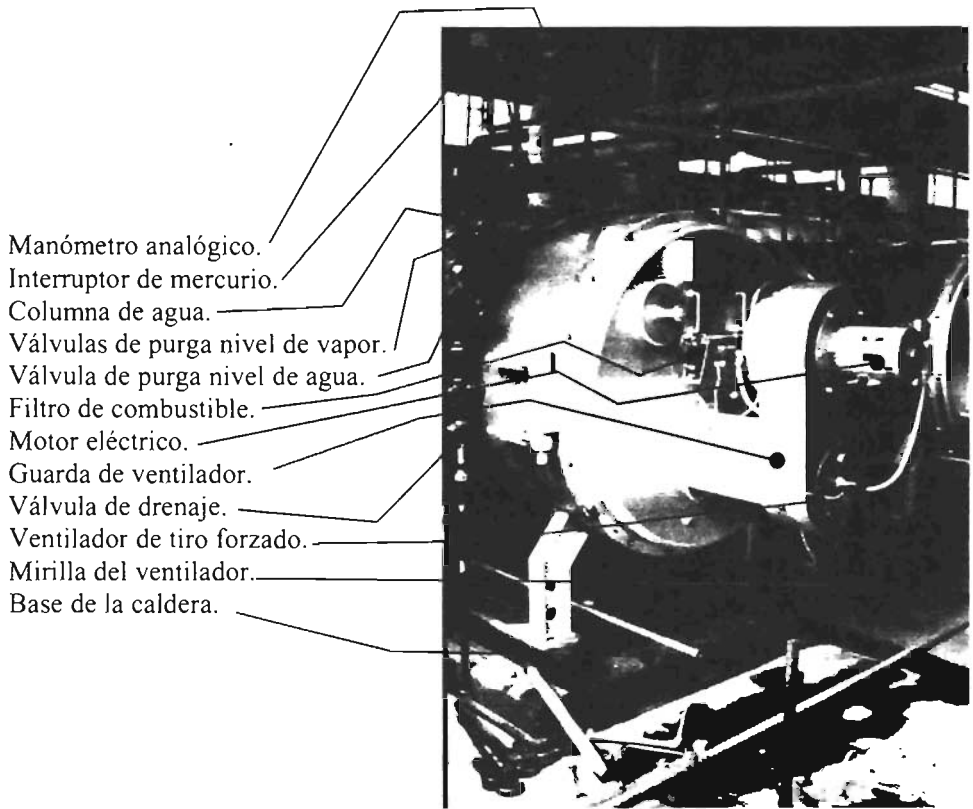


Figura No. 5.49. Vista frontal de calderas instaladas en la FES Acatlán.

A continuación se procederá a dar los principios de operación que un técnico y operario deben conocer en estos sistemas.

Principios de operación de calderas.

Los operarios y técnicos deben familiarizarse con los controles modernos de calderas que están basados en un sistema integrado que implica controlar:

1. Flujo de carga para el calor, usos en proceso o generación de energía eléctrica.
2. Flujo o caudal de combustible y su eficiencia de combustión.
3. Flujo o caudal de aire para mantener una combustión eficiente y adecuada.
4. Flujos o caudales de agua y vapor para mantener la carga.
5. Flujo del escape de los productos de combustión.

Responsabilidades fundamentales de la operación de calderas.

Los operarios deben estar familiarizados con ciertos principios fundamentales que fueron propuestos en el pasado, especialmente en los sistemas operados manualmente. Entre éstos están las siguientes reglas:

1. Mantenimiento y comprobación del nivel de agua, al menos una vez por turno.
2. Bajo nivel y acciones requeridas por el operario para minimizar los daños que la falta de agua puede causar.
3. Corte por bajo nivel de agua, probándolo para estar seguro de si funciona, normalmente una vez por turno. Esto incluye purga de la cámara del flotador o alojamiento del sensor, de modo que no pueda estar obstruido por depósitos internos.
4. Los grifos de prueba deben mantenerse limpios y secos. Deberían probarse una vez por turno para asegurarse de que todas las conexiones al nivel de vidrio y columnas de agua están expeditas y limpias, y así por prueba de los grifos puede determinarse el nivel real a través del vidrio.
5. Las válvulas de seguridad deberían probarse al menos una vez al mes, levantando la palanca y desplazando el asiento de la válvula suavemente. Si la válvula no despega, es un indicativo de que el óxido o materias del agua de la caldera están obstruyendo la válvula y se necesitan correcciones o reparación. La caldera debería ponerse en seguridad y no funcionar hasta que no se elimine el defecto de la válvula de seguridad.
6. Los quemadores deberían mantenerse limpios y libres de pérdidas y con la llama ajustada de modo que no toque las paredes laterales, chapas y tubos. La seguridad de llama (por célula) debería ser comprobada cada turno para estar seguros de que están en correcto orden de funcionamiento y así prevenir y evitar explosiones en el hogar.
7. Las partes internas de la caldera deben mantenerse libres de deposiciones, lodos o aceite mediante un tratamiento adecuado del agua y procedimientos de purga para evitar recalentamientos, bolsas y depósitos en chapas, tubos y válvulas, y evitar asimismo una rotura o explosión importantes.
8. El exterior de la caldera deberá mantener limpio y seco. No se debe permitir la acumulación de productos de soplado o de inquemados ya que éstos pueden llevar a acumulaciones y a un mal funcionamiento de controles y actuadores, así como a producir corrosión en diferentes partes o zonas de la caldera.

9. Las fugas o pérdidas son un signo de peligro en el sistema de la caldera y deberían ser reparadas inmediatamente por el posible peligro que implican y también por que aceleran la corrosión y desgaste de los componentes del sistema, pueden producir cortes y paradas forzosas.
10. Cuando ponga una caldera fuera de servicio, no acelere el proceso purgando la caldera con presión para evitar el cocimiento de lodos y depósitos por el calor y sobre las superficies internas. Deje que la caldera se enfríe lentamente; después drene y limpie las partes superior e inferior de las superficies interiores.
11. Las compuertas deberán mantenerse en buenas condiciones para evitar que el combustible no consumido se acumule en las cámaras de combustión del hogar y produzcan explosiones del lado del fuego¹⁷. Todas las conexiones y pertenencias de caldera deberán mantenerse en buen estado de trabajo para conseguir una marcha y funcionamiento eficientes y también prevenir y evitar paradas forzosas.
12. Las calderas aisladas y fuera de servicio por un largo periodo, especialmente las calderas de acero, deberán tener sus aberturas de hombre y las de servicio manual, sin las tapas, abiertas seguido todo ello de una limpieza interior de las superficies para remover depósitos y otros contaminantes. La caldera deberá mantenerse seca. Las calderas de fundición se limpian normalmente del lado de fuego y se mantienen húmedas (con agua).
13. La purga debería hacerse después de todo encendido o puesta en marchas para limpiar los pasos del hogar de todo combustible no quemado y así evitar explosiones del lado del hogar.
14. La preparación de una caldera para inspección por consideraciones legales precisa que todas las superficies o zonas interiores críticas estén disponibles para la inspección. Esto requiere que las tapas de las aberturas de hombre y de mano están expeditas, con la caldera enfriada lentamente y todas las superficies interiores y exteriores limpias, incluyendo las zonas de fuego (hogar y conductos de gases de la caldera y sus componentes. Todas las válvulas deberán estar cerradas para evitar que el vapor o agua entren en la caldera así aislada.
15. Mantener la prueba del tratamiento de agua de caldera y su aplicación según las directrices establecidas por los especialistas del tratamiento de agua. Esto ayudará a evitar el crecimiento de depósito y gases disueltos en el agua de calderas eliminando la formación de ácidos que pueden provocar corrosión en el sistema de caldera y ayudar también a mantener el rendimiento de ésta.

¹⁷ N. de A.: Los circuitos de una caldera se clasifican en dos apartados fundamentales: los del lado de fuego y gases y los del lado de agua.

16. Mantener la purga adecuada para eliminación de lodos que puedan desarrollarse en el agua sobre la frecuencia y el número de purgas.

Todas estas responsabilidades fundamentales son importantes para mantener una planta de calderas segura y eficiente y se consideran como las mínimas responsabilidades del operario de calderas.

Hemos hablado sobre el manejo de los equipos y sabemos cuales son las especificaciones y algunos tratamientos, pero ahora debemos hablar sobre algunas pruebas químicas que se deben realizar al agua usada en las calderas, estas pruebas son realizadas por compañías especializadas en tratamiento, que deben trabajar acorde con los operadores de los equipos, con esto se busca que el papel que asumen los dos como responsables de los manejos del equipo, ayuden a resolver problemas que afectan el lado de agua de la caldera y al mismo equipo, de forma que los equipos puedan operarse con seguridad, eficiencia y de forma continua cuando se precise.

Los problemas del agua de calderas pueden producir incrustaciones, corrosión, natas y espumas, arrastres, corrosión por tensiones y fragilidad en la caldera o en la maquinaria conectada que use vapor, como los turbogeneradores.

Muchos álabes de turbinas de vapor que fallan pueden investigarse por las condiciones que guarda el vapor que se usa en sobre ellas. Como resultado hay un aumento continuo de las concentraciones permisibles de impurezas en el vapor que va a una turbina y esto produce un aumento de productos químicos aplicados al agua de calderas. Existen también cambios y mejoras tecnológicas nuevas así como mejores productos químicos para eliminar las concentraciones de impurezas en el agua de calderas. Esto significa que los operarios deben estar alerta con respecto a los diversos métodos y situaciones que ahora y en el futuro estén disponibles para resolver los problemas del agua de calderas.

Características del agua.

Como sabemos el agua nunca será una sustancia que se prepare en un laboratorio, solo se purifica, por medio de algunas reacciones como: Combustión del hidrógeno en el aire, reducción de un óxido con el hidrógeno, reacción de un ácido sobre un óxido, reacción de un ácido con un hidróxido.

Pero el agua siempre lleva disueltas o en suspensión sustancias (sales, gases, materias orgánicas, etc.) que la impurifican y la hacen impropia para las operaciones químicas, dentro de una caldera el agua sufre un proceso parecido a la destilación, aun cuando la función de una caldera no es destilar agua. el resultado es muy similar, ya que el agua es calentada dentro de los generadores y en este proceso el agua pierde sales y demás sustancias que contiene.

Siendo el caso de las instalaciones de la FES Acatlán en donde se utiliza agua potable, clasificada así por contener 0.15 a 0.62 gramos de materia mineral por litro, más de esa cantidad y se consideraría como agua no potable¹⁸, en los equipos, esto facilita en gran medida la tarea de mejorar la calidad del agua para su uso, pero si el agua contienen cantidades de sales cálcicas o magnésicas muy reducidas inferior a una milésima de la molécula-gramo de dichas sales se dice que dicha agua es blanda, las aguas duras son aquellas en las que el contenido de estas sales en un litro de agua es la centésima parte de las moléculas-gramo de calcio y magnesio, afortunadamente en el caso de nuestras instalaciones el agua es blanda y potable lo que ayuda a mantener un buen servicio al sistema.

Es importante conocer algunas definiciones aplicables a la química del agua, daremos a continuación las más comunes en su uso:

Ácido: Compuesto que comporta iones de hidrógeno, como el ácido sulfúrico.

Álcali: Sustancia o sal que neutralizaría un ácido.

Base: Compuesto que puede reaccionar con los ácidos para formar sales y en solución acuosa produce iones oxhidrilo.

Corrosión: Esto es aplicable a las soluciones y expresa la relación de la sustancia disuelta con la cantidad de agua, normalmente expresada como una relación en peso.

Grano: Unidad de peso que se utiliza en tratamiento de aguas, donde 7,000 granos = a 1 libra.

Dureza: Es una medida de las cantidades de compuestos de calcio y magnesio en una solución acuosa, ya que la acción de estos compuestos forma un producto insoluble o incrustación en el agua.

Ión hidrógeno: Es un ión formado por hidrógeno con símbolo H⁺, que forma un ácido cuando se combina con ciertas impurezas del agua.

Ión oxhidrilo: Este es el símbolo OH⁻ y forma una base compuesta cuando se combina con alguna impureza del agua.

Ionización del agua: La rotura de una molécula de agua en iones de hidrógeno y oxhidrilo con el proceso de la reacción aumentado con el incremento de temperatura del agua.

Óxido: Combinación química del oxígeno con un metal para formar un óxido metálico, como óxido de hierro normalmente llamado herrumbre.

¹⁸ Química General Aplicada. Luis Postigo, SOPENA; 1978, p-219.

Partes por millón: Es una medida de la cantidad de impurezas sobre una base en peso de un millón de libras (o Kg) de agua. También se utiliza granos por galón = 17.1 ppm; o bien miligramos por litro, mg / L.

pH: Es una medida de la concentración de iones hidrógeno para medir la acidez o alcalinidad relativa de una solución. Es el logaritmo en base 10 de la inversa de la concentración del ión hidrógeno, con 7 como neutro. Por debajo de 7 la solución es ácida; por encima, es básica.¹⁹

Sales: son aquellas sustancias que en solución forman iones distintos del hidrógeno y del oxhidrilo. Son también el producto de un ácido y una base combinados o un ácido y ciertos metales químicamente activos.

Incrustación: un depósito adherente sobre una superficie metálica de la caldera, producido principalmente por impurezas que precipitan fuera del agua y cementan sobre el metal a medida que la temperatura sube a la caldera.

Soluble: capacidad de una sustancia para entrar en disolución.

Condensado: vapor que se ha condensado en el bucle de vapor y ha retornado al sistema de caldera.

Agua de aportación: agua que debe ser rellenada en el sistema de caldera como resultado de pérdidas, purga y gasto de vapor de proceso.

Agua de alimentación: la combinación de condensado y agua de aportación que se suministra a la caldera para evaporación.

Purga: la sangría o sangrado de una parte del agua de la caldera para la eliminación de sólidos en suspensión.

El tratamiento del agua de caldera es un problema que requiere control periódico del agua y un tratamiento acorde a la variación de sus condiciones. Hay un número de laboratorios reputados preparados para equipar pequeñas o grandes plantas con kits de pruebas adecuadas para suministrar o señalar el tratamiento adecuado indicado por las pruebas.

¹⁹ N. del A.: Esta prueba es de las más importantes dentro del manejo de los equipos, ya que mantener un nivel de pH adecuado, como se menciona es de vital importancia en el sistema. dentro de las instalaciones se trata de dar un nivel de pH de 9-10 como mínimo y máximo respectivamente, con la finalidad de evitar formaciones ácidas en el agua, para ello se utilizan productos químicos en la dosificación del agua a las calderas, las sales son eliminadas por medio de purgas.

Pruebas químicas del agua.

El mínimo de pruebas químicas normalmente prescritas para calderas de alta presión depende de la relación del agua de aportación al condensado para elaborar el agua de alimentación de caldera, así como el tratamiento a usar especificado por los especialistas de tratamiento de aguas. A efectos informativos, se dan aquí algunos tests y su objeto:

Prueba de acidez o alcalinidad: Ésta se utiliza para controlar la corrosión y también la incrustación usando los valores obtenidos al calcular la cantidad de álcali a añadirse a un agua bruta ácida, o la cantidad de cal y sosa que puede necesitarse en un desendurecedor de cal y sosa.

Prueba de dureza, calcio y magnesio: Una medida de calcio y magnesio es una medida de la dureza del agua bruta y blanda y del agua de alimentación. La dureza produce incrustación en una caldera y además los valores obtenidos de calcio y magnesio pueden utilizarse para determinar la cantidad de cal y sosa que necesita añadirse al agua de caldera, y así controlar la formación de incrustaciones.

Prueba del hidróxido: La cantidad de hidróxido en el agua de caldera se determina para controlar la corrosión, fragilidad, arrastres o indirectamente el control de incrustación. El hidróxido debe mantenerse a un nivel suficientemente bajo para que el arrastre no tenga lugar como formación de espumas y para evitar puntos de concentración de tensiones que ataquen el acero, así como para evitar la fragilidad del acero en zonas muertas de circulación. Las concentraciones de hidróxido se usan también para convertir la dureza que podría formar incrustación en lodos que pueden purgarse fuera de la caldera.

Prueba del fosfato: La concentración de fosfatos se controla para producir incrustaciones solubles que pueden purgarse fuera de la caldera. La concentración del fosfato se mantiene también de modo que exista una relación entre fosfato y pH o alcalinidad en el agua de la caldera, de forma que no haya hidróxido libre presente y así evitar la fragilidad.

Prueba del sulfito: La concentración del sulfito, si está ligeramente en exceso, se combinará con el oxígeno disuelto en el agua y así evitará la corrosión. El tratamiento de sulfito no se recomienda para calderas con presiones de calderón por encima de 1.600 psi (112 kg/cm²), porque las reacciones químicas pueden ser peligrosas a presiones más elevadas.

Prueba del hierro: Este test se utiliza para determinar si el retorno de condensado tiene exceso de óxido de hierro o herrumbre proveniente de las tuberías anexas y maquinaria que utiliza el vapor. El término *erosión por partículas sólidas* ha venido utilizándose porque la mayoría del hierro está en forma de partículas y no disuelto en agua. Los filtros de membrana son utilizados para aproximar la concentración en el agua.

Prueba del cobre: Similar efecto a la del hierro, pero la fuente es normalmente los intercambiadores o equipos de bombeo con piezas de cobre. Las reparaciones que sustituyen el cobre pueden reducir la fuente de este contaminante.

Prueba de conductividad eléctrica: Este test determina la cantidad de sólidos presentes en el agua y se utiliza para el control de purga. Si se usa sobre los retornos de condensados, puede utilizarse para detectar fugas de agua bruta de los condensadores e intercambiadores de calor hacia el condensado, instituyéndose así acciones correctivas antes de que se produzcan daños mayores.

A pesar de la relevancia que tienen las calderas en los procesos productivos y la influencia que implica el costo de combustible en el valor final de los productos elaborados por una empresa, los recursos destinados a la adquisición y conservación de estos equipos por lo general son menores.

Confiabilidad y eficiencia.

La importancia de realizar mantenimientos se debe a dos factores: La confiabilidad en el suministro de vapor y la operación con buenos niveles de eficiencia (bajos consumos de combustible). Ambos aspectos se relacionan con la operación al menor costo posible. Primero, por el desembolso económico que significa una falla imprevista en el suministro de vapor en el proceso productivo que se lleve a cabo y segundo, por lo que implica operar con el menor costo posible (mayor eficiencia).

Al no ser reemplazados los componentes de las calderas o sus equipos auxiliares en el período que recomienda el fabricante, probablemente se producirá una falla imprevista que afectará el suministro de vapor. Así mismo la operación de una caldera que funciona en forma ineficiente por falta de mantenimiento, provocará un aumento en los costos de producción.

A modo de referencia, por cada 2° C que aumente la temperatura de salida de gases en una caldera, debido por ejemplo a la acumulación de hollín sobre las superficies de transferencia de calor, se incrementa en un 1% el consumo de combustible, otra es que por cada 10% de exceso de aire que inyecte un ventilador a un quemador, el consumo de combustible aumenta un 1%. Estos dos antecedentes tienen directa relación con la reducción de los costos de operación gracias al mantenimiento, en este caso la limpieza del circuito de gases y la correcta regulación del quemador.

A continuación, se resume un programa de mantenimiento aplicable a calderas y quemadores, en el que se han considerado trabajos que deben realizarse en forma diaria, semanal, mensual y semestral. Estas labores han sido establecidas sobre la base de las recomendaciones de fabricantes y experiencia propia en el mantenimiento de calderas.

Mantenimiento diario.

El mantenimiento diario debe realizarse llevando a cabo las siguientes acciones:

- **Verificación de condiciones de operación:** Presión y temperatura (si corresponde) del combustible, temperatura de salida de gases, presión de vapor, análisis de gases, análisis de agua, etc.
- **Verificación de la forma y color de la llama:** A través de la mirilla se debe controlar que la llama no esté tocando las paredes de la cámara de combustión (fogón en una caldera pirotubular) y que el color sea el correcto según el combustible que se esté utilizando.
- **Verificación de la operación de detención del quemador por bajo nivel de agua:** Este es uno de los procedimientos más importantes, ya que la mayoría de los accidentes en calderas tiene relación con fallas en el control del nivel.
- **Verificación de la operación de válvulas de seguridad de la caldera.**

Mantenimiento semanal.

El mantenimiento semanal se relaciona con trabajos de limpieza menores, lubricación y ajuste de la posición de ciertos componentes de los quemadores.

- **Limpieza de filtros (en el caso de combustibles líquidos)**
- **Ajuste de la posición de electrodos de encendido, difusor, etc.**
- **Limpieza de sensor de llama.**
- **Verificación de apriete del sistema accionamiento damper y válvula de control.**
- **Lubricación de piezas móviles.**

Mantenimiento mensual.

El mantenimiento mensual involucra la realización de trabajos de limpieza más profundos y ajuste de instrumentos de control.

- **Reapriete y limpieza de terminales.**
- **Limpieza de válvulas solenoides y de control.**
- **Verificación ajuste prestostatos, termostatos y transmisores.**

Mantenimiento semestral.

Incluye los trabajos de limpieza más importantes que deben ser realizados en una caldera, así como también la calibración del quemador.

- **Limpieza de circuito de gases.**
- **Reparación de material refractario.**
- **Inspección del lodo-agua para verificar la efectividad del tratamiento de agua en lo que a prevención de incrustaciones y corrosión se refiere.**
- **Inspección del tanque de condensado (desgasificador).**
- **Limpieza del tanque de combustible.**

- **Reemplazo de empaques en tapas registro hombre y mano acceso a lado de agua.**
- **Limpieza de sifones en los que se encuentran instalados los prestostatos, transmisores de presión y manómetro de vapor de la caldera.**
- **Limpieza de filtros en líneas de agua.**
- **Reemplazo boquilla (quemadores de combustible).**
- **Reemplazo de electrodos de encendido.**
- **Reemplazo de sensor de llama (algunos tipos).**
- **Reemplazo de cables expuestos a altas temperaturas.**
- **Reemplazo de bomba combustible.**
- **Calibración del quemador sobre la base de un análisis de gases producto de la combustión.**

Repuestos críticos.

Además de describir los trabajos de mantenimiento que son relevantes para asegurar el suministro confiable de vapor, a continuación se enumeran los repuestos (componentes críticos) que son imprescindibles para la operación de una caldera y que, por lo tanto, deben mantenerse en el almacén de refacciones de manera permanente, estos son:

Electrodos, motor eléctrico, boquilla, acoplamiento de ventilador, acoplamiento bomba de combustible, bomba de combustible, prestostatos y termostatos en general, tubería flexibles y rígidas de distintos diámetros, O'rings, válvulas, sello de bomba de combustible, tapas para tubos de caldera o fluxes.

Imágenes del mantenimiento.

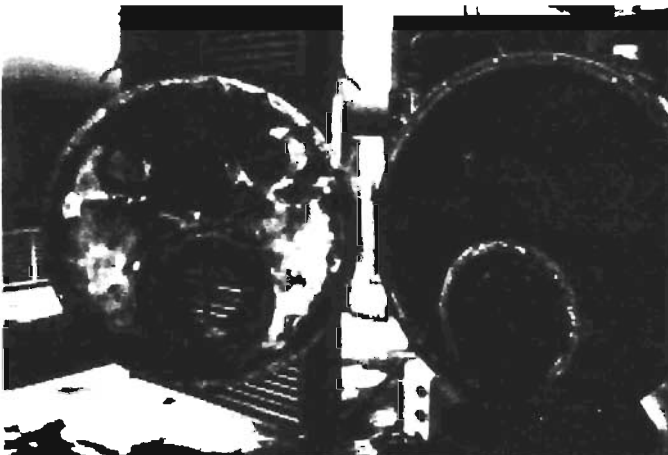


Figura No. 5.50. Vista frontal de caldera con su tapa abierta.

En la figura 5.50., se muestra una vista interior de la caldera, con la tapa frontal abierta sin el recubrimiento refractario, ya que este se sustituirá por uno nuevo, la tapa tiene tres orificios en donde se monta el equipo del quemador en el agujero mayor y en los dos orificios pequeños son tapas de mano para hacer inspecciones sin abrir toda la maquina, en la lado derecho se ve el cuerpo completo de la caldera con los fluxes del paso 1 y 2.

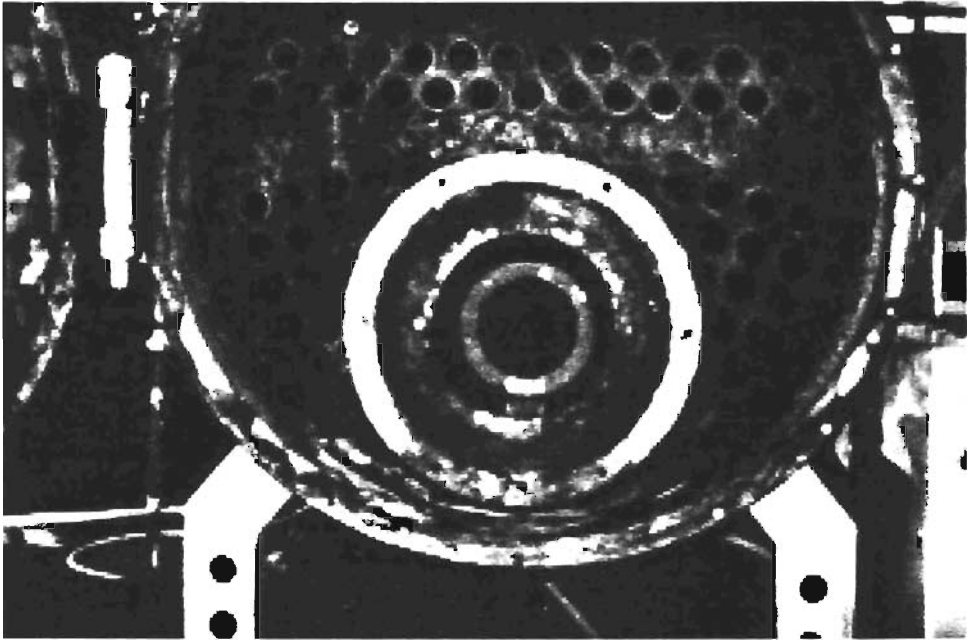


Figura No. 5.51. Vista de fluxes y cañón del hogar.

En la figura No. 5.51., se observa un orificio central donde se encuentra el cañón del hogar interior de la caldera, en esta imagen se puede ver, que esta cámara es hecha de material refractario tipo ladrillo, obsérvese las separaciones de unión entre estos elementos

En las figuras No. 5.52 y 53, se muestra la parte trasera de la caldera donde se pueden observar los pasos de los gases por el tono de las paredes de la caldera, en la No. 5.48., se observa el tono claro en donde los gases tienen menos hollín, indicando que es el primer paso, en la parte superior existe mayor cantidad de hollín por que los gases ya se han enfriado y el carbón se solidifica, para poder dividir el paso 1 y el retorno del paso 2 a la salida se coloca una mampara de material refractario que es tapada con el material que contiene la misma tapa.

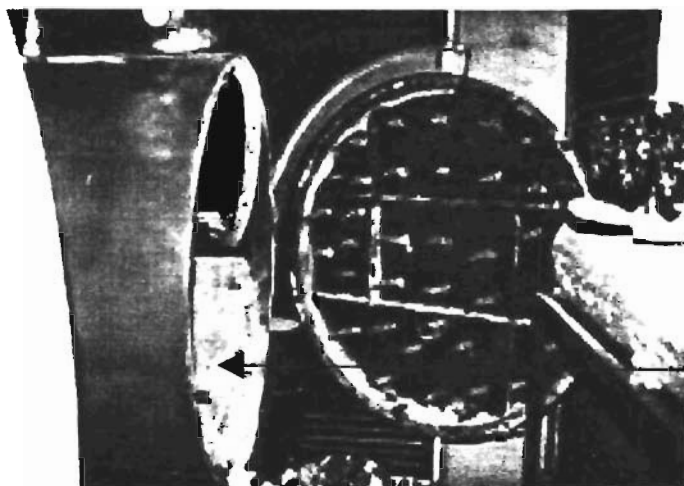


Figura No. 5.52. Vista de la tapa trasera de la caldera se aprecia el material refractario que cubre el hogar de la caldera.

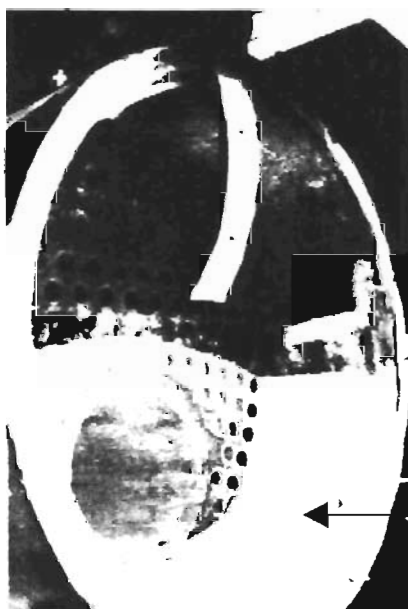


Figura No. 5.53. Vista de la parte trasera de la caldera se aprecia el material refractario que cubre el hogar de la caldera.

5.3. *Instalaciones mecánicas.*

Ahora es el turno de hablar del área de instalaciones mecánicas, hemos definido con este título a esta área debido a las características y tipos de equipos que se manejan.

Es muy común dentro de la industria que los equipos y sistemas que se utilizan para brindar un servicio sean instalaciones híbridas que operan con equipos que pueden tener elementos neumático, mecánicos, hidráulicos, eléctricos, etc., por tal razón es necesario marcar las características de ellos dentro de los sistemas para poder hablar sobre su operación y mantenimiento.

En el caso de las instalaciones dentro de la FES Acatlán, debemos decir que se han clasificado dentro del área mecánica, los equipos que contienen elementos propios de ésta, como son las plantas de emergencia que, por el diseño y uso, tienen motores de combustión interna acoplados a un generador, de los cuales son el elemento fundamental para el fin de su utilización.

Definición.

La definición de un equipo de planta de emergencia en algunas partes del mundo se les denomina como grupos electrógenos y parten de un principio básico que es la generación de energía eléctrica a partir de la energía mecánica, proporcionada por un equipo motriz. que a través de un movimiento giratorio realiza un trabajo sobre una flecha para mover en el mismo sentido y a una velocidad constante, un motor eléctrico (generador) que crea una diferencial de tensión o voltaje.

Este principio lo vemos definido en grandes rasgos dentro de las normas establecidas por la DGO y C de la UNAM donde se dice lo siguiente:

h.11 Planta eléctrica de emergencia: Equipo generador de energía eléctrica accionado por un motor de combustión interna cuando se suspende el suministro normal de energía.¹

Como podemos observar la definición es muy clara sobre las características de un equipo de emergencia, pero dentro de las instalaciones de estos sistemas existen elementos muy particulares que lo hacen un sistema complejo y muy útil. Para que un equipo de emergencia sea capaz de brindar el servicio más eficiente y cómodo como lo permite la tecnología hoy en día, esto es, que un sistema de emergencia que cuenta con los aditamentos necesarios, puede proporcionar más que un simple servicio de energía de emergencia.

¹Normas Universitarias de Diseño de Ingeniería Electromecánica D.G.O. y C. Vol.1, 2003 p-41

En muchos proyectos es muy común ver, que un equipo de energía de emergencia opere solo para brindar el servicio de alumbrado, pero actualmente estos sistemas se han desarrollado para poder proteger a instalaciones tan importantes como las que se encuentran en un banco, donde existen equipos de cómputo que no pueden apagarse por ningún motivo, ya que esto ocasionaría grandes pérdidas económicas, lo mismo para las instalaciones de refrigeración de un laboratorio industrial donde se necesita mantener un control de temperaturas preciso y del cual no se puede permitir una interrupción de energía a los equipos de aire acondicionado ya que esto ocasionaría problemas en las áreas de refrigeración.

Dentro de las especificaciones que se deben de cumplir, basado en lo indicado en Norma Oficial Mexicana (NOM) que indica que el uso de algunos sistemas o instalaciones pueden ser denominadas como especiales, ya que dependiendo del alcance de las instalaciones en cuanto a su uso o al presupuesto que se tenga para desarrollar el proyecto. La NOM nos indica en su **capítulo 7 (4.7.), condiciones especiales, instalaciones eléctricas (utilización)** lo siguiente:

Artículo 700- Sistema de emergencia.

A. Disposiciones generales.

700-1 **Alcance.** *Los requisitos de este artículo se aplican a las instalaciones, operación y mantenimiento de sistemas de emergencia constituidos por circuitos y equipos destinados a alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica para iluminación o fuerza, cuando se interrumpe el suministro normal de energía eléctrica. Los sistemas de emergencia son aquellos requeridos por ley y clasificados como tales por reglamentaciones, decretos o legislaciones federales vigentes. Estos sistemas deben suministrar iluminación o fuerza automática a las áreas críticas y a los equipos necesarios para la seguridad de la vida humana, en el caso de falla del suministro normal de energía eléctrica o de los elementos del sistema.*

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

² Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE 1999. Instalaciones eléctricas (Utilización). IPN. p-431.

Dentro de la FES Acatlán existen dos equipos que se encuentran operando dentro de las instalaciones, el primero de ellos está ubicado en el edificio del Centro de Cómputo (CC) y el otro esta en el Centro Cultural Acatlán (CCA).

Estos sistemas son utilizados básicamente en estos inmuebles como parte del servicio de energía ininterrumpida ya que en el CC existen equipos tales como los UPS (Uninterruptible Power Systems) que brindan el servicio de energía ininterrumpida eliminando los parpadeos de energía a las líneas de CA, que pueden durar hasta menos de 1 segundo, haciendo que los equipos de cómputo no tengan ninguna falla o apagón.

Ya que la planta de emergencia tiene una periodo de arranque y de estabilización con la velocidad para proporcionar la frecuencia adecuada a la que ha sido calibrado (en el caso de México se usan los 60 Hz) este periodo de tiempo es muy corto aproximadamente de 5 segundos pero aun así es un tiempo muy largo de paro para una línea de alimentación de cómputo, es por ello que ese tiempo de respaldo lo mantiene el equipo de UPS.

En el caso del equipo que opera en el edificio de CCA, la instalación está en función al cumplimiento de la norma NOM- 001-SEDE-1999 que en su artículo 709-3 nos dice:

709-3. Locales que deben ser provistos de alumbrado especial de emergencia.

a) Todos los lugares de reunión que puedan albergar a más de 100 personas, así como locales de espectáculos y lugares de cuidado de la salud.³

Como ya se ha mencionado, las normas nos indican los criterios a tomar dentro de los parámetros de seguridad e integridad a los usuarios en los inmuebles, para el uso de sistemas de energía de emergencia. Pero si las condiciones económicas lo permiten, como es el caso de las instalaciones en la FES Acatlán, los equipos existentes además de brindar energía a lámparas de emergencia como en el caso del CC se brinda un servicio para que los equipos de retransferencia de datos en las redes de cómputo existentes, como los concentradores de información (que transfieren información de datos en red a través de fibra óptica) no sufran apagones significativos que pudieran traer problemas mayores a los usuarios del sistema. más graves que un simple apagón de luces en pasillos o corredores.

Del mismo modo en el CCA donde se realizan eventos culturales, de carácter administrativo y recreativo como puestas de obras teatrales, o proyecciones de cine y en los cuales en la mayoría de los casos no se desea la interrupción provocada por un corte de energía, razón suficiente para tomar la determinación de instalar un equipo que proporcione servicio de energía de emergencia, permitiendo el uso continuo de las instalaciones o en caso de siniestro la evacuación del mismo.

³ Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-1999. Instalaciones eléctricas (Utilización). IPN, p-439

Hablando técnicamente del equipo, el grupo electrógeno está formado principalmente por un motor de combustión interna el cual puede ser de 2 ó 4 tiempos y puede ser alimentado a gasolina, diesel o gas natural, (para el caso de los instalados en la FES Acatlán estos equipos son de 4 tiempos a diesel).

El motor a diesel normalmente se acopla de forma directa a un generador de corriente alterna el cual puede ser monofásico o trifásico del tipo de inducción sin escobillas, mismo que transforma la energía mecánica del motor en energía eléctrica disponible en los bornes del generador.

La potencia neta que proporciona el motor de combustión en HP medidos en el volante (elemento en forma de disco que se encuentra en la parte donde se acopla el generador y el motor) es igual a la potencia en kw, que proporciona el generador eléctrico en los bornes del mismo multiplicado por la eficiencia de operación del generador eléctrico.

Los equipos instalados en la FES Acatlán son grupos electrógenos compuestos por motores de combustión interna alimentados por combustible diesel y generadores de inducción de 4 polos con capacidad de 450 y 400 kw (más adelante se proporcionaran las características completas de los equipos e instalaciones).

Cuando se tienen equipos trabajando bajo condiciones de operación diferentes a las especificadas en la placa de datos del mismo. (factor de potencia, altura de operación sobre el nivel del mar, temperatura ambiente, etc.), se tienen que realizar algunas correcciones en los cálculos de la potencia, ya que ésta se ve afectada por los factores antes descritos. para no incurrir en errores y no afectar la vida útil del equipo.

También se debe tener especial atención en la combinación de cargas con las que cuenta la instalación. ya que esto modifica el factor de potencia de operación del equipo y se modifica automáticamente la corriente suministrada por el mismo.

Antecedentes de instalación de un grupo electrógeno.

Dentro de la FES Acatlán se llevaron a cabo los proyectos de instalación de los dos equipos electrógenos que actualmente se encuentran en operación y será muy útil saber las condiciones que se tomaron en cuenta para que se pusieran en marcha, operación, y mantenimiento.

Dentro de los datos preliminares que se tuvieron que tomar en cuenta, están los que se han comentado en los primeros capítulos, los cuales mencionan que se debe contar con un anteproyecto, para brindar información técnica fidedigna sobre los antecedentes del proyecto final. sus alcances y posibilidades de operación dentro del mismo, todo esto se llevó a cabo bajo la normatividades universitarios cumpliendo con la elaboración de la documentación que avalan proyecto final, en estos documentos se mencionan los siguientes puntos:

- **Objetivos generales.** *Aquí se mencionan cuales serán los objetivos por alcanzar de forma general, en cuanto al costo beneficio que pudiera tener el proyecto final una vez puesto en marcha.*
- **Objetivos particulares.** *En esta parte del documento se pueden ver los puntos que cubrirá el proyecto ya de forma particular mencionando los puntos álgidos dentro del proyecto, como son los problemas que enfrenta el inmueble actualmente, las condiciones de las instalaciones y se puede hablar de manera mas técnica y detallada del principio de operación y sus beneficios.*
- **Fundamentación o justificación.** *Dentro de los lineamientos que se tienen que cumplir en la presentación de un proyecto de esta índole es inminente elaborar una justificación perfectamente bien descrita y explicada del por qué es necesario el contar con los equipos con las características definidas en el anteproyecto, presentar el costo beneficio y evaluarlo de manera directa, una vez aprobado presupuestalmente, éste se convierta en el proyecto autorizado y avalado por las autoridades del plantel para poder llevarlo a cabo.*
- **Antecedentes.** *Desde la elaboración del anteproyecto, se tienen que valorar las características técnicas, tanto de las condiciones de instalaciones actuales y de instalaciones futuras, todo esto para poder determinar un posible proyecto final, el cual, cumpla con los objetivos y las necesidades de los mismos usuario. Dentro de los datos se mencionarán, la ubicación donde se quiere instalar el equipo, para el caso de las instalaciones que están interrelacionadas con estos equipos, se deberán proporcionar diagramas lineales de las instalaciones, diagramas unifilares, cuadros de cargas de las instalaciones actuales con las características de los equipos, arreglo de instalaciones que se desean alimentar, lecturas de las cargas utilizadas en los circuitos que se quedarán alimentados como circuitos de emergencia, tablas de cargas de los circuitos de emergencia, carga real total de los circuitos para evaluar la capacidad de la máquina o grupo electrógeno, especificaciones técnicas generales del tipo de equipo que será instalado, junto con sus accesorios y aditamentos de operación, planos de descripción del equipo, planos arquitectónicos de la ubicación del cuarto o lugar donde se ubicará, planos isométricos de su instalación.*

Es importante mencionar que todos los proyectos tienen las mismas características generales y los mismos principios de operación pero no todos tienen las mismas formas y diseños, ya que en muchos casos es el propio proyecto el que pone los lineamientos a seguir para poder llevarlo a cabo, es por ello que se mencionarán principios generales de selección de un equipo y algunas características generales que los mismos fabricantes recomiendan.

Daremos un ejemplo del cálculo de la corriente máxima de consumo que puede proporcionar un equipo electrógeno con capacidad de 100 kw que opera a la altura del nivel del mar, y que alimenta a una carga básicamente compuesta por equipos con motores eléctricos, con un factor de potencia (fp) de 0.8 atrasado, nos proporcionará una corriente de:

Datos

$$V = 220V.$$

$$fp = 0.80$$

$$P = 100 \text{ kw}$$

$$I = ?$$

Se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$I = \text{kw } 1000 / (1.73 E \text{ fp})$$

Esta fórmula está dada en base a conocer los amperes resultantes del uso de 100 kw en una instalación trifásica, ya que si la instalación es de ese número de fases se usa 1.73 donde:

1.73 = A la raíz cuadrada de 3 y se considera así por tratarse de una instalación trifásica.

Por lo tanto la $I = 328A$.

El mismo grupo de trabajo en condiciones totalmente diferentes tanto de carga como de altitud, tendremos el siguiente resultado.

La carga que el equipo soportará se compone principalmente por equipos resistivos con un factor de potencia de (fp)= 1.0 y una altura de operación de 2240 msnm.

Utilizando la fórmula anterior y conociendo los siguientes datos, tenemos:

$$V = 220V.$$

$$fp = 1.0$$

$$P = 100 \text{ Kw}$$

$$I = ?$$

Tenemos como resultado que $I = 262.74A$.

Recordemos que en el primer ejemplo el equipo trabaja a nivel del mar y en el caso del segundo ejemplo tenemos un equipo que trabaja a 2240 MSNM, lo que nos dice que el segundo equipo tiene una pérdida de potencia por concepto de altura en caso de ser un motor turbocargado de un 6-8%, por lo tanto, tenemos que la potencia efectiva del motor diesel a la altura de 2240 msnm será de: $100 \text{ kw} - 8\% = 92 \text{ kw}$.

En este caso se calcula una corriente de: $I = 241.7A$.

Esto nos resume que la eficiencia del motor será menor conforme se trabaje en diferentes alturas y por tal motivo hay que tomar en cuenta estos problemas para poder usar el equipo más adecuado.

La corriente máxima a proporcionar por un grupo electrógeno, no deberá exceder la máxima corriente especificada por el fabricante en una aplicación de emergencia, durante el periodo que perdure la falla de la energía comercial.

La capacidad de los generadores es calculada para operar una carga con un factor de potencia de 0.8, cuando el usuario opera una carga con un factor de potencia diferente a 0.8 se deberá efectuar la corrección de los cálculos de la corriente según la fórmula utilizada anteriormente.

En caso de exceder la corriente máxima o el valor de sobrecarga permisible, se puede incurrir en daños al equipo como son:

- Una reducción considerable de la vida útil del motor diesel.
- Reducción de la velocidad del motor provocando baja frecuencia del voltaje generado y posible daño al generador, regulador de voltaje y la carga.
- Sobre calentamiento.
- Mala operación del equipo.

En el caso de tener problemas con la frecuencia del equipo, cerciőrese primero que el valor de la frecuencia se encuentra dentro de los límites permitidos para una correcta operación.

- La frecuencia no deberá caer por debajo de:
 - 5% en motores con gobernador mecánico
 - 2% en motores con gobernador hidráulico.
 - 0.5% en motores con gobernador electrónico.

Lo anterior es, bajo condiciones de operación de vacío a plena carga o en condiciones de carga variable.

La frecuencia del generador está relacionada directamente con la velocidad angular del motor diesel según la siguiente fórmula.

Velocidad angular en RPM ; Frecuencia = $RPM/30$

Los dinamos síncronos comerciales de CA (Llamados generadores) tienen muchos polos (*para el caso de los equipos de la FES Acatlán se tienen 4 polos*), y pueden girar a varias velocidades, ya sea como alternadores, como motores síncronos o de inducción. La frecuencia en ciclos por segundos (Hz) dependerá, como ya se dijo anteriormente, directamente de la velocidad o el número de revoluciones por segundo (rpm/60) del campo rotatorio.

Si el dinamo síncrono es multipolar (que tenga, dos, cuatro, seis u ocho polos), entonces, para una velocidad de una revolución (1 rpm / 60), la frecuencia por revolución será uno, dos, tres o cuatro ciclos por revolución respectivamente. Por lo tanto, la frecuencia depende directamente de velocidad (rpm/60) y también del número de pares de polos (P/2 o P/4 como es el caso de los generadores aquí mencionados) y esto lo podemos combinar en una sola ecuación en donde:

$$f = P/2 \text{ rpm} / 60 = PS/120 = P\omega/4\pi$$

En donde:

P = es el numero de polos

S = es la velocidad en rpm rev / min)

f = es la frecuencia en hertz o segundos⁻¹

ω = es la velocidad en radianes por segundo (rad / s)⁴

Ver la siguiente figura.

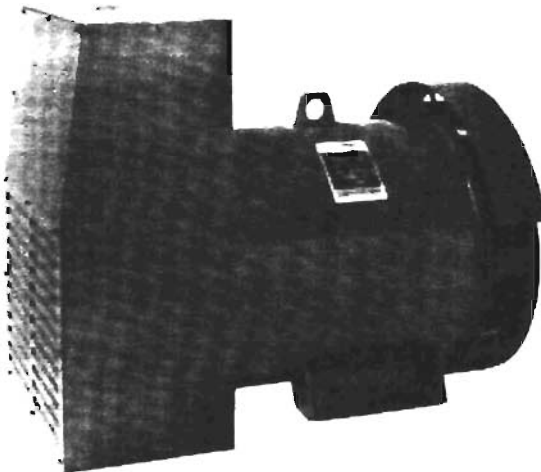


Figura No. 5.54. Generador típico de cuatro polos con 1800 RPM, trifásico a 220V.

¹ Maquinas eléctricas y transformadores Irving L. Kosow, Prentice Hall p-69

En los grupos electrógenos uno de los elementos de mayor importancia y por el cual se ha creado el área mecánica dentro de las áreas de mantenimiento de la FES Acatlán, es el motor de combustión interna (de desplazamiento positivo) de cuatro tiempos y encendido a compresión, en esta tesis debido a la amplitud de información que existe dentro de las explicaciones de funcionamiento y operación de los motores a diesel y como es de esperarse que lo principal sea hablar de los programas de mantenimiento de el área mecánica tendremos que abreviar las explicaciones de algunos puntos de funcionamiento en el motor a diesel, pero será de mucha utilidad mencionar los principios básicos de operación con la finalidad de saber cuales son los elementos que deben de tomarse en cuenta, para poder definir el mantenimiento a seguir en este tipo de maquinarias.

El ciclo diesel desarrollado a partir de la creación del motor de encendido a compresión, (Rudolf Diesel, 1892)⁵ es similar al ciclo Otto, solamente que en este caso debía tenerse una relación de compresión admitiendo exclusivamente aire, y sabiendo que llevando el aire a una presión elevada, podía elevar su temperatura al grado que si se inyecta combustible en la cámara de combustión éste se incendiará espontáneamente, sin depender de una chispa o de una mezcla de aire-combustible, como en los motores a gasolina. En estos motores se cuenta con cuatro tiempos de su ciclo de operación, denominados admisión, compresión, expansión y escape como en el de gasolina.

La importancia del motor encendido por compresión proviene de su rendimiento térmico que es mayor que cualquier otro motor comercial. En los Estados Unidos se han construido motores de compresión con émbolos de diámetro que van desde los 7.62cm (3") a 81.28cm (32") y con velocidades que van desde los 84 a las 4000RPM produciendo desde 3 BHP hasta 8500 BHP (potencia la freno de caballo), lo que lo ha hecho el preferido para los transportes marinos principalmente ya que son maquinas que reducen grandemente los peligros de incendio y también es sabido que los motores por chispa son substituidos por motores de compresión en los equipos de transportación en los cuales los costos por kilometraje son menores considerablemente (camiones, autobuses y ferrocarriles).

Casi todos los motores grandes con pistones de diámetro mayor a los 20,32cm (8") y muchos motores pequeños utilizan una cámara de inyección directa o cámara abierta, en donde el combustible es inyectado directamente dentro de la cámara de combustión compuesta en parte por el pistón, Las cámaras abiertas diesel tienen rendimientos térmicos elevados. Una razón para esto es la pequeña cantidad de calor perdido en el refrigerante como consecuencia de las bajas temperaturas de combustión, en promedio; turbulencia reducida y forma compacta de la cámara con áreas mínimas de paredes, por unidad de volumen. Y se deduce que las bajas temperaturas de combustión provienen de la gran cantidad de exceso de aire (Relación de combustible-aire muy altas) y estas condiciones llevan al ciclo a acercarse al ideal de aire normal. La cámara de combustión compacta, también facilita el arranque ya que las temperaturas de compresión deberán ser altas.

⁵ **Motores de combustión interna.** Edward F. Obert CECSA. p-25.

Si el motor está trabajando a bajas velocidades es remota la posibilidad de golpeteo, ya que siempre está presente un exceso de aire y el combustible se puede quemar simultáneamente con la inyección. Los motores grandes de este tipo, trabajan generalmente a velocidad constante, porque las fuerzas de inercia son grandes.

Por otra parte, las cámaras abiertas para funcionamiento en media y alta velocidad, deberán tener presiones máximas elevadas y estas presiones se ejercen directamente sobre el émbolo y los cojinetes, provocando una desventaja del motor, ya que las presiones de inyección son necesariamente altas en todo momento con el objeto de que se tenga una buena atomización y distribución, pero un desgaste prematuro en los elementos de movimiento y fricción.

Consecuentemente, los motores de cámara abierta, son las máquinas universales para la producción de gran potencia. Existen otros tipos de sistemas de inyección los cuales mencionaremos a continuación.

El tipo de diseño más popular de los motores de compresión son los llamados de cámara de precombustión, desarrollados en motores pequeños de alta velocidad. En este tipo de motores, el volumen de compresión se divide en dos partes mediante un conducto restringido como se muestra en la siguiente figura.

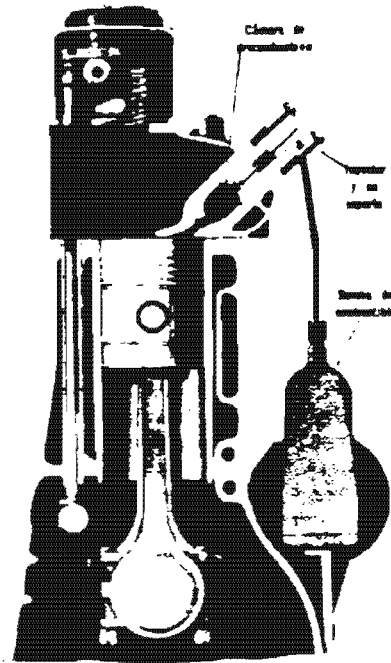


Figura No. 5.55. Cámara de precombustión del motor diesel.

La pequeña antecámara, se llama la cámara de precombustión y contiene del 25 al 40% del volumen de compresión; el resto del claro forma la cámara principal. En el funcionamiento del motor, se inyecta el combustible dentro de la precámara, en la cual tiende a quedar aprisionado el impacto inicial de la combustión y luego, la propia precámara sirve como tobera auxiliar para expulsar con alta velocidad la mezcla aire-combustible parcialmente quemada, al interior de la cámara principal. La turbulencia secundaria capacita al combustible para encontrar el aire y completar la combustión. Nótese que el descenso del émbolo en la cámara de potencia, tiende a crear una diferencia de presiones entre la antecámara y la cámara principal que ayuda a la descarga de los gases de la cámara de precombustión.

La explicación de la acción de la antecámara, sirve también para ilustrar la ventaja principal de la construcción. La tobera de inyección no requiere ser precisa y las bajas presiones de inyección sirven igualmente bien, si no es que mejor que las altas presiones.

Fotografías tomadas en laboratorios demuestran que existe un alto grado de turbulencia en la precámara, antes de la inyección, debido probablemente al amplio conducto empleado para el combustible.

El final de la combustión efectiva ocurre inmediatamente después que se alcanza la presión máxima, aun cuando persiste algo del incendio en la cámara principal durante 40 ó 50° de giro del cigüeñal en la carrera de expansión.

Algunos diseñadores estiman que en sus motores operando a plena carga, el 50% del combustible está en la precámara en el instante del encendido; 20% de la energía es liberada en la precámara por lo tanto, el 80% del combustible será mezclado y quemado en la cámara principal.

Con estos resultados y además de la acción de la precámara en mente, parece evidente que el funcionamiento del motor será influenciado por:

1. El volumen contenido en la precámara.
2. El tamaño, forma y posición de la entrada de la precámara.
3. Las características del sistema de inyección.
4. Las características del combustible.
5. La velocidad del motor.
6. La carga sobre el motor.

La cámara diesel de precombustión tiene las ventajas siguientes:

- a. Se puede utilizar una amplia variedad de combustible sin afectar críticamente el rendimiento.
- b. Poco mantenimiento y bajos costos del mismo debido a:
 1. bajas presiones de inyección.

2. Inyectores simples, de un solo orificio que no requieren atomizar el combustible a ningún grado.
3. Presiones bajas en la cámara principal, puesto que el impacto de la presión queda confinado principalmente en la cámara de precombustión, y por ello, presiones bajas en los cojinetes.

Las ventajas de la cámara de precombustión son especialmente evidentes al considerar que el mantenimiento es limitado y así este tipo de motor, es ampliamente utilizado en equipo agrícola.

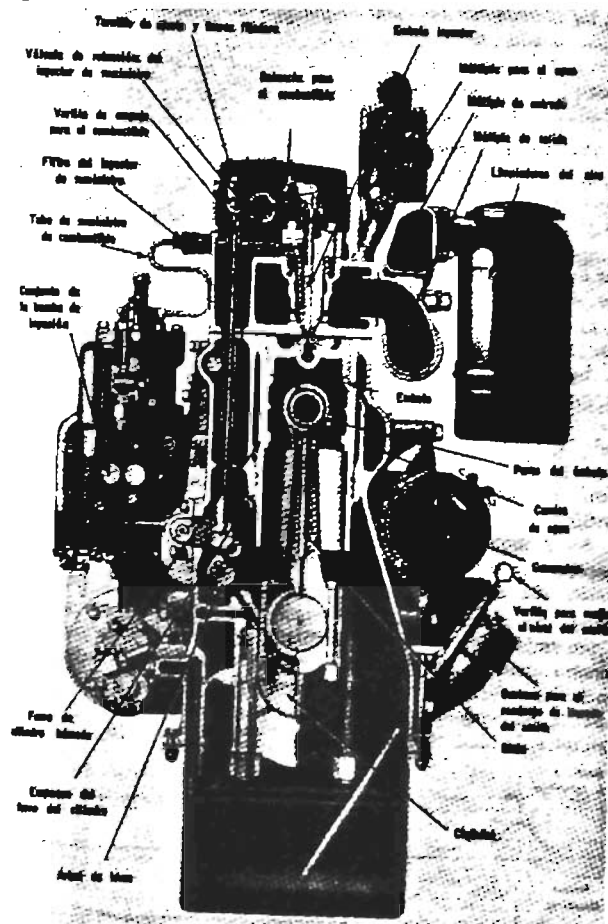


Figura No. 5.56., Motor cummins modelo H

Otro tipo de sistema de cámara, que depende de la turbulencia primaria del aire, para descomponer la niebla de combustible y formar la mezcla homogénea, se llama cámara de turbulencia, como en todos los diseños anteriores existen diversos diseños en el mercado, propuestos por los fabricantes de motores.

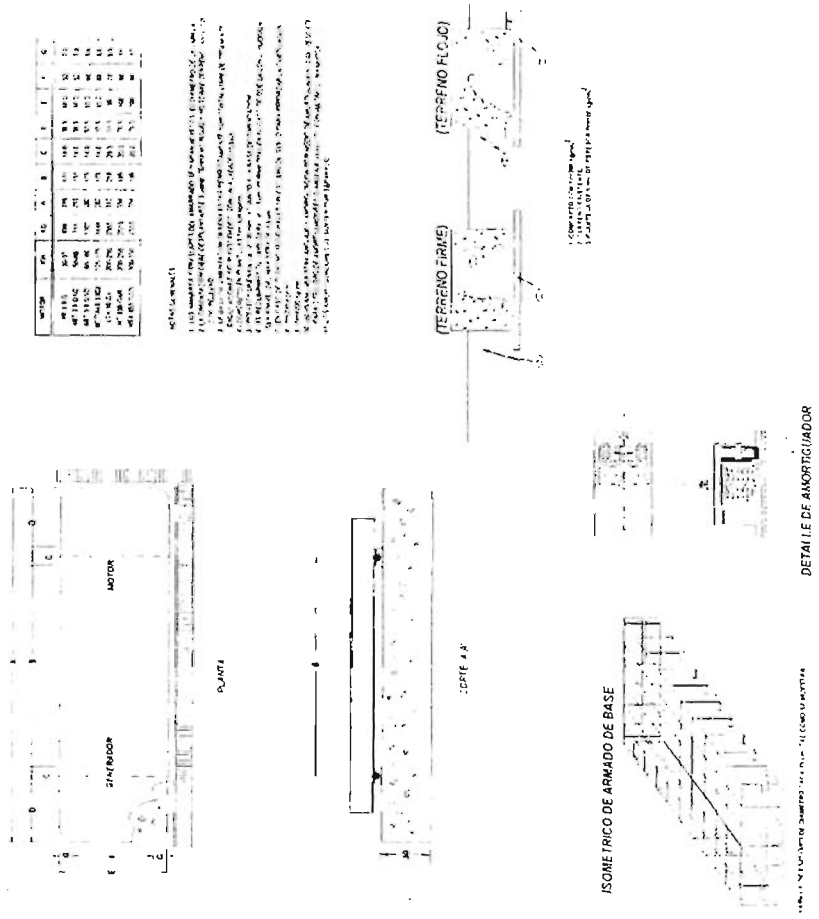
Las ventajas y desventajas de la cámara diesel de turbulencia quedan más o menos a la mitad, entre las correspondientes a las cámaras abiertas y a las de precombustión. La precisión de las toberas, así como las presiones de inyección, son mayores que las requeridas por la cámara de precombustión, aun cuando más moderadas que las normas exactas exigidas por la inyección directa. La calidad del combustible necesario para una combustión ordenada es comparable al requerido por la cámara abierta. Los motores de este tipo desarrollan un buen rendimiento por velocidad variable, ya que la turbulencia primaria está relacionada directamente con la velocidad.

En la figura No.5.56., se muestran los principales componentes de un motor diesel, este tipo de motor es el utilizado dentro de las instalaciones de la FES Acatlán.

Ahora, hablaremos de las características de los elementos y componentes de operación con los que debe contar un equipo electrógeno, hablamos de los sistemas como transferencia, sistema de combustible, sistema de ventilación, sistema de montaje y seguridad, se debe tener en cuenta que aun si la instalación es básica, todos estos elementos no deberán ser omitidos en ningún proyecto.

Base de concreto.

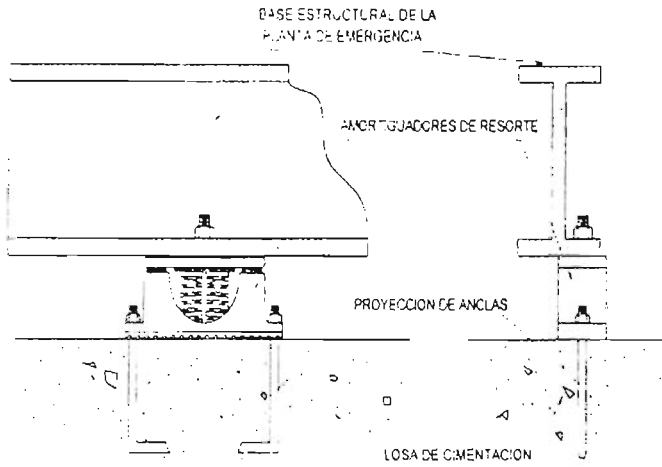
En el siguiente plano se ven las características técnicas de la base de concreto que se debe elaborar antes de montar el equipo, esto con la finalidad de resistir las vibraciones que genera la planta al momento de estar en operación.



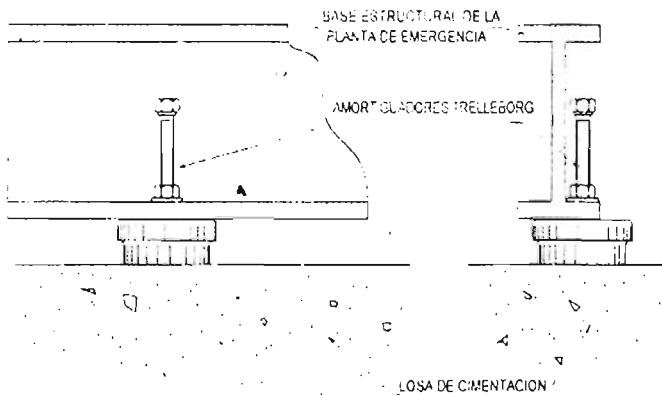
Plano No. 5.41. Base de concreto para montaje de grupo electrógeno.

Amortiguadores.

Detalles en plano de los elementos de anclaje a la base de concreto, llamados comúnmente amortiguadores, proporcionan un efecto de flotación al equipo absorben el movimiento por medio de sus elementos de resorte.



ANCLAJE CON AMORTIGUADORES DE RESORTE



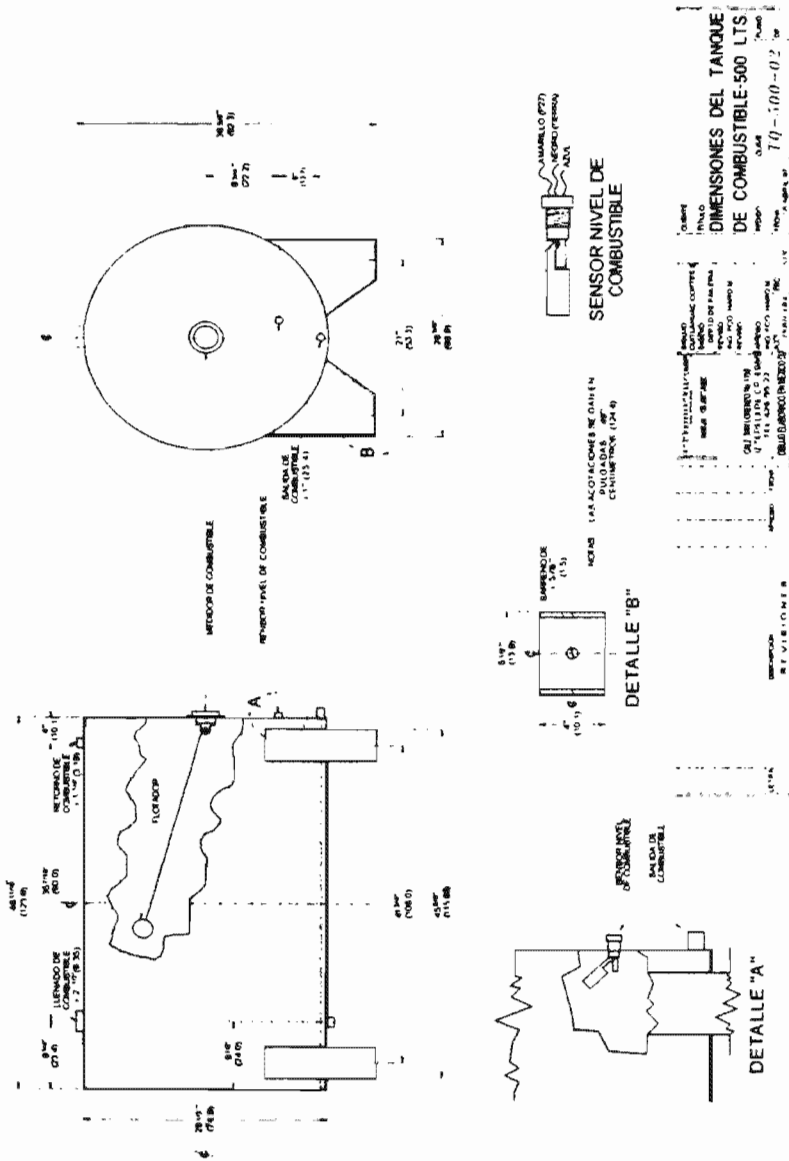
PROYECCION DE AMORTIGUADORES TRELLEBORG (SIN ANCLAS)

DETALLES DE ANCLAJE

Plano No. 5.42. Detalle de amortiguadores.

Tanque de combustible.

Este elemento puede variar en sus dimensiones según sea solicitado, en el caso de la siguiente imagen estamos considerando el plano de un tanque de 500 litros en lámina de acero rolando cédula 20.



Plano No. 5.43. Detalle de tanque de combustible.

Planta de emergencia.

En la siguiente figura, se muestra la máquina completa de planta de emergencia, con la finalidad de mostrar sus componentes principales, generador, motor de combustión interna, radiador.

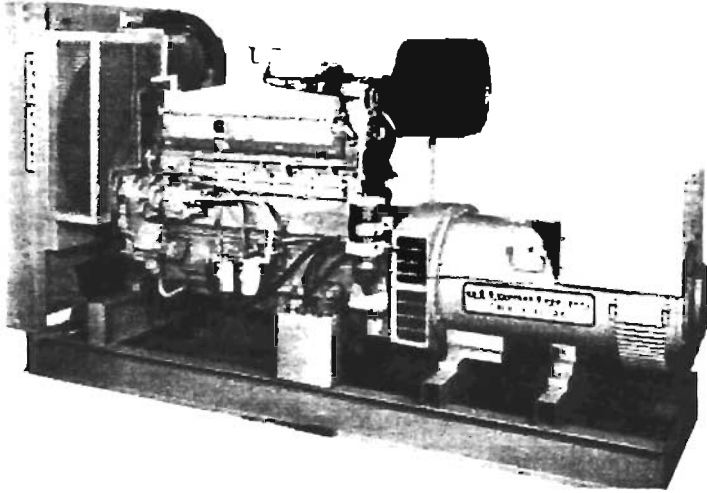
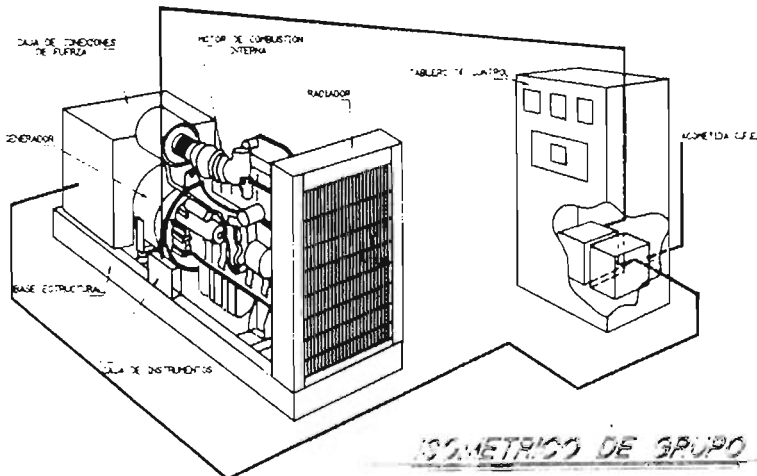


Figura No. 5.57. Vista de motor y generador acoplados.

En el siguiente plano mostramos una vista en isométrico de cómo se conecta un equipo electrógeno, como lo indica un fabricante. Como se puede ver la planta de emergencia siempre se conectará a un tablero de control o transferencia, en donde se conectará y desconectará el equipo de emergencia a la línea de alimentación eléctrica comercial.



Plano No. 5.44. Isometrico de grupo electrógeno.

Sistema de ventilación.

La figura siguiente muestra la ubicación de un equipo electrógeno con respecto a los louvers de ventilación en el cuarto de máquinas, nótese que la entrada de aire está ubicada del lado del generador y la salida del lado del radiador, esto con la finalidad de hacer un barrido de aire en esa dirección, expulsando el aire caliente canalizándolo en el fuelle, directo a los louvers de salida.

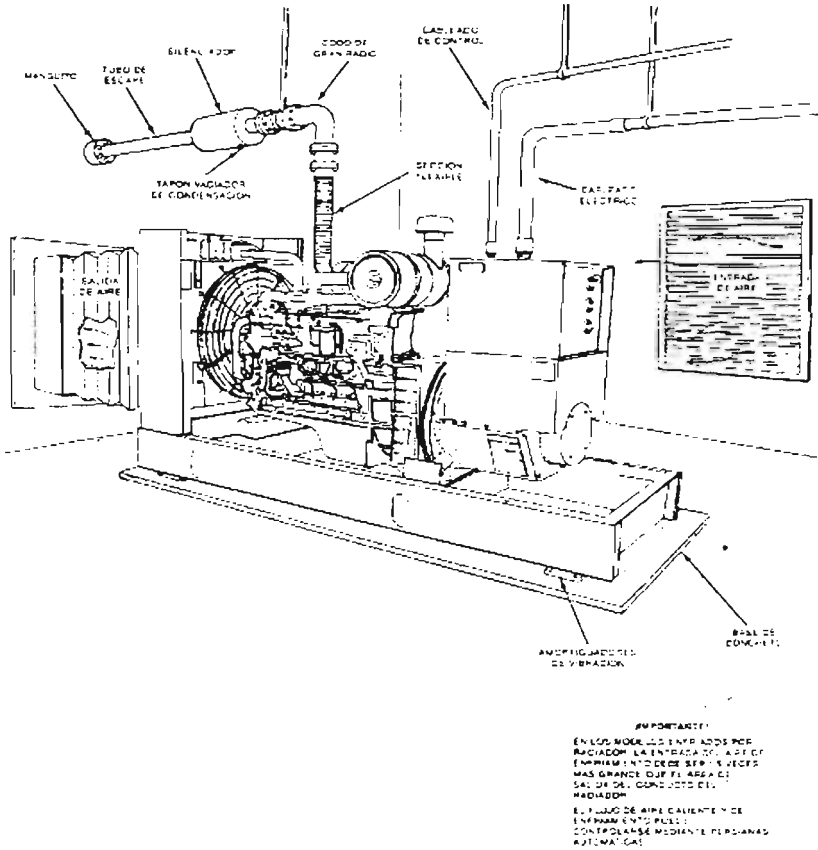


Figura No. 5.58. Vista del sistema de ventilación para un equipo electrógeno.




























Dentro de los principios básicos de la operación existe el sistema de refrigeración y este sistema es reforzado no sólo por el sistema de enfriamiento por agua, sino por el mismo enfriamiento por aire que lo hace doblemente seguro, siempre y cuando las instalaciones se hagan cumpliendo con los estándares de seguridad establecidos.

Listas de los términos y simbologías para las instalaciones de tipo electrógenos.

5.3.1. Terminología.

SIMBOLOGÍA

NORMAL	EMERGENCIA	
		REFLECTOR INCANDESCENTE, SERVICIO INTEMPERIE: ESPECIFICAR POTENCIA, TENSIÓN Y FRECUENCIA
		LUMINARIO INCANDESCENTE PARA LUCES DE OBSTRUCCIÓN DE 100 W, GLOBO ROJO
		LUMINARIO INCANDESCENTE DOBLE PARA LUCES DE OBSTRUCCIÓN, CON GLOBO ROJO Y FOCO DE 100 W, CADA UNO Y RELEVADOR DE TRANSFERENCIA
		LUMINARIO DIRIGIBLE CON BAFLE O CAMPANA LAMPARA DICROICA DE 20, 50 Y 75 W, CON TRANSFORMADOR DE 127/12V.
		LAMPARA PILOTO DE NEON.
		LUMINARIO EN POSTE DE UN DOBLE BRAZO, PARA ALUMBRADO EXTERIOR, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		LUMINARIO EN POSTE DE UN BRAZO, PARA ALUMBRADO EXTERIOR, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		LUMINARIO TIPO PUNTA DE POSTE, CARACTERISTICAS INDICADAS.
NORMAL	EMERGENCIA	
		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO EN CAJA NEMA Y CARACTERISTICAS INDICADAS.
		INTERRUPTOR DE SEGURIDAD CON FUSIBLES, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		DESCONECTADOR DE NAVAJAS SIN FUSIBLES, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		ARRANCADOR, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		CONTACTOR MAGNETICO, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		REGULADOR DE TENSIÓN, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		ESTACIÓN DE BOTONES, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		PROTECTOR DE FALLAS DE TIERRA.

NORMAL	EMERGENCIA	
		LUMINARIO TIPO ARBOTANTE, SERVICIO INTEMPERIE, CARACTERISTICAS INDICADAS
		CELDA FOTOELECTRICA, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		CONTACTO MONOFASICO DUPLEX, CON CONEXION A TIERRA FISICA DE 180 W, 127 V.
		CONTACTO MONOFASICO CON CONEXION A TIERRA FISICA, DE 180 W, 127 V, TIPO CANCEL
		CONTACTO MONOFASICO CON CONEXION A TIERRA FISICA, DE 180 W, 127 V, TIPO INTEMPERIE.
		CONTACTO MONOFASICO PARA QUIROFANO, CON CONEXION A TIERRA FISICA, MEDIA VUELTA.
		CONTACTO MONOFASICO DUPLEX CON CONEXION A TIERRA FISICA, DE 180 W, 127 V, EN PISO CON TAPA TIPO INTEMPERIE.
		CONTACTO MONOFASICO CON CONEXION A TIERRA FISICA, DE 180 W, 127 V, A PRUEBA DE EXPLOSION.
		CONTACTO TRIFASICO, CON CONEXION A TIERRA FISICA, DE MEDIA VUELTA, CARACTERISTICAS INDICADAS.
NORMAL	EMERGENCIA	
		CONTROL DE TIEMPO PROGRAMABLE
		SISTEMA INGELIGENTE DE CONTROL
		BOTON DE TIMBRE DE PARED
		ZUMBADOR O CAMPANA.
		CAMPANA DE ALARMAS DE INCENDIO
		VENTILADOR DE TECHO, CAPACIDAD INDICADA
		SALIDA A UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO VENTILADOR Y SERPENTIN
		SALIDA A MOTOR ELECTRICO DE CARACTERISTICAS INDICADAS.
		SALIDA ESPECIAL, INDICAR USO, POTENCIA Y TENSION.

NORMAL

EMERGENCIA



CONTROL DE VENTILADOR DE TECHO.



SALIDA A TERMOSTATO.



SALIDA A HUMIDOSTATO.



TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE ZONA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



TABLERO SUBGENERAL, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



TABLERO GENERAL, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



CENTRO DE CONTROL DE MOTORES, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.

NORMAL

EMERGENCIA



INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA EN BAJA TENSIÓN, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO, MONTAJE REMOVIBLE, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



FUSIBLE REGENERABLE, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.



AMPERMETRO.



VOLTMETRO.



CONMUTADOR DE FASES (INDICADAS C.V. PARA VOLTMETRO Y C.A. PARA AMPERMETRO).



KILOWATTMETRO.











WATTMETRO.




















KILOWATTHORMETRO.

NORMAL	EMERGENCIA	
		CRUCE DE LINEAS NO CONECTADAS.
		CONEXIÓN DE LINEA.
		REGISTRO DE CONEXIONES DE LAMINA CON TAPA ATORNILLABLE, DIMENSIONES INDICADAS.
		CAJAS DE CONEXIÓN TIPO CONDULET.
		REGISTRO COMUN DE CONCRETO O TABIQUE PARA INTERIORES O EXTERIORES (ANOTAR DIMENSIONES).
		REGISTRO COMUN DE CONCRETO O TANQUE PARA POZO DE VISITA (ANOTAR DIMENSIONES).
		CONDUCTOR PARA SISTEMA DE TIERRA.
		INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
		INTERRUPTOR ELECTROMAGNÉTICO DE MONTAJE, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.

NORMAL	EMERGENCIA	
		TUBO CONDUIT P.G. GALVANIZADA POR PISO CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
		V.A.C. VIA DE ASBESTO CEMENTO POR PISO CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
		TUBERÍA CONDUIT P.G. GALVANIZADA POR LOSA, PLAFON O MURO, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
		TUBERÍA CONDUIT FLEXIBLE.
		CABLE USO RUDO PARA AREAS ABIERTAS.
		TUBERÍA CONDUIT QUE SUBE.
		TUBERÍA CONDUIT QUE BAJA.
		TUBERÍA CONDUIT QUE LLEGA.
		TUBERÍA CONDUIT QUE SE ALEJA.

NORMAL	EMERGENCIA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL PARA CONTROL, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA CONTROL, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA CONTROL, DE DOS DEVANADOR, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	EQUIPO DE MEDICIÓN DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA.
	ACOMETIDA DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA.
	CUCHILLAS DESCONECTADORAS EN A.T., OPERACIÓN EN GRUPO SIN CARGA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	CUCHILLAS DESCONECTADORAS EN A.T., DOBLE TIRO DE OPERACIÓN SIN CARGA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	INTERRUPTOR EN AIRE DE A.T., OPERACIÓN EN GRUPO CON CARGA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.

NORMAL	EMERGENCIA
	CUCHILLA DESCONECTADORA EN AIRE PARA A.T., DE OPERACION EN GRUPO CON CARGA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	CUCHILLA FUSIBLE DESCONECTADORA PARA A.T., UN POLO, UN TIPO, OPERACIÓN SIN CARGA O CON CARGA, USANDO DISPOSITIVO AUXILIAR, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	MUFA TERMINAL PARA A. T., CARACTERÍSTICAS INDICADAS.
	CONEXIÓN A TIERRA.
	TERMINAL PARA A.T.
	BLOQUEO MECANICO.
	PLANTA GENERADORA PARA SERVICIOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIA, CARACTERÍSTICAS INDICADAS.

NORMAL	EMERGENCIA	
		FRECUENCIMETRO.
		CONTACTOR MAGNETICO.
		ARRANCADOR A TENSION PLENA.
		ARRANCADOR A TENSION REDUCIDA, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		RESISTENCIA FUA ELECTRICA.
		CAPACITOR FIJO.
		BATERIA MULTICELDA.
		TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION, CARACTERISTICAS INDICADAS.
		AUTOTRANSFORMADOR.

5.3.2. Clasificación y ubicación de equipos.

“Planta de emergencia”
Área mecánica características del grupo electrógeno.
Equipo del Centro de computo.

Motor de combustión interna.

El motor de este equipo es una máquina de combustión interna de 4 tiempos que opera con combustible diesel, tipo industrial diseñado para servicio continuo durante el tiempo de la falla del suministro normal con las especificaciones adecuadas y originales de fábrica para aplicación de generación de electricidad:

- Modelo: KTA 19 G3
- Marca: cummins.
- No de cilindros: 6 cilindros en línea.
- Potencia: 685 BHP a 1800 RPM.
- Diámetro de carrera: 140 x 152 mm.
- Desplazamiento: 14 lts.
- Velocidad del pistón: 9.1 m/seg.
- Relación de compresión: 14.00:1.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Consumo a plena carga: 92 Lts/hora. ➤ Tipo de aspiración: (1) turbo cargador. ➤ Sistema eléctrico: Alternador y marcha de 24 Volts. ➤ Baterías: (2) 24 celdas de 12 Volts. ➤ Vol. de aceite lubricante: 40 lts. ➤ Gobernador de velocidad: electrónico ➤ Precalentador: 1000 W, montaje externo. ➤ Peso neto motor seco: 1320 Kg.
<p>Tablero de instrumentos montado sobre el motor.</p>	<p>Tablero instalado en la parte inferior del lado del gobernador, con elementos de medición como :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidor Murphy de presión de aceite ➤ Medidor Murphy de temperatura de agua ➤ Amperímetro de carga de baterías.
<p>Sistema de enfriamiento y precalentamiento.</p>	<p>El sistema de enfriamiento es por medio de aire y agua y el sistema de precalentamiento es por medio de calentamiento de agua con una resistencia eléctrica. los componentes de estos sistemas se enlistan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Radiador tropicalizado para servicio industrial. ➤ Ventilador tipo axial accionado por bandas y poleas con tensor de banda automático. ➤ Termostato electromecánico. ➤ Bomba de agua centrífuga. ➤ Elemento medidor de nivel de agua. ➤ Dispositivo de protección por alta temperatura. ➤ Cápsula con precalentador integrado directamente en el motor.
<p>Sistema de Combustible y aceleración.</p>	<p>Se ha optado por incluir los dos sistemas en un solo concepto. debido a que la relación de operación de uno con el otro tienen gran relevancia, por un lado se requiere de un sistema de combustible tanto de almacenaje, y al mismo tiempo dar la dosificación de combustible de manera automática (aceleración) al equipo, a medida que el mismo demanda el combustible para que su operación continua se mantenga constante, integrado por los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tanque de combustible de día con capacidad de 500 lts., con indicador de nivel análogo. ➤ Filtros de combustible de cartucho de transferencia integral. ➤ Cuadro de válvulas para mantenimiento. ➤ Bomba de inyección. ➤ Bomba de transferencia integral o actuador.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gobernador de velocidad. ➤ Censor magnético (pick up magnético).
Sistema de lubricación.	<p>El sistema de lubricación tiene gran importancia en los motores de combustión interna, ya que es éste el que proporciona una protección contra el desgaste de las piezas que trabajan a fricción, así mismo se tiene un sistema de refrigeración integrado en el motor, el sistema está integrado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba de engranes. ➤ Enfriador de aceite. ➤ Filtro reemplazable. ➤ Medidor de aceite. ➤ Dispositivo de protección por baja presión de aceite.
Sistema eléctrico.	<p>Se compone de los elementos del sistema de arranque de la máquina, estos elementos tienen un principio de operación básicamente eléctrico con una tensión de CD a 12V. El sistema proporciona una fuerza mecánica, resultado de una inducción eléctrica, a través de un motor de arranque eléctrico, los componentes son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Motor de arranque eléctrico (marcha). ➤ Alternador de carga de baterías. ➤ Amperímetro. ➤ Baterías de 24 celdas a 12V tipo industrial pesado. ➤ Cables de conexión calibre de 1/0 ➤ Cargador automático de estado sólido de 220V CA a 12V CD de potencia constante, montado sobre un tablero de control.
Sistema de admisión y escape.	<p>Este sistema se encuentra instalado en todos los equipos y puede variar en sus dimensiones de instalación conforme las características del recinto o cuarto de máquinas donde se encuentre instalado, los componentes son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Múltiple de admisión ➤ Múltiple de escape. ➤ Filtro de aire seco (entrada de aire) ➤ Silenciador tipo hospital de acero al carbón cédula 20 bridado con 4" de diámetro (2). ➤ Tubo de acero al carbón. cédula 30 de 4" de diámetro. ➤ Tramo de tubo flexible bridado de 4".

<p>Generador.</p>	<p>El generador marca Stamford es una máquina eléctrica con un arreglo trifásico de 3F, 4Hilos, a 220V de corriente alterna con capacidad de 450 kw, según las normas NEMA IP21 a prueba de goteo, la capacidad de arranque de motores eléctricos es de 200% en KVA y la regulación de voltaje es de + /- 1%, no tiene colector de delgas ni escobillas, sin piezas sujetas a fricción, excitatriz rotatorio con rectificador de silicio de onda completa y regulador de voltaje automático.</p>
<p>Acoplamiento del equipo.</p>	<p>El motor y el generador están acoplados rigida y directamente. por medio de discos flexibles de acero y la coraza del generador esta acoplada rigidamente a la campana del motor, formando de esta manera una sola unidad, misma que se encuentra sujeta con amortiguadores sobre un batidor de acero tipo patín asegurando un alineamiento rigido y permanente.</p>
<p>Tablero de control y transferencia.</p>	<p>El tablero de control y transferencia instalado en el cuarto de máquinas del CC es denominado por su fabricante como DALE 6900 y consta de una gabinete metálico con dimensiones de 2.30 x 0.90 x 0.90 metros fabricado en lámina de acero negra rolada en frío (NEMA 1), con primario anticorrosivo y terminación esmalte acrílico.</p> <p>Así mismo cuenta con todos los componentes y accesorios propios para realizar la función de control, protección y transferencia de una planta eléctrica de aplicación de emergencia.</p> <p>Hablaremos de los elementos que conforman al tablero.</p> <p>A) Área de medición, en este espacio se encuentran los instrumentos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Voltímetro con un selector de fases 96 DIN. ➤ Amperímetro con un selector de fases 96 DIN ➤ Transformadores de corriente tipo ventana (3) ➤ Frecuenciómetro, tipo aguja 96 DIN. ➤ Contador de horas de operación. <p>B) Unidad de control DALE 6900, La unidad de control es de tecnología con microprocesador para montaje frontal en la puerta del tablero, según DIN e incluye los siguientes indicadores por medio de LEDS.</p> <p>INDICADORES ROJOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alarma común. ➤ Falla carga de baterías. ➤ Falla de arranque. ➤ Paro por sobre velocidad.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Paro por alta temperatura. ➤ Paro baja presión de aceite. ➤ Falla de red normal. ➤ Planta con carga. ➤ Red con carga ➤ Paro por bajo nivel de agua en radiador. ➤ Falla por sobre carga. <p>Tiene un interruptor con llave de tres posiciones, que pone al equipo en posición de paro, automático y manual.</p> <p>El tablero cuenta con un equipo de sensor electrónico que monitorea la existencia de energía en las líneas de alimentación.</p> <p>Interruptores electromagnéticos de potencia con capacidad de 1600A a 600VCA marca Merlin Gering, modelo masterpack 1600 A, estos interruptores se encuentran instalados dentro del tablero y su función es abrir o cerrar los circuitos que conectan a los sistemas de energía normal y de emergencia.</p>
--	--

“Planta de emergencia”

**Área mecánica definición de grupo electrógeno.
Equipo del Centro de Cultural Acatlán.**

<p>Motor de combustión interna.</p>	<p>El motor de este equipo es una máquina de combustión interna de 4 tiempos que opera con combustible diesel, tipo industrial diseñado para servicio continuo durante el tiempo de la falla del suministro normal con las especificaciones adecuadas y originales de fábrica para aplicación de generación de electricidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Modelo: NTA 855 G5 ➤ Marca: cummins. ➤ No de cilindros: 6 cilindros en línea. ➤ Potencia: 535 BHP a 1800 RPM. ➤ Diámetro de carrera: 140 x 152 mm. ➤ Desplazamiento: 14 Lts. ➤ Velocidad del pistón: 9.1 m/seg. ➤ Relación de compresión: 14.00:1. ➤ Consumo a plena carga: 92 Lts/hora. ➤ Tipo de aspiración: (1) turbo cargador. ➤ Sistema eléctrico: Alternador y marcha de 24 Volts. ➤ Baterías: (2) 24 celdas de 12 Volts. ➤ Vol. de aceite lubricante: 40 Lts. ➤ Gobernador de velocidad: electrónico ➤ Precalentador: 1000 W, montaje externo. ➤ Peso neto motor seco: 1348 Kg.
-------------------------------------	--

<p>Tablero de instrumentos montado sobre el motor.</p>	<p>Tablero instalado en la parte inferior del lado del gobernador, con elementos de medición como :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidor Murphy de presión de aceite ➤ Medidor Murphy de temperatura de agua ➤ Amperímetro de carga de baterías.
<p>Sistema de enfriamiento y precalentamiento.</p>	<p>El sistema de enfriamiento es por medio de aire y agua y el sistema de precalentamiento es por medio de calentamiento de agua con una resistencia eléctrica, los componentes de estos sistemas se enlistan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Radiador tropicalizado para servicio industrial. ➤ Ventilador tipo axial accionado por bandas y poleas con tensor de banda automático. ➤ Termostato electromecánico. ➤ Bomba de agua centrífuga. ➤ Elemento medidor de nivel de agua. ➤ Dispositivo de protección por alta temperatura. ➤ Cápsula con precalentador integrado directamente en el motor.
<p>Sistema de Combustible y aceleración.</p>	<p>Se ha optado por incluir los dos sistemas en un solo concepto, debido a que la relación de operación de uno con el otro tienen gran relevancia, por un lado se requiere de un sistema de combustible de almacenaje, y al mismo tiempo dar la dosificación de combustible de manera automática (aceleración) al equipo, a medida que el mismo demanda el combustible para que su operación continua se mantenga constante, integrado por los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tanque de combustible de día con capacidad de 1000 Lts., con indicador de nivel análogo. ➤ Filtros de combustible de cartucho de transferencia integral. ➤ Cuadro de válvulas para mantenimiento. ➤ Bomba de inyección. ➤ Bomba de transferencia integral o actuador. ➤ Gobernador de velocidad. ➤ Sensor magnético (pick up magnético).
<p>Sistema de lubricación.</p>	<p>El sistema de lubricación tiene gran importancia en los motores de combustión interna, ya que proporciona una protección contra el desgaste de las piezas que trabajan a fricción, así mismo se tiene un sistema de refrigeración integrado en el motor, integrado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba de engranes. ➤ Enfriador de aceite. ➤ Filtro reemplazable.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medidor de aceite. ➤ Dispositivo de protección por baja presión de aceite.
Sistema eléctrico.	<p>Se compone de los elementos del sistema de arranque de la máquina, estos elementos tienen un principio de operación básicamente eléctrico con una tensión de CD a 12V. El sistema proporciona una fuerza mecánica, resultado de una inducción eléctrica, a través de un motor de arranque eléctrico, los componentes son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Motor de arranque eléctrico (marcha). ➤ Alternador de carga de baterías. ➤ Amperímetro. ➤ Baterías de 24 celdas a 12V tipo industrial pesado. ➤ Cables de conexión calibre de 1/0 <p>Cargador automático de estado sólido de 220V CA a 12V CD de potencia constante, montado sobre un tablero de control.</p>
Sistema de admisión y escape.	<p>Se encuentra instalado en todos los equipo y puede variar en sus dimensiones de instalación conforme las característica del recinto o cuarto de máquinas donde se encuentre instalado, los componentes son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Múltiple de admisión ➤ Múltiple de escape. ➤ Filtro de aire seco (entrada de aire) ➤ Silenciador tipo hospital de acero al carbón cédula 20 bridado con 4" de diámetro (2). ➤ Tubo de acero al carbón. cédula 30 de 4" de diámetro. ➤ Tramo de tubo flexible bridado de 4".
Generador.	<p>El generador marca Marathon, es una máquina eléctrica con un arreglo trifásico de 3F, 4Hilos, a 220 Volts de corriente alterna con capacidad de 400 kw, según las normas NEMA IP21 a prueba de goteo, la capacidad de arranque de motores eléctricos es de 200% en KVA y la regulación de voltaje es de + /- 1%, no tiene colector de delgas ni escobillas, sin piezas sujetas a fricción, excitatriz rotorio con rectificador de silicio de onda completa y regulador de voltaje automático.</p>
Acoplamiento del equipo.	<p>El motor y el generador están acoplados rigida y directamente, por medio de discos flexibles de acero y la coraza del generador esta acoplada rigidamente a la campana del motor, formando de esta manera una sola unidad, misma que se encuentra sujeta con amortiguadores sobre un batidor de acero tipo patin asegurando un alineamiento rígido y permanente.</p>

Tablero de control y transferencia.

El tablero de control y transferencia instalado en el cuarto de máquinas del CCA es denominado por su fabricante como DALE 6900 y consta de una gabinete metálico con dimensiones de 2.30 x 0.90 x 0.90 metros fabricado en lamina de acero negra rolada en frío (NEMA 1), con primario anticorrosivo y terminación esmalte acrílico.

Así mismo cuenta con todos los componentes y accesorios propios para realizar la función de control, protección y transferencia de un planta eléctrica de aplicación de emergencia.

Hablaremos de los elementos que conforman al tablero.

A) Área de medición, aquí se encuentran los instrumentos de:

- Voltímetro con un selector de fases 96 DIN.
- Amperímetro con un selector de fases 96 DIN
- Transformadores de corriente tipo ventana (3)
- Frecuenciómetro, tipo aguja 96 DIN.
- Contador de horas de operación.

B) Unidad de control DALE 6900, La unidad de control es de tecnología con microprocesador para montaje frontal en la puerta del tablero, según DIN e incluye los siguientes indicadores por medio de LEDS.

INDICADORES ROJOS

- Alarma común.
- Falla carga de baterías.
- Falla de arranque.
- Paro por sobre velocidad.
- Paro por alta temperatura.
- Paro baja presión de aceite.
- Falla de red normal.
- Planta con carga.
- Red con carga
- Paro por bajo nivel de agua en radiador.
- Falla por sobre carga.

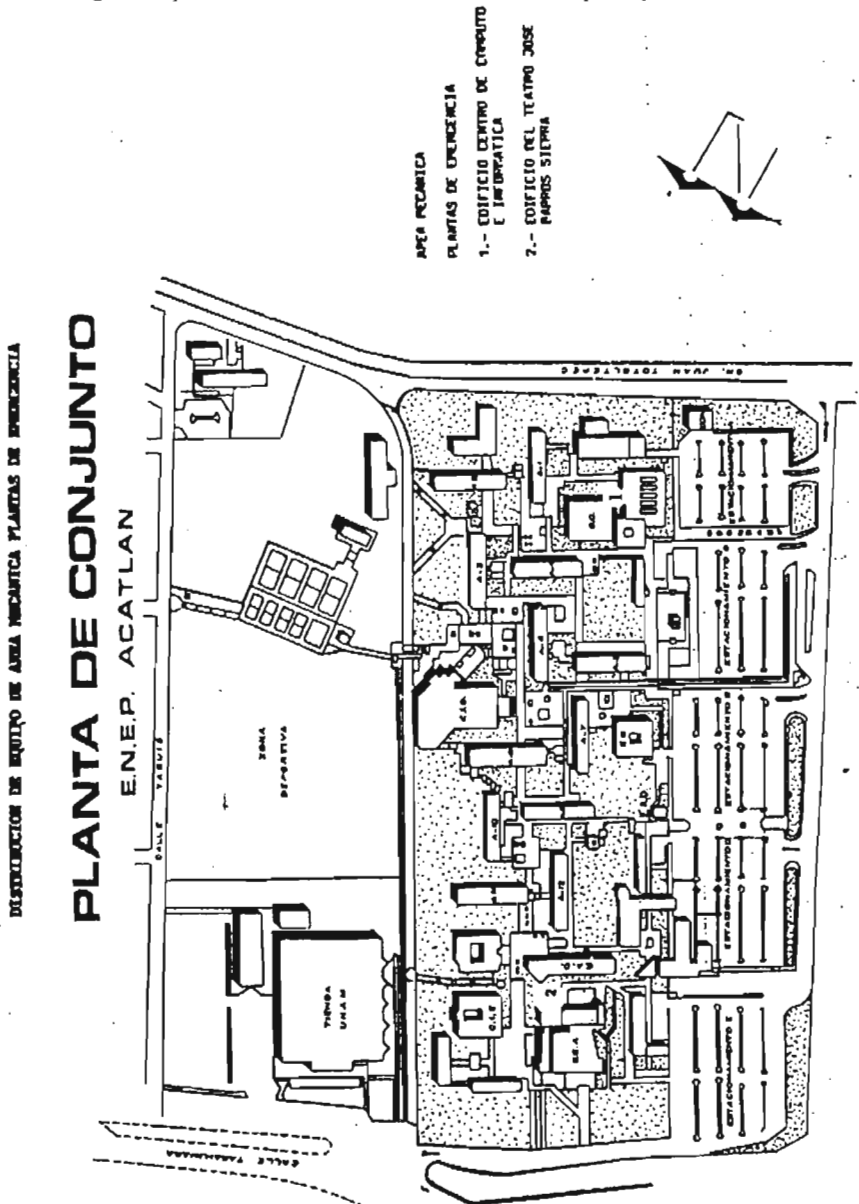
Tiene un interruptor con llave de tres posiciones, que pone al equipo en posición de paro, automático y manual.

El tablero cuenta con un equipo de sensor electrónico que monitorea la existencia de energía en las líneas de alimentación.

Interruptores electromagnéticos de potencia con capacidad de 1600A a 600 VCA marca General Electric, tipo masterpack a 1600 A, estos interruptores se encuentran instalados dentro del tablero y su función es abrir o cerrar los circuitos que conectan a los sistemas de energía normal y de emergencia.

5.3.3. Planos y diagramas

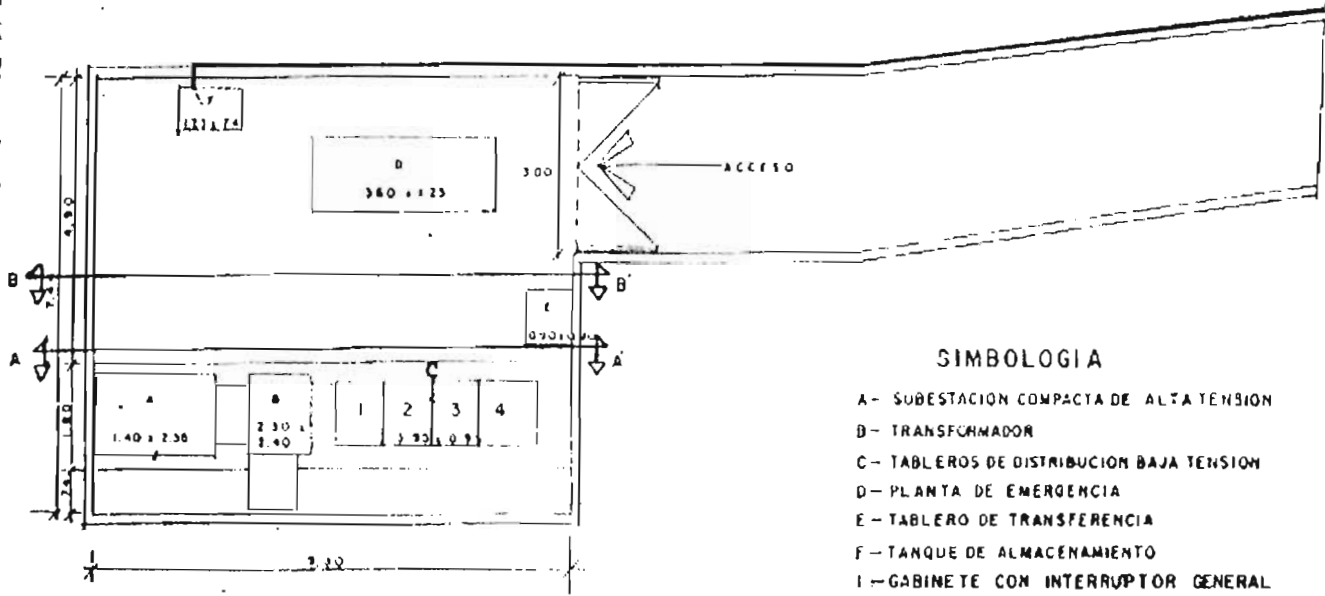
A continuación se muestran los planos que identifican la ubicación y características de los equipos en las instalaciones de la FES Acatlán donde se tiene el servicio de energía eléctrica de emergencia para los edificios del Centro de Cómputo y Centro Cultural Acatlán.



Plano No. 5.45. Planta de localización de equipos electrónicos

SUBESTACION DE CENTRO DE COMPUTO N° 3

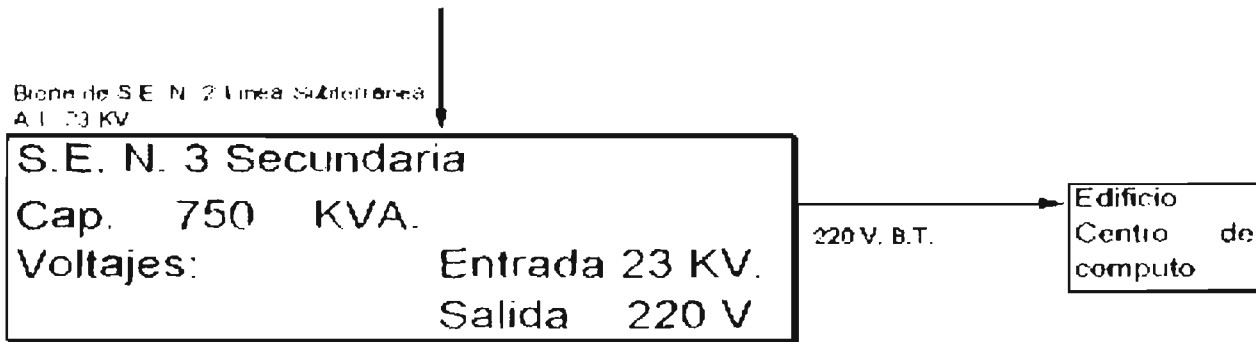
Plano No. 5.46. Plano de planta de cuarto de maquinas CC. (SE No. 3)



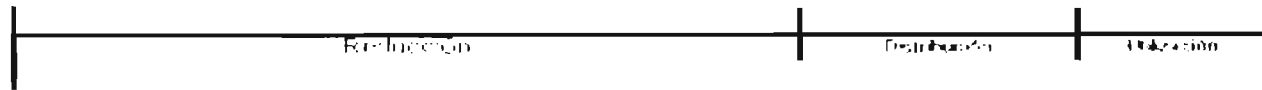
SIMBOLOGIA

- A- SUBESTACION COMPACTA DE ALTA TENSION
- B- TRANSFORMADOR
- C- TABLEROS DE DISTRIBUCION BAJA TENSION
- D- PLANTA DE EMERGENCIA
- E- TABLERO DE TRANSFERENCIA
- F- TANQUE DE ALMACENAMIENTO
- 1- GABINETE CON INTERRUPTOR GENERAL
- 2- GABINETE CON INTERRUPTORES GENERALES DE DERIVACION CORRIENTE NORMAL
- 3- GABINETE CON INTERRUPTOR GENERAL DE EMERGENCIA
- 4- TABLERO DE DISTRIBUCION DE EMERGENCIA

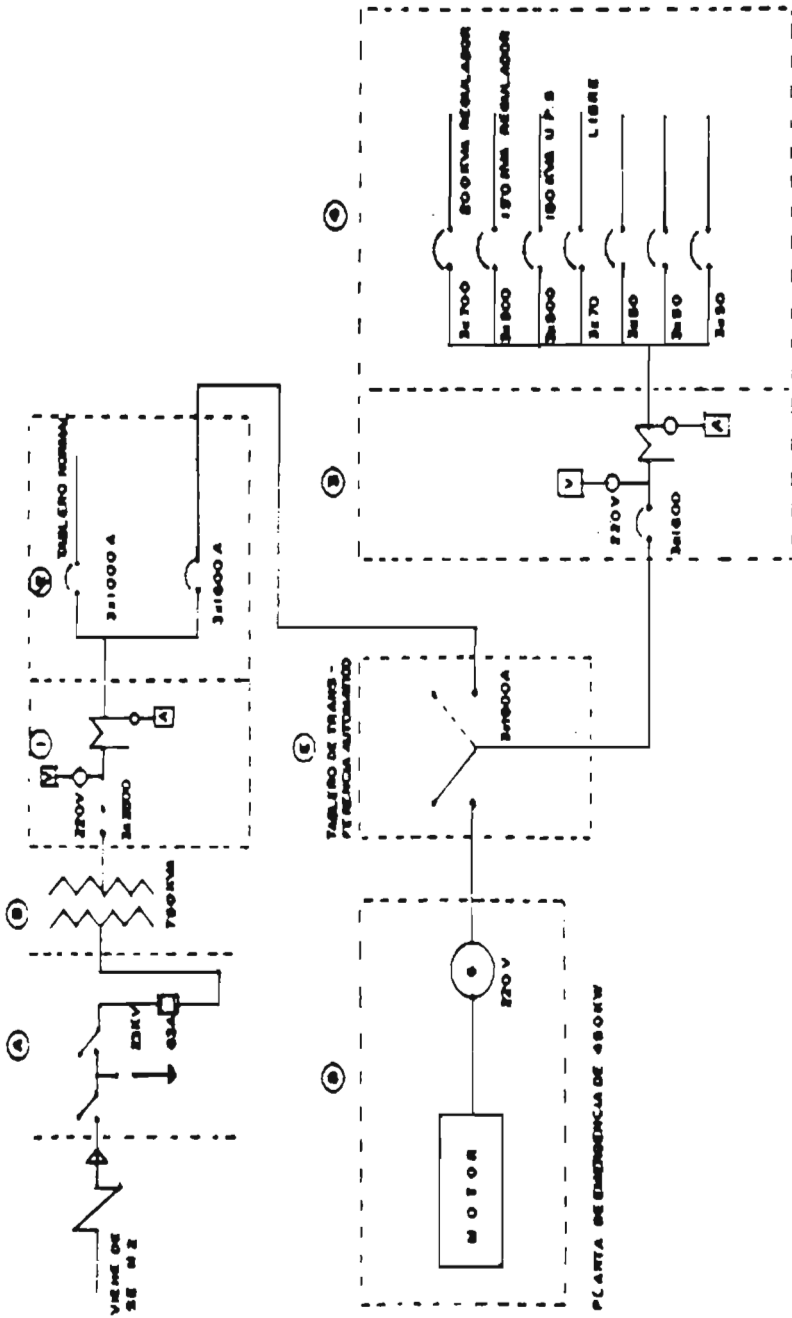
Diagrama Lineal Subestación N. 3



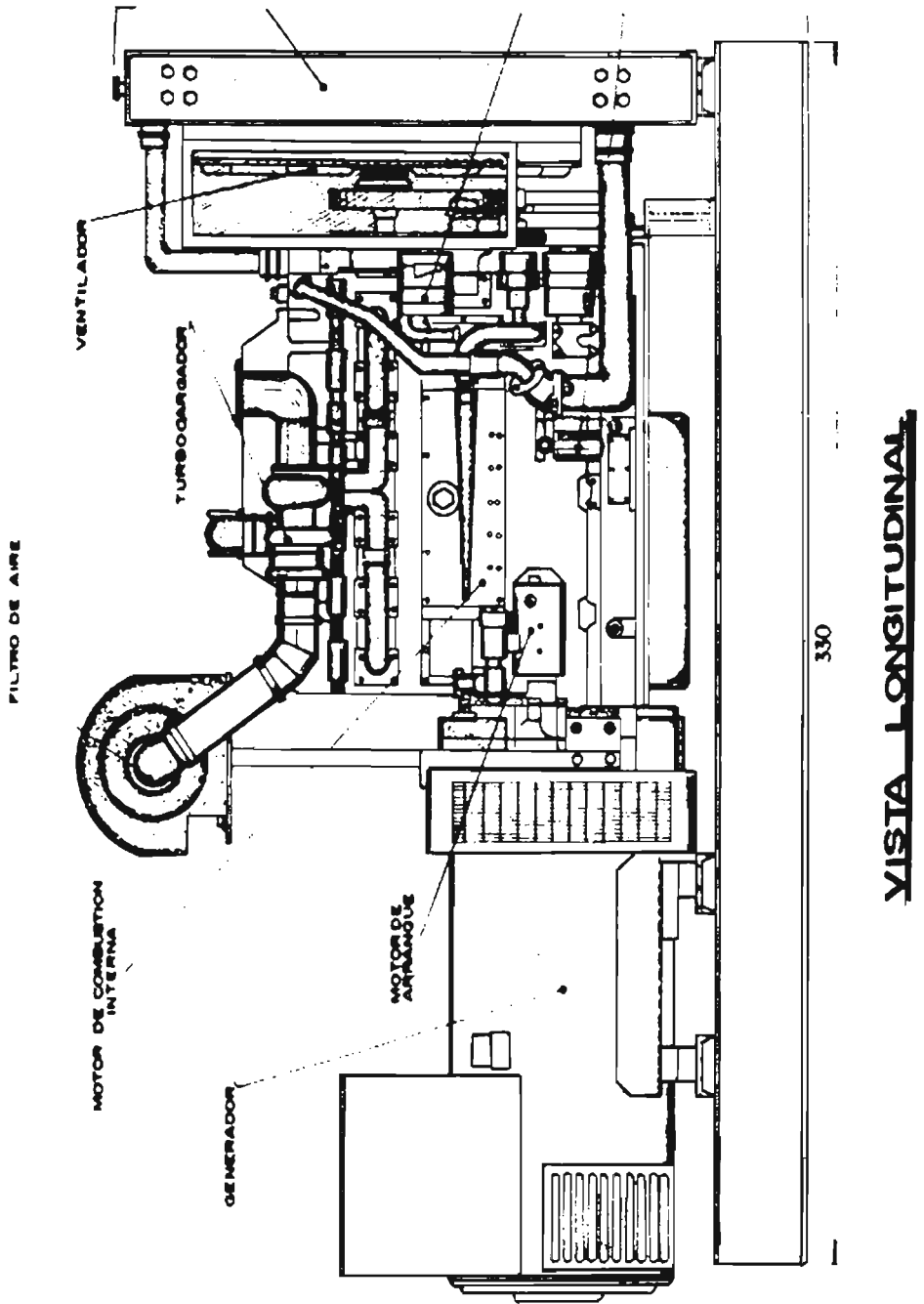
Abreviaturas	
Cia	de Compañía de
L.F.	luz y fuerza
A.T.	Alta tensión
B.T.	Baja Tensión
K.V.	Kilo volts
K.V.A.	Kilo volts
S.E.	Subestación
CAP.	Capacidad
P.E.	Planta de emergencia



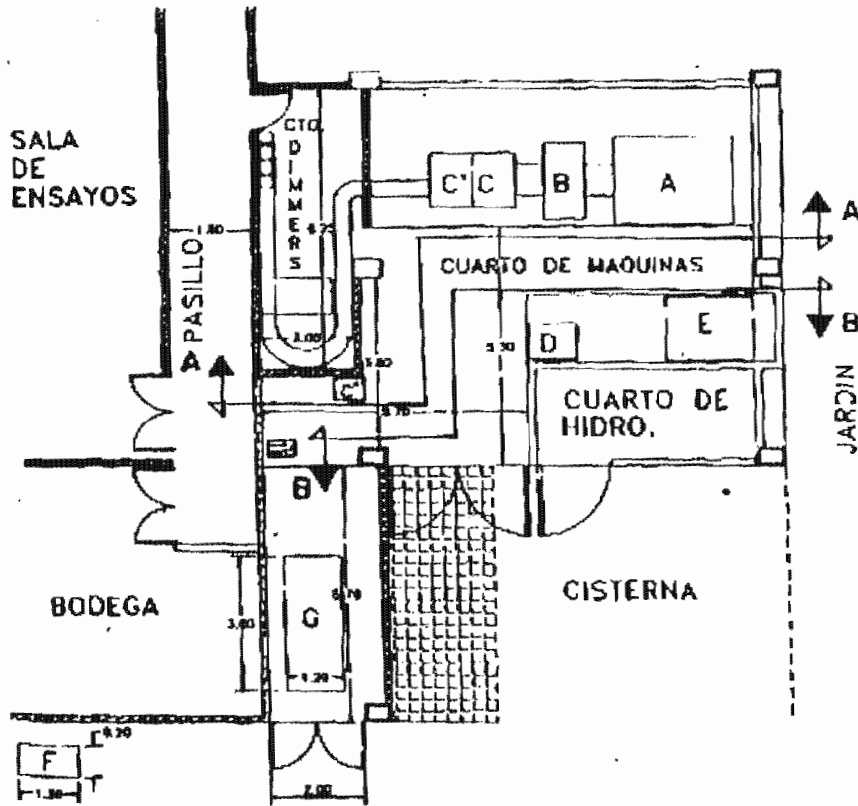
**SUBESTACION N.º 3
C. DE CAMPIÓN N.º 3**



Plano No. 5.48. Diagrama unifilar de SE No. 3. CC.



Plano No. 5.49. Vista longitudinal de equipo KTA19G3 (SE No. 3 CC).

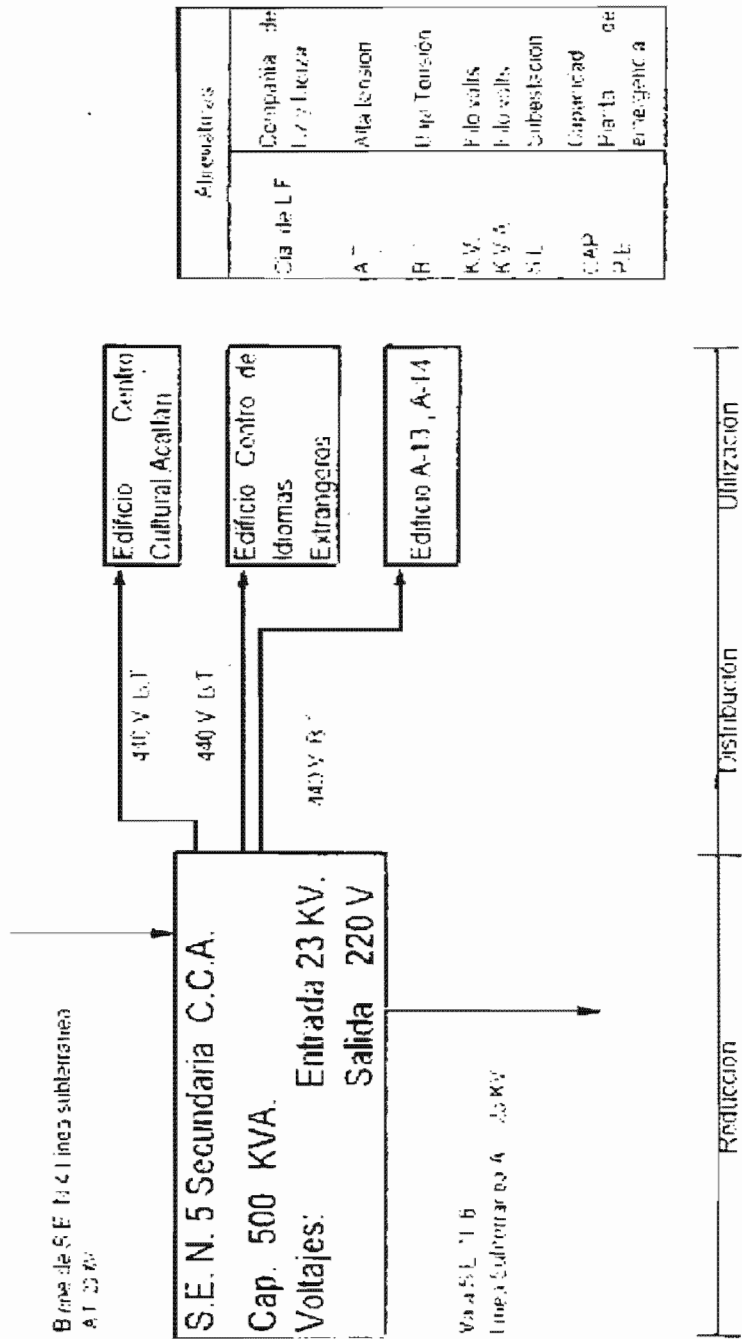


SIMBOLOGIA

- A) SECCIONADOR
- B) TRANSFORMADOR
- C y C') TABLERO PRIMARIO
- D) TABLERO SECUNDARIO
- E) SECCIONADOR HACIA EDIF. POSGRADO
- F) TANQUE DE DIESEL
- G) PLANTA DE EMERGENCIA
- C') TABLERO DE TRANSFERENCIA

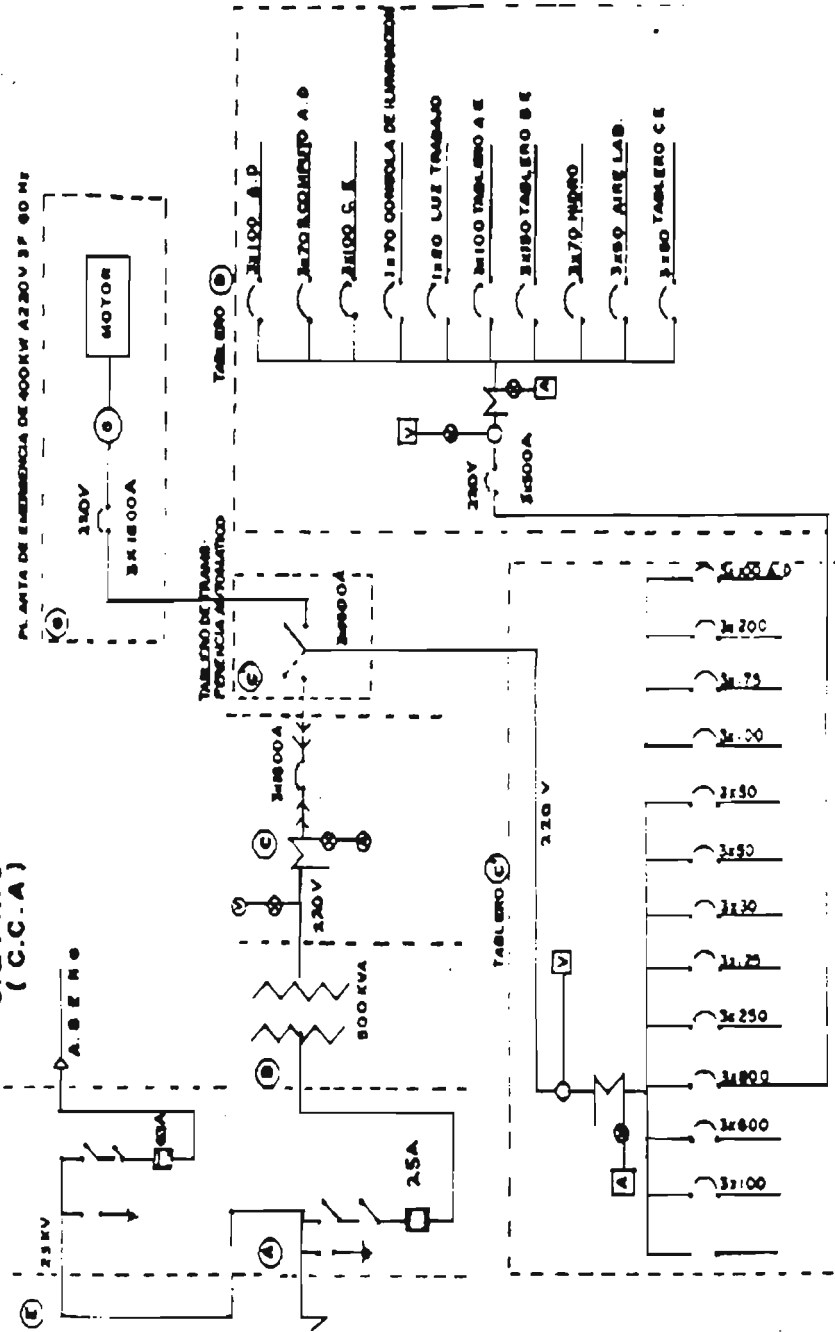
CTO. DE MAQUINAS (Subestacion C.C.A.)
N.5

Diagrama lineal subestación N. 5

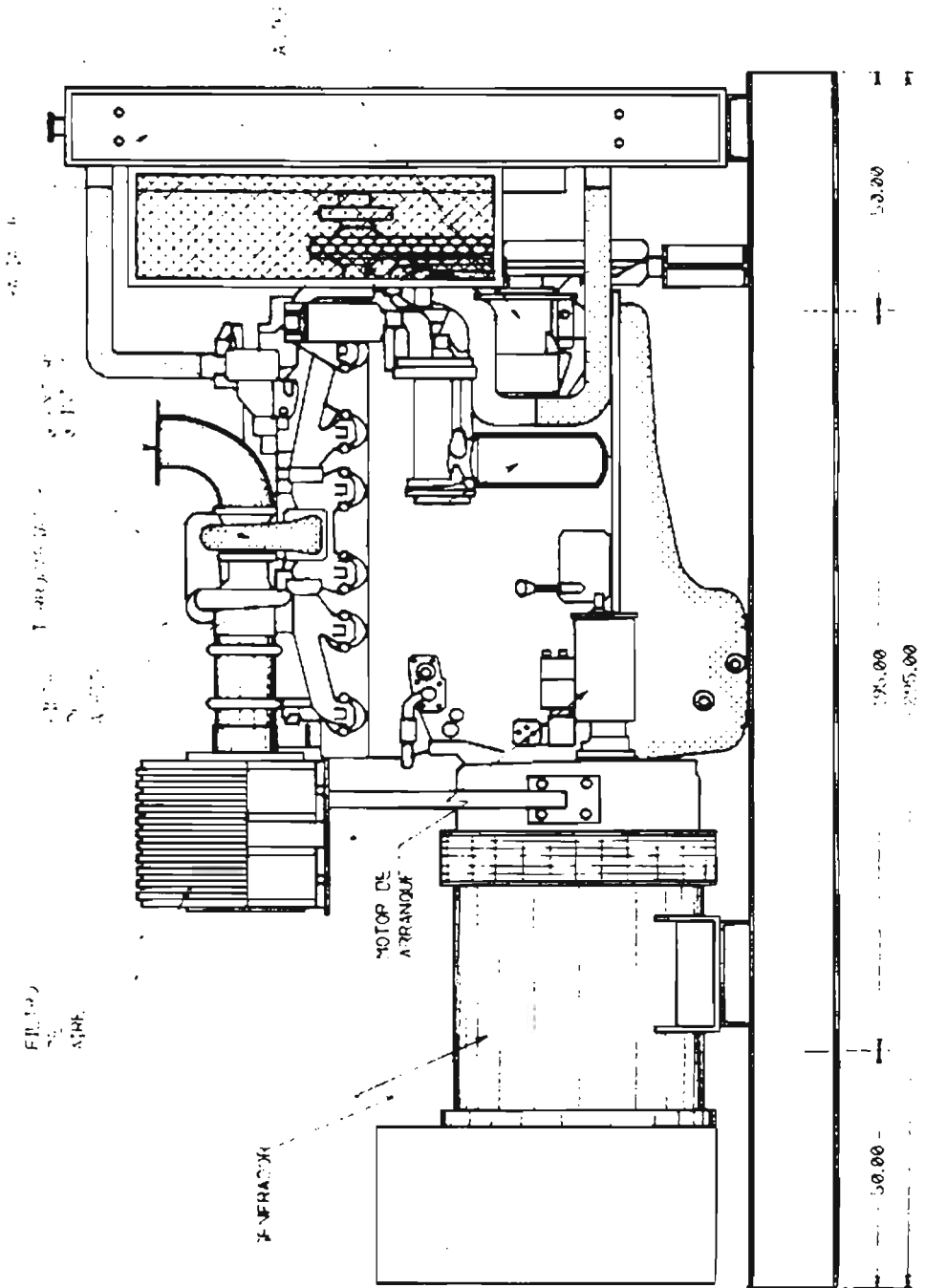


Plano No. 5.51. Diagrama lineal SE No.5 CCA.

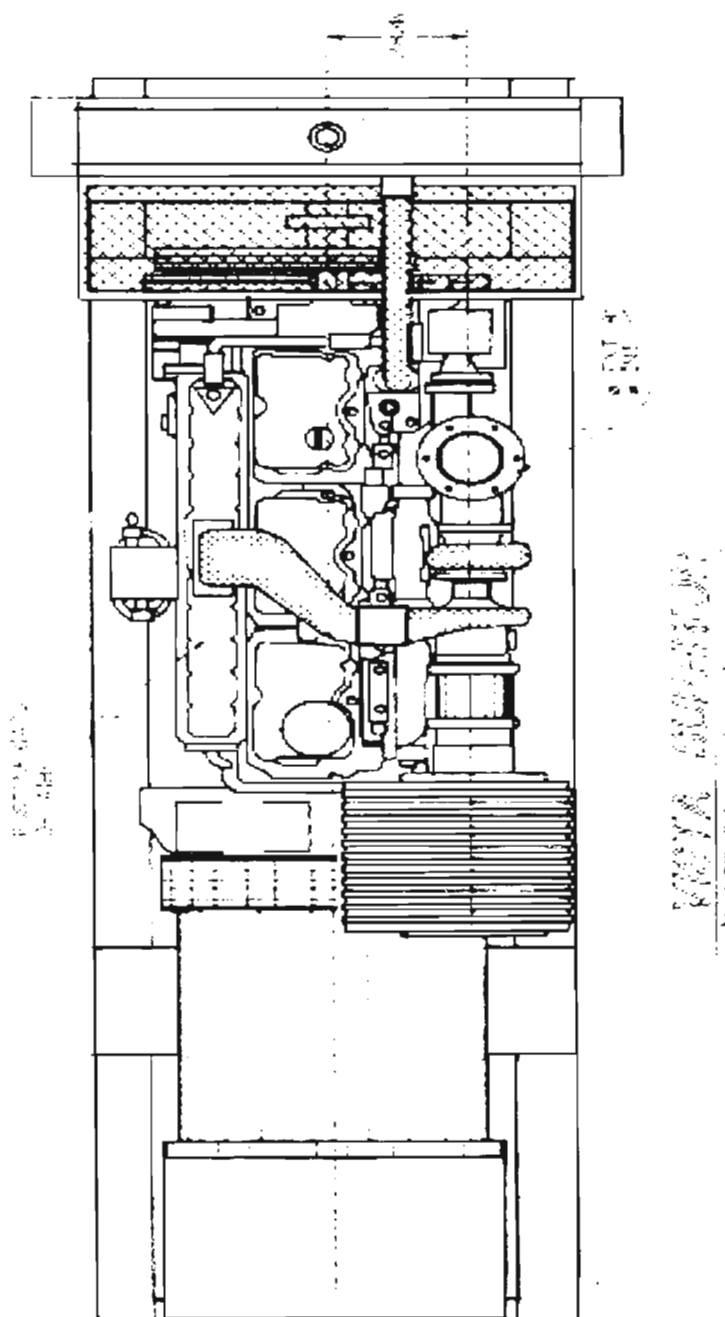
DIAGRAMA UNIFILAR.
S.E. N. 5
(C.C.A)



Plano No. 5.52. Diagrama unifilar de SE No. 5 CCA.



Plano No. 5.53. Vista longitudinal de equipo NTA855G3 (SE No. 5 CCA).



Plano No. 5.54. Vista de planta equipo KTA855 G3 (SE No. 5 CCA).

La siguiente figura muestra el frente de un tablero de control o tablero de transferencia en este gabinete se alojan los elementos electrónicos de control donde se monitorean las fallas en la línea eléctrica de la planta de emergencia con la finalidad de generar las señales que controlan el encendido, apagado, el cambio de los switch para conectar y desconectar las líneas que van de la acometida comercial a los tableros de distribución de carga, y de la planta de emergencia.

Vista exterior del tablero de control, en él se pueden ver los instrumentos de medición de voltajes y amperajes entregados por el generador. Se puede observar el módulo de control electrónico que sensa las principales fallas que se presentan en el equipo al momento de arrancar, cuando se ha cortado el suministro eléctrico, así como la chapa de control de par automático y manual. Nótese que en este gabinete vemos dos interruptores independientes que conmutan su operación por medio de varillas externas que accionan los mecanismos de switcheo, este es un tipo de arreglo con el que puede contar un equipo de transferencia.

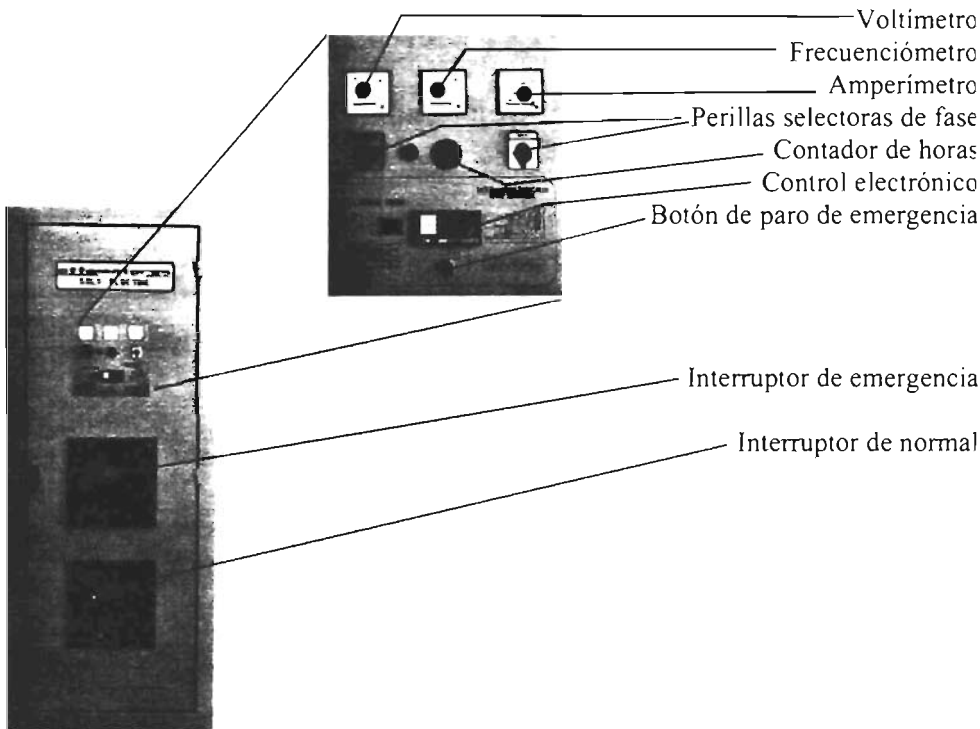


Figura No. 5.59. Vista frontal de tablero de transferencia y detalle de controles.

Otro arreglo de operación del tablero es el que se observa en la figura siguiente, en este caso se pueden ver al interior del gabinete los componentes por la parte interna del mismo.

Es muy común ver que se hacen arreglos a petición de los clientes, quienes deciden sobre los tipos y marcas de los componentes de transferencia que llevarán sus equipos. Por un lado aceptando las sugerencias del fabricante o por conocer los costos beneficio de las marcas de interruptores que se fabrican en la actualidad, nótese que el interruptor presentado es un interruptor de doble tiro 12 polos y en el se conectan todas las terminales que van desde la acometida, la planta de emergencia y tablero de distribución a los bornes de conexión que se encuentran ubicados en el mismo cuerpo del interruptor. De tal manera que el accionamiento mecánico de este tipo de interruptor es interno y esto representa una gran diferencia con respecto al arreglo de la figura anterior, ya que si hubiera una falla en uno de los dos interruptores, sólo se cambiaría el interruptor dañado sin dejar desprotegido el sistema, cosa que no sucedería en el caso de un solo interruptor ya que el cambio de todo un módulo implicaría dejar la instalación desprotegida mientras se hace el cambio y por otro lado, ocasionaría mayor tiempo de trabajo en el mantenimiento.

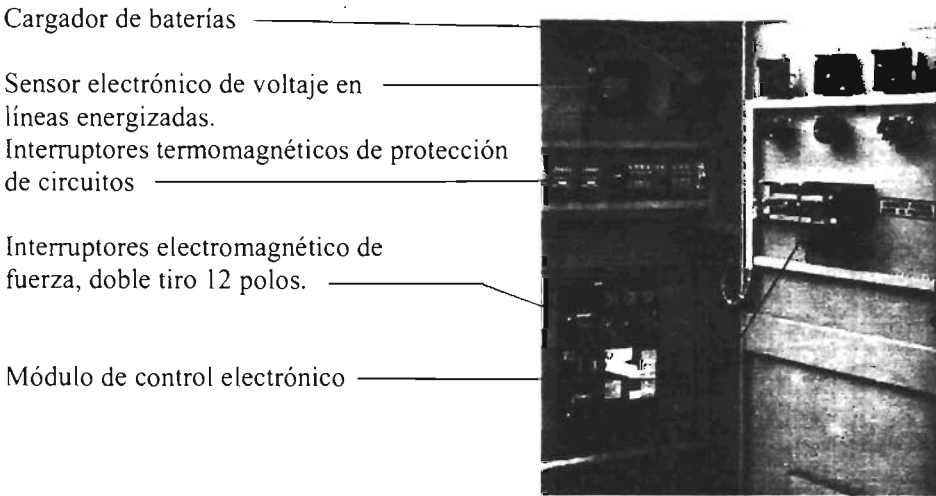


Figura No. 5.60. Vista interior del tablero de transferencia.

Los equipos trabajan por medio de un software especialmente diseñado para los módulos de control. El tablero que se muestra, es el DALE 6900, tiene una conexión a un puerto serial que se puede conectar a un MODEM o una extensión de red, para ser comunicada vía fibra óptica y poder ser monitorear el desempeño del equipo, desde una PC, como se muestra en la figura No. 5.61. Así mismo, es posible modificar todos los parámetros de operación si así se requiere desde una estación remota, controlando no solamente la operación del equipo, sino también los sistemas de abastecimiento de combustible, por medio de bombas automáticas para enviar combustible del tanque de almacenamiento a tanques de día, controlar servicios y todas las fallas que se pudieran presentar sabiendo cuales son las deficiencias, herramientas y equipos que necesita el equipo con la finalidad de optimizar tiempos de horas hombre en los trabajos de mantenimiento.

COMUNICACION REMOTA

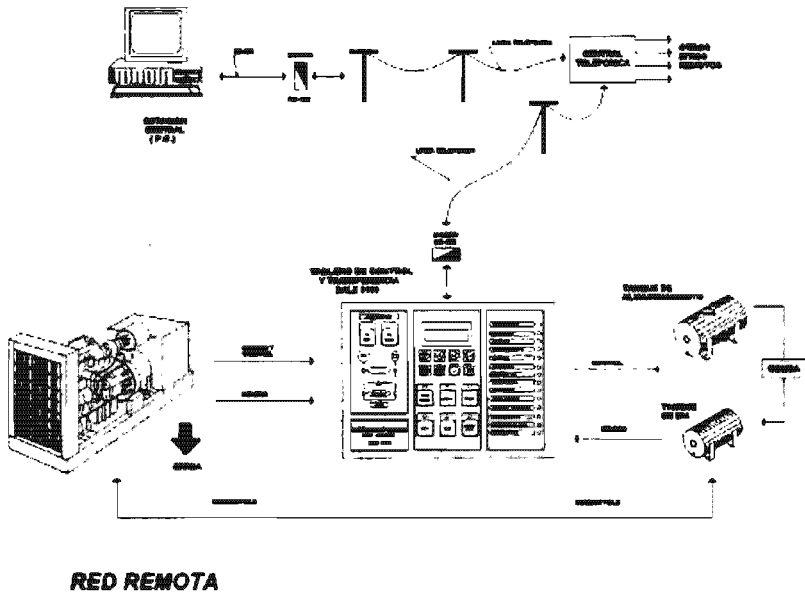
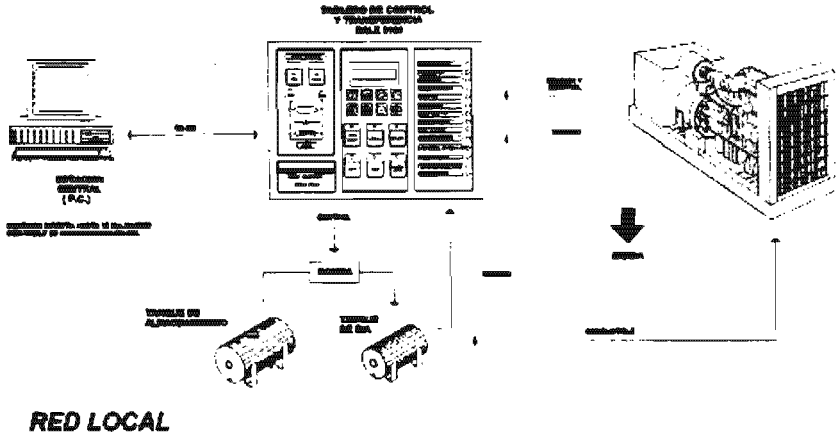


Figura No. 5.61. Tipos de monitoreo en red local y remota a equipo electrógeno.

Ahora presento los diagramas de los circuitos eléctricos de conexión y control que muestran la ubicación y el tipo de arreglo que tienen en los diferentes componentes del sistema, además se enlistan haciendo una breve explicación de sus características.

- 5.1. **Diagrama Principal DALE 6900:** Este diagrama muestra la identificación de las terminales del control DALE 6900, numerando las terminales se puede identificar cual de los elementos de este módulo electrónico debe conectarse con el resto de los componentes del sistema como: amperímetro, voltímetro, selectores, frecuenciómetro, etc.
- 5.2. **Diagrama de conexión de transferencia a 440:** En este diagrama se muestra cómo se debe conectar el sistema de sensor de voltaje a las líneas de alimentación de la red normal y el arreglo de conexión del transformador de potencial para la entrega de voltaje al sensor de línea.
- 5.3. **Diagrama de conexión de transformadores de corriente:** En este diagrama se muestra el arreglo de los transformadores tipo dona que se colocan en las fases de alimentación del generador para sensar la corriente entregada por el mismo, y la conexión del sensor del interruptor de sobre corriente
- 5.4. **Diagrama de conexión de medidores de voltaje y corriente:** Se muestra el arreglo de la conexión de los selectores de voltaje y amperaje y sus carátulas.
- 5.5. **Diagrama de conexión de fuerza en la unidad de transferencia:** En este diagrama se muestra de manera general como se deben conectar las fases del lado de normal y las reemergencia.
- 5.6. **Diagrama de conexión del precalentador:** Este diagrama es muy sencillo ya que muestra cómo se debe de conectar una resistencia eléctrica que al estar energizada genera calor para calentar el sistema de agua y de esta manera la maquina no arranque a una temperatura menor a la que debe arrancar después de estar por periodos largos de paro.
- 5.7. **Diagrama de conexión de la unidad de sensen:** En este diagrama se muestran las terminales numeradas con sus nomenclaturas de conexión para monitorear la falta o existencia de energía eléctrica en las fases de alimentación de la red normal.
- 5.8. **Diagrama de conexión de cableado estándar en motores a diesel:** Este diagrama muestra cuales cables se deben conectar con la marcha, las baterías, amperímetro de baterías, etc., así como la nomenclatura de los bornes de conexión al módulo de control automático.
- 5.9. **Diagrama reconexión de transferencia 125-4000 amperes master pack:** Recordemos que el tablero de transferencia cuenta con interruptores electromagnéticos tipo master pack, este tipo de interruptores deben llevar un arreglo independiente de conexiones como lo muestra el diagrama y en donde se muestra los bornes de conexión al modulo de control automático para su disparo de apertura o cierre.

Como hemos observado en los diferentes diagramas, el módulo de control automático DALE 6900, tiene el control completo de la máquina, lo que lo hace un instrumento muy importante para el sistema de transferencia, ya que conociendo como opera este módulo en sus principios básicos, es sencillo explicarse como trabaja el equipo y todos los componentes en su conjunto.

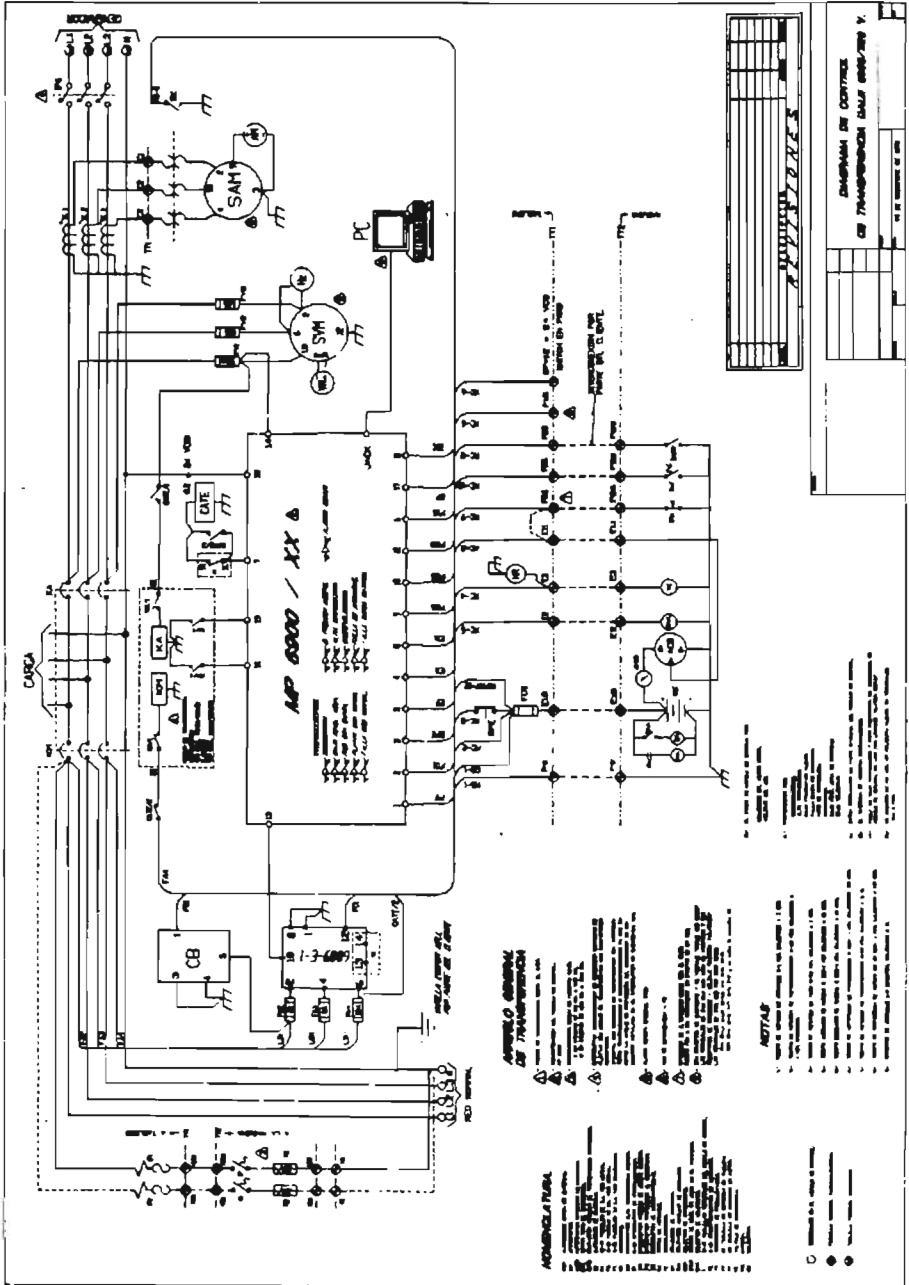
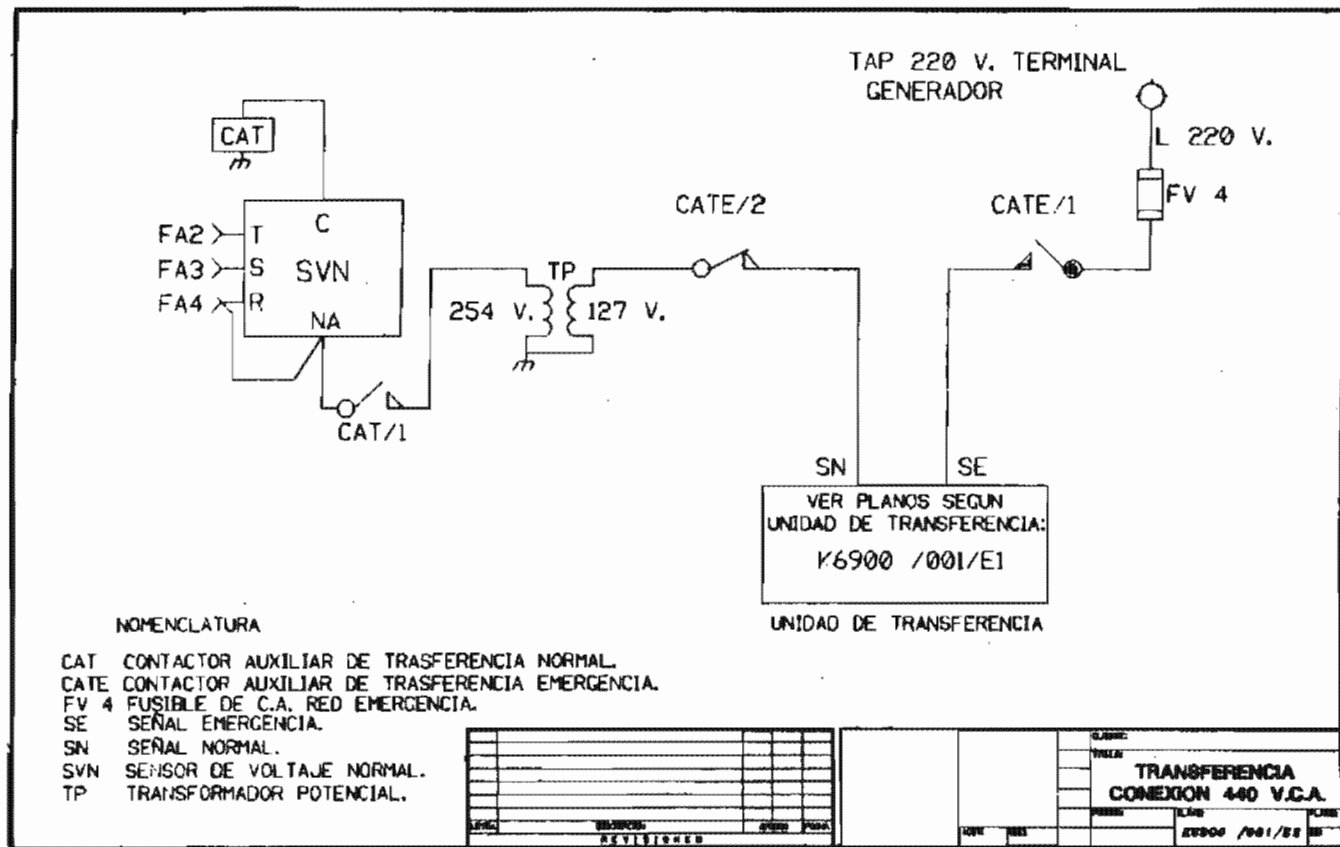


Diagrama No. 5.1. Principal módulo DALE 6900.



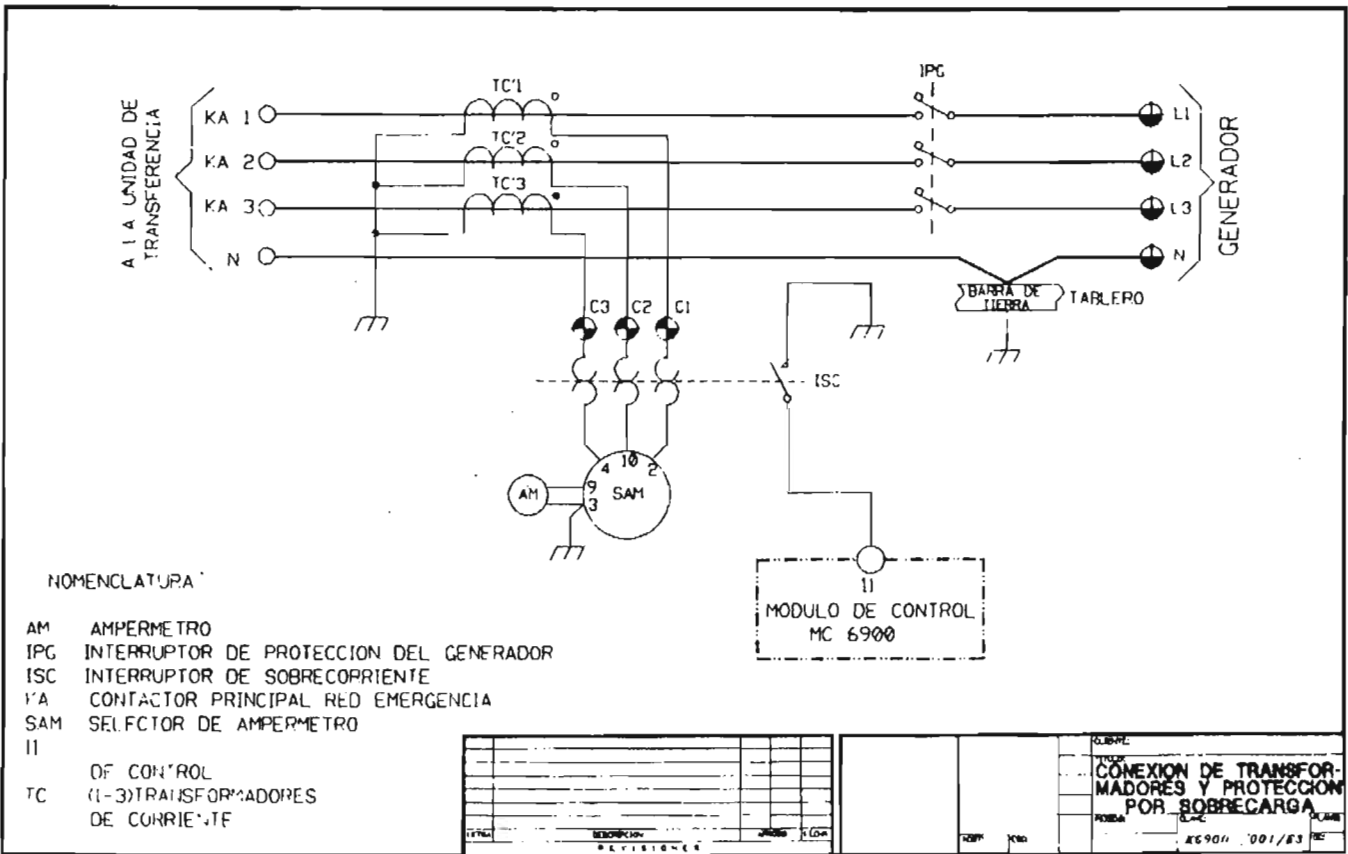
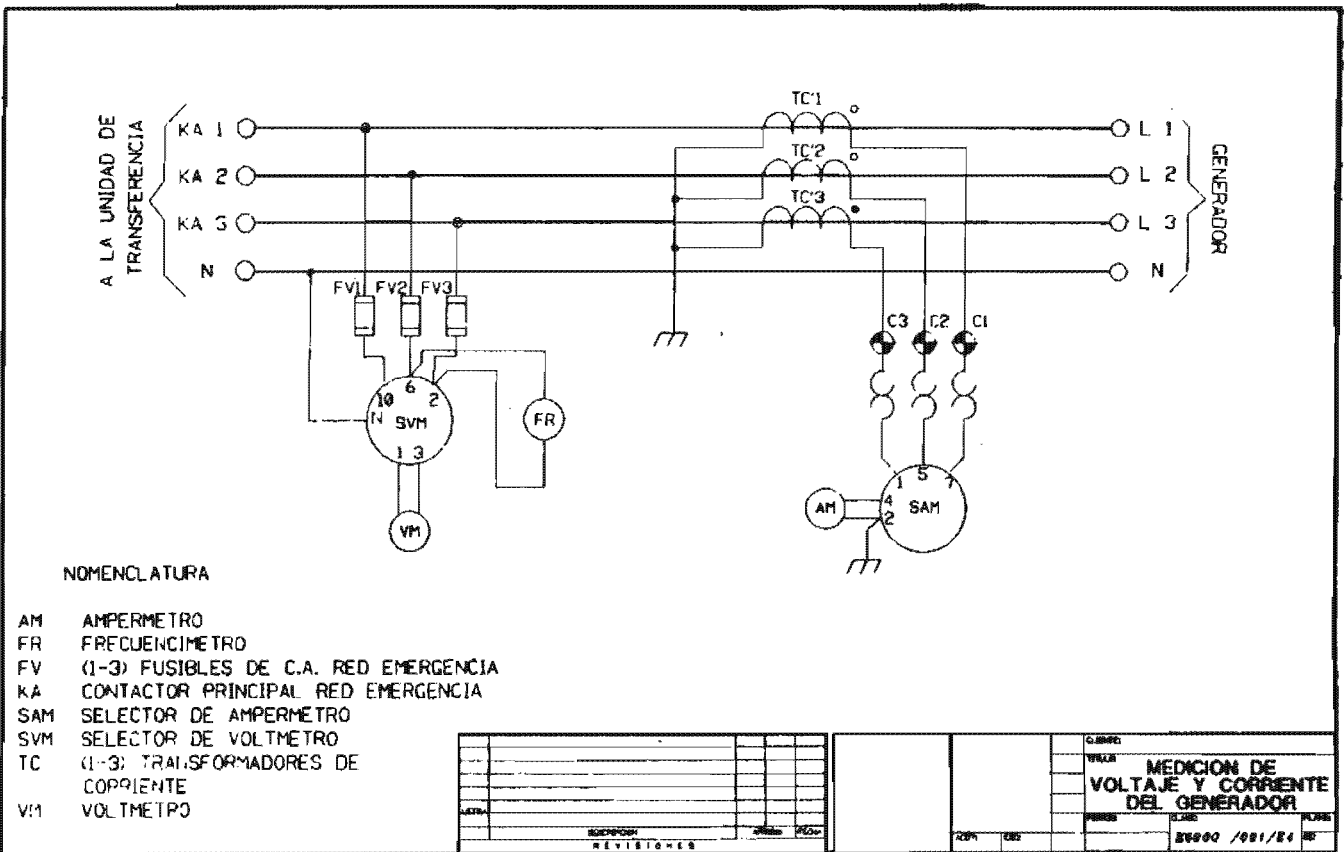


Diagrama No. 5.3. Conexión de transformadores de corriente.



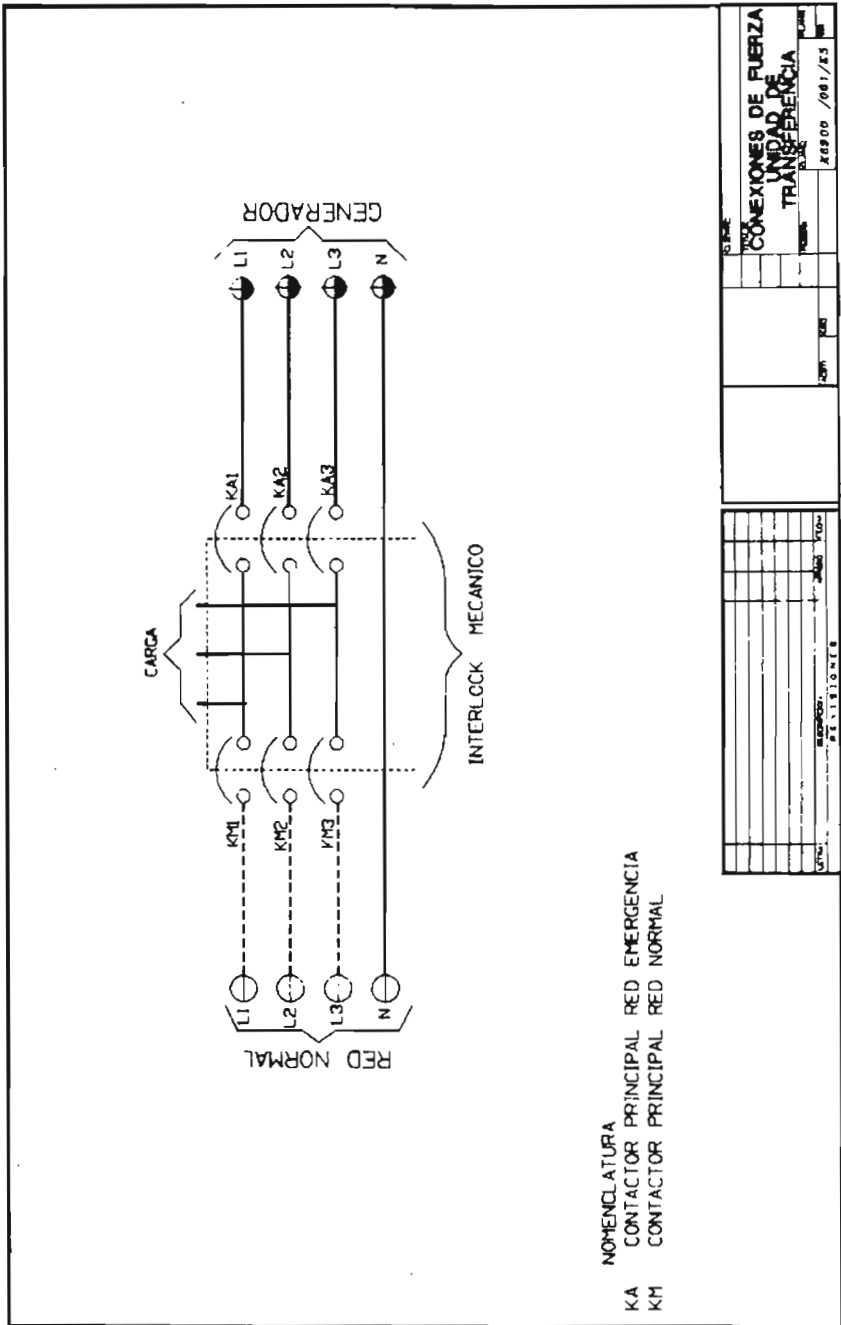
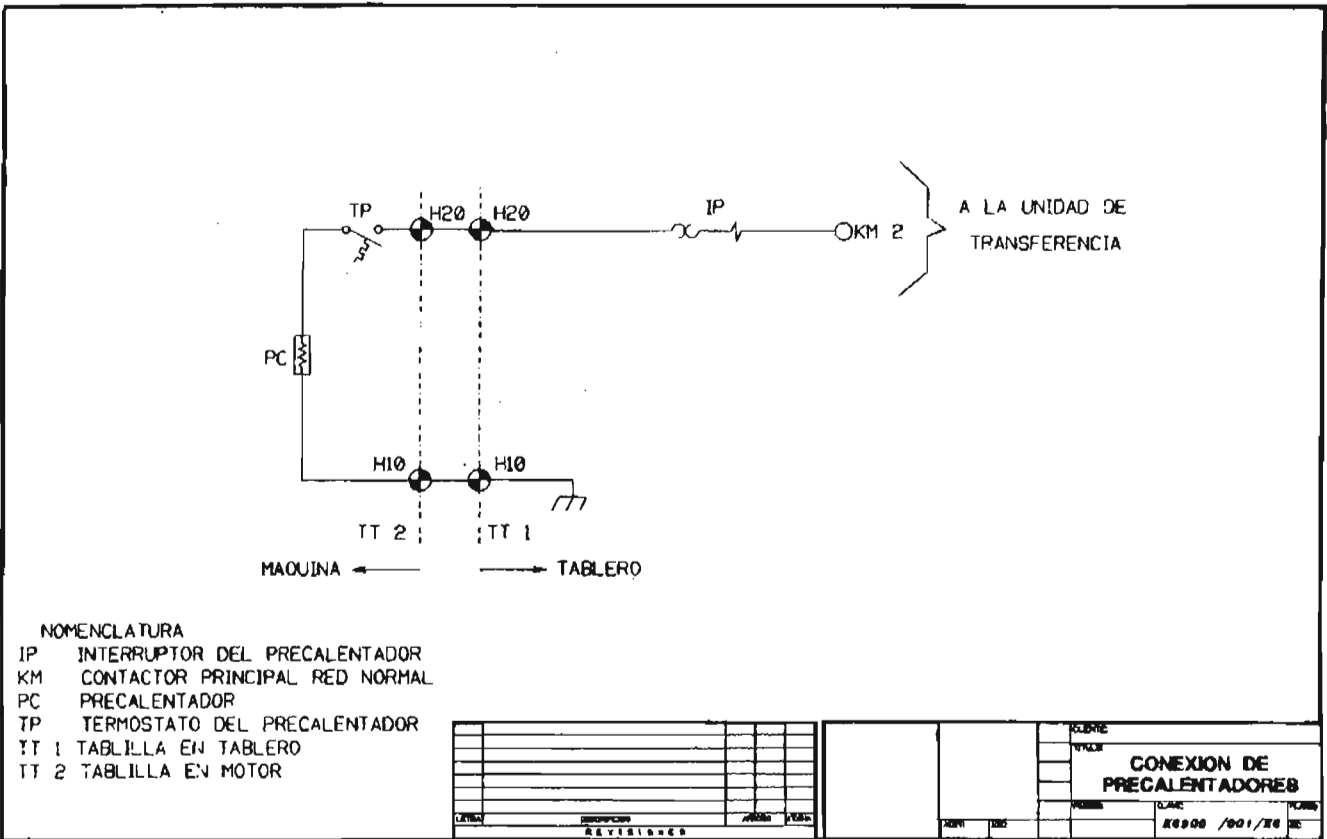


Diagrama No. 5.5. Conexión de fuerza en la unidad de transferencia.



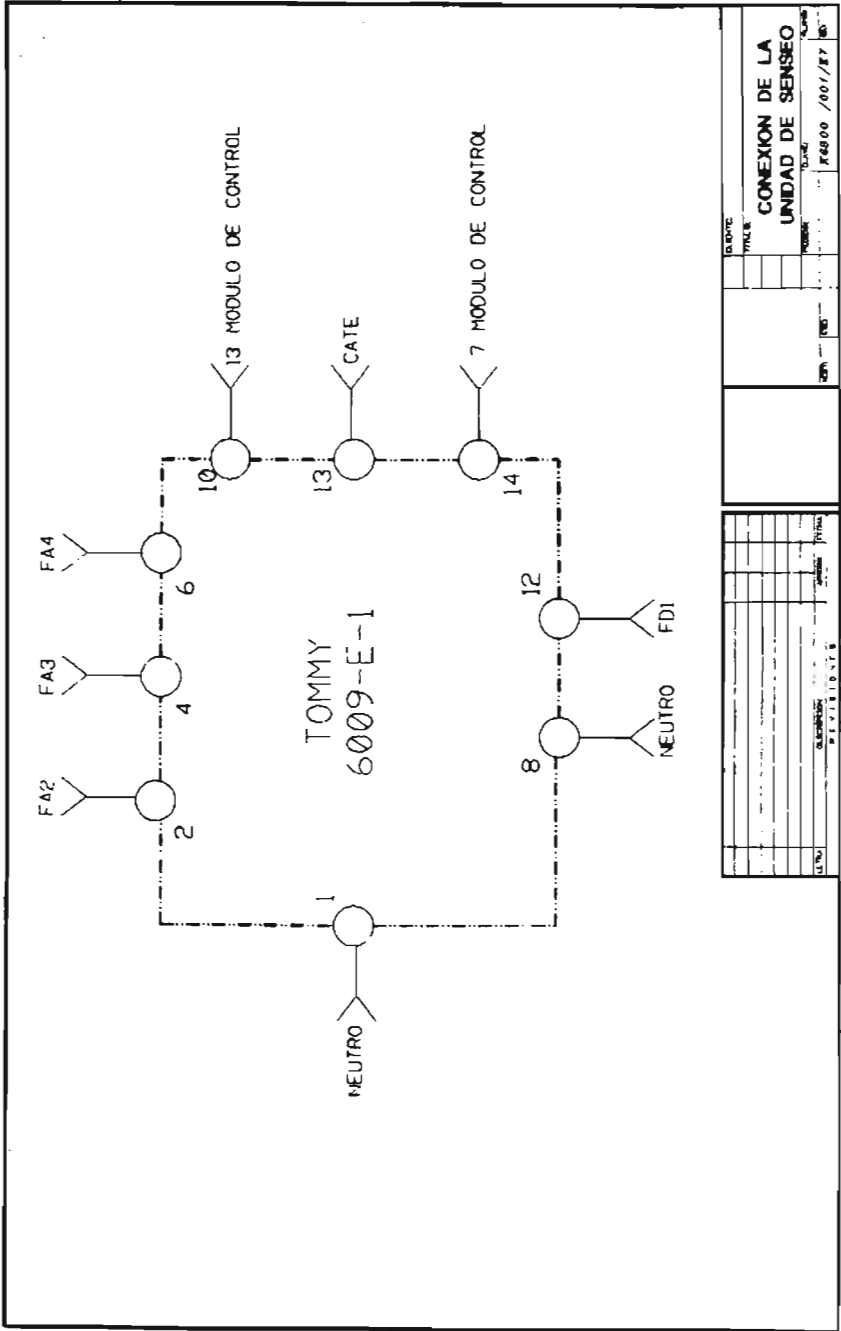
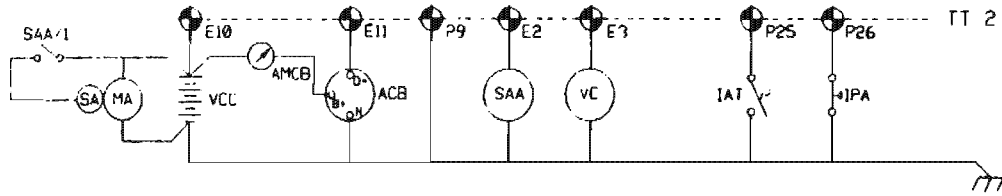


Diagrama No. 5.7. Conexión de la unidad de senso.

Diagrama No. 5.8. Conexión de cableado estándar en motores diesel.



NOMENCLATURA

- AMCB AMPERMETRO CARGADOR DE BATERIAS
- IAT INTERRUPTOR ALTA TEMPERATURA
- IPA INTERRUPTOR PRESION DE ACEITE
- MA MOTOR DE ARRANQUE
- SAA SCLENOIDE AUXILIAR DE ARRANQUE
- ACB ALTERNADOR CARGADOR DE BATERIAS
- TT 2 TABLILLA EN MOTOR
- VC VALVULA DE COMBUSTIBLE
- VCC BATERIA

				CAL. DEL LUGAR DE USA TITAPALPA CP. 36868 TEL. 029-296-177	CAL. DEL PLANT. DONDE SE ELABORO NO. DEL PROYECTO NO. DEL DISEÑO NO. DEL AUT.	TITULO CABLEADO STANDARD EN MOTORES DIESEL	CLASE E3500 /001/ES	FECHA 10/02/1979
LEYENDA: DESCRIPCION: AMPERES: FICHA:	RETENCIONES	CONTROLADO POR:	DISEÑADO POR:	CAL. DEL LUGAR DE USA TITAPALPA CP. 36868 TEL. 029-296-177	CAL. DEL PLANT. DONDE SE ELABORO NO. DEL PROYECTO NO. DEL DISEÑO NO. DEL AUT.	TITULO CABLEADO STANDARD EN MOTORES DIESEL	CLASE E3500 /001/ES	FECHA 10/02/1979

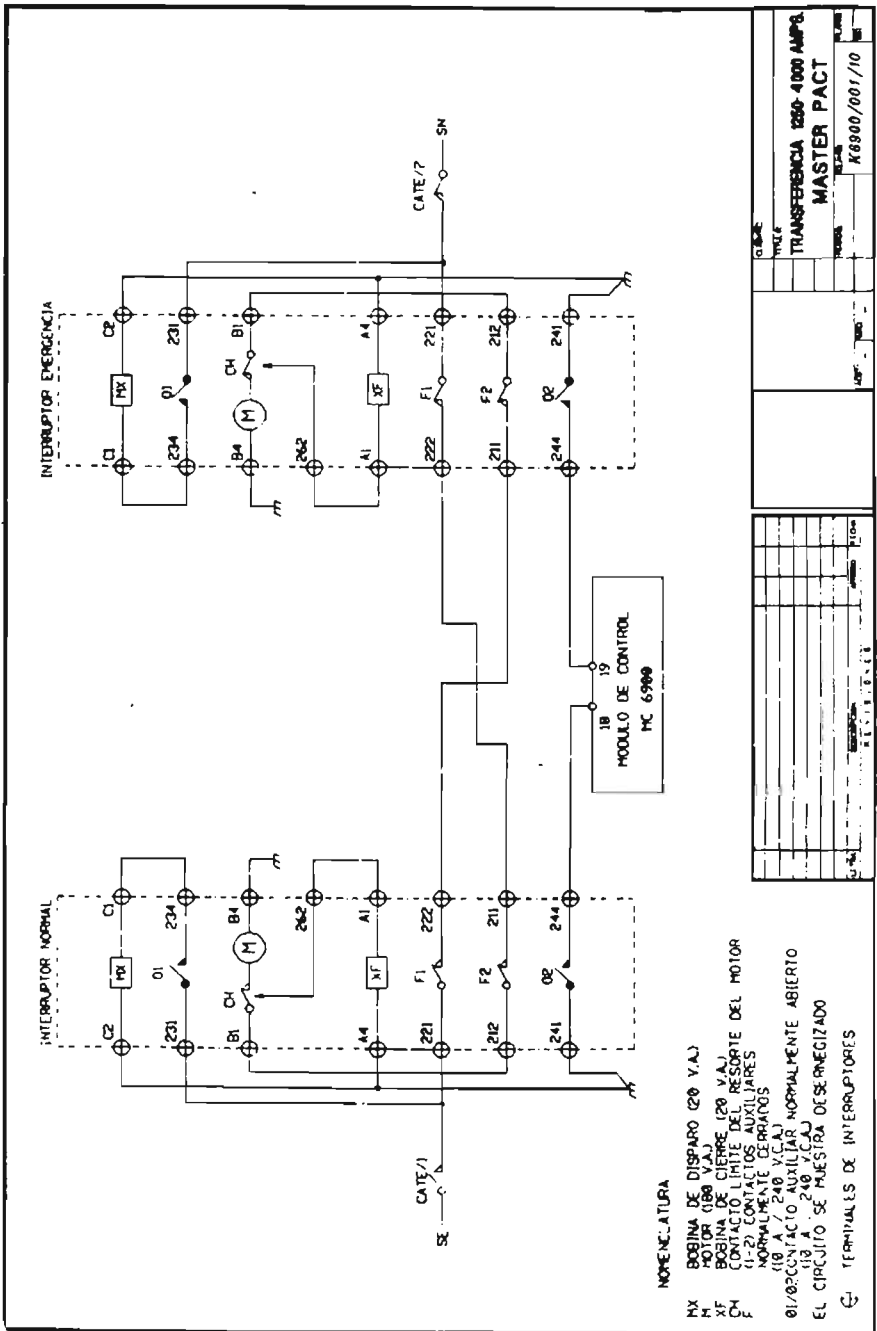


Diagrama No. 5.9. Reconexión de transferencia 125-4000A Master Pack.

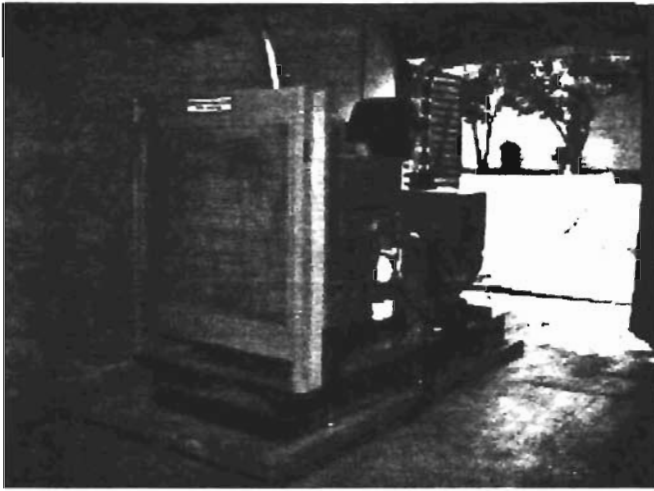


Figura No. 5.62. Vista de equipo ubicado en SE No. 3 del CC:

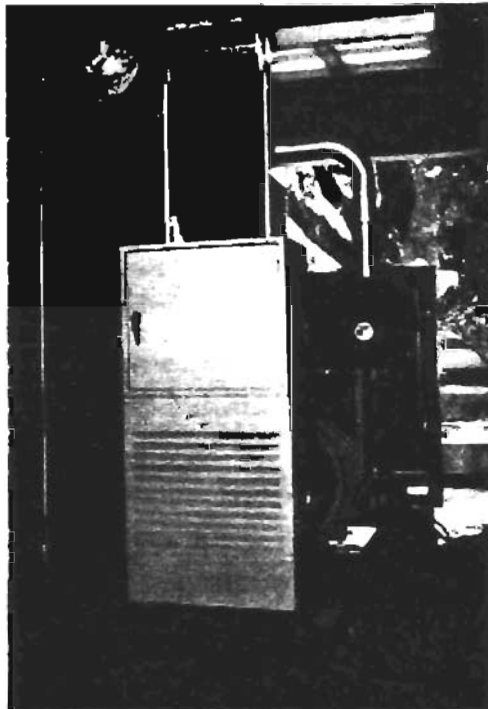


Figura No. 5.63. Vista de equipo ubicado en SE No. 5 CCA.



Figura No. 5.64. Vista interior de cuarto de SE No. 5 CCA, a la izquierda se aprecia el tablero de transferencia.

Como ya se mostró en los diagramas anteriores, los componentes de un equipo electrógeno son muchos y muy variados, y aun cuando se combinan áreas tan diferentes como la electrónica, la electricidad y la mecánica, es indispensable plantear perfectamente las bases de un mantenimiento adecuado a este tipo de equipos, con la finalidad de brindarle servicio a todas las áreas y no dejar que se pierda la secuencia de operación. A continuación hablaremos sobre el mantenimiento en estos equipos.

5.3.4. *El mantenimiento.*

Para el mantenimiento que se realiza en este tipo de trabajos lo principal es conocer sus componentes, hablaremos sobre ellos en primer lugar.

5.3.4.1. Control electrónico DALE 6900.

El control electrónico DALE 6900 está constituido por un módulo para montaje frontal. Utilizando para su operación tecnología con micro procesador, formando una unidad compacta, confiable en su operación, de fácil mantenimiento ya que incorpora conectores del tipo enchufable rápido en los cuales no es necesario desconectar ningún cable del módulo de control, evitando de esta manera posibles errores en la reconexión, así mismo todos los ajustes y calibraciones se efectúan a través de una unidad de programación manual, (hand programmer) o desde una PC con el software de calibración residente en memoria. En el módulo electrónico se han incorporado una serie de funciones, obteniendo de esta manera un control sumamente completo en funcionalidad.

Este tipo de equipos opera máquinas que generan 400 y 450 kw con un sistema de utilización de 24V de CD teniendo una sola unidad universal de voltaje de alimentación y proporciona las señales de arranque, transferencia, retransferencia, paro, protecciones y señalizaciones del equipo. Las funciones que incorpora el equipo se describe a continuación.

- 5.3.4.1.1. Señalización independiente de fallas.**
- 5.3.4.1.2. Señalización del estado de operación del equipo.**
- 5.3.4.1.3. Monitoreo de la frecuencia del generador.**
- 5.3.4.1.4. Monitoreo y control de la operación de la planta y reloj interno.**
- 5.3.4.1.5. Medición.**
- 5.3.4.1.6. Transferencia.**

El reloj interno controla las siguientes funciones.

- ◆ ACTIVACIÓN DE PROTECCIONES.
- ◆ ENERGIZACIÓN DE LA VÁLVULA DE COMBUSTIBLE.
- ◆ PROTECCIÓN AL MOTOR DE ARRANQUE.
- ◆ NÚMERO DE INTENTOS DE ARRANQUE.
- ◆ DURACIÓN DE LOS INTENTOS DE ARRANQUE.
- ◆ RETARDO DE ARRANQUE.
- ◆ RETARDO DE TRANSFERENCIA.
- ◆ RETARDO DE RETRANSFERENCIA.
- ◆ RETARDO DE PARO.

A continuación se explican las funciones de manera más detalladamente.

5.3.4.1.1. Señalización independiente de fallas.

La señalización de protecciones del equipo comprende 7 canales de falla, los cuales son dedicados a fallas particulares del equipo, en este caso se indican con un LED rojo en la carátula del equipo como señal de alarma, al momento de presentarse cualquiera de ellas y estos son los siguientes:

- | | |
|---|--------|
| A. FALLA POR ALTA TEMPERATURA DEL MOTOR | (ROJO) |
| B. FALLA POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE | (ROJO) |
| C. FALLA DE ARRANQUE | (ROJO) |
| D. FALLA POR BAJO NIVEL DE AGUA EN RADIADOR | (ROJO) |
| E. FALLA DE ALTERNADOR CARGA BATERÍAS | (ROJO) |
| F. FALLA POR SOBRE VELOCIDAD | (ROJO) |
| G. FALLA POR BAJA VELOCIDAD | (ROJO) |
| H. FALLA POR SOBRE CARGA | (ROJO) |
| I. PARO DE EMERGENCIA (°) | |

N. del A.: La operación del botón de paro de emergencia, solamente mostrará la indicación en el LED de alarma común en el módulo de control; esta falla opera sin considerar el retraso de protecciones.

Todas las fallas enlistadas anteriormente son consideradas como fallas (**críticas**), a excepción de la FALLA DEL ALTERNADOR DE CARGA DE BATERÍAS, ya que al momento de presentarse cualquiera de ellas, se provocará el paro del equipo inmediatamente. En el caso de presentarse la falla **no crítica**, como la falla de alternador de carga de baterías, se señalará en el tablero pero el equipo continuará en operación.

La falla de sobrevelocidad opera inmediatamente desde el momento que el equipo entra en operación, el resto de las protecciones operan con el retraso de activación de protecciones (protecciones activadas).

El sistema de control cuenta también con un LED indicador de alarma común, el cual encenderá en el evento de falla tanto crítica como no crítica.

A continuación se describirán las fallas críticas y no críticas

A. FALLA POR ALTA TEMPERATURA DEL MOTOR (crítica).

El valor de la temperatura nominal de operación del motor diesel depende de la capacidad de la planta, la altura de operación sobre el nivel del mar, así mismo de la temperatura ambiente en el lugar de la instalación, y deberá considerarse normal dentro del rango de 70-95 °C (158-203 °F)⁷, para las máquinas NTA855G3 y KTA19G3 el valor de falla se especifica por el fabricante del motor diesel, en caso que la temperatura de operación bajo condiciones normales sea diferente del dato mencionado anteriormente deberá ser revisado el sistema de enfriamiento del equipo.

En el caso de los equipos instalados de la FES Acatlán, los dos están calibrados a 104.4 °C (220 °F) lo que nos define un rango de protección considerable y al llegar a esta temperatura el indicador correspondiente enciende y el equipo dejará de operar.

B. FALLA POR BAJA PRESIÓN DE ACEITE. (crítica).

El valor nominal de la presión de aceite varía de acuerdo a la marca del motor, siendo la presión mínima permisible en vacío para la NTA855G3 de 10 PSI (0.70 kg/cm²) y en operación regular una presión que varía de 35 a 45 PSI (2.46 a 3.16 kg/cm²) y en la maquina KTA19 G3 es de 20 PSI (1.40 kg/ cm²) y 50 a 70 PSI (3.51 a 4.92 (kg / cm²) respectivamente, así mismo estos valores variarán de acuerdo a la marca del motor y a las condiciones de temperatura ambiente en las cuales el equipo opere y de la marca, calidad y tipo de aceite que se emplee. Para el caso de la operación dentro de las instalaciones de la FES Acatlán, la presión del aceite a un 50 % de la carga con la cual están operando actualmente los equipos es de 60 PSI (4.21 kg/cm²) en las dos máquinas.

⁷ Operation of maintenance manual. Cummins Engine Company, LTD. 8/93,6/94

Normalmente cuando un equipo se arranca en frío y debido a la alta densidad que presenta el aceite bajo esta condición, la presión podrá presentar un valor elevado que va disminuyendo conformen la temperatura del motor se incrementa hasta alcanzar la temperatura nominal de operación y el aceite se hace menos denso. Esta presión máxima es de 80 PSI (5.62 kg/cm²).

En este punto se deberá poner mayor énfasis en el valor mínimo de presión de aceite permitido con el motor trabajando en condiciones normales de temperatura, este valor no deberá ser menor a los 18 PSI (1.26 kg/cm²)⁸

Deberá ponerse cuidado en los tipos de aceites que se emplean para la operación adecuada del equipo, por lo tanto será necesario referirse a las instrucciones y recomendaciones dadas por los fabricantes en los manuales propios de los motores.

En el equipo instalado en la FES Acatlán la presión mínima calibrada en los módulos de control es de 18 PSI (1.26 kg/cm²), en este caso si el indicador se enciende, el equipo dejará de funcionar.

C. FALLA DE ARRANQUE (crítica).

La falla de arranque se presenta después de que el equipo ha realizado el número de intentos de arranque previamente ajustado (1 a 9) sin lograr entrar en operación, posteriormente se bloqueará y permanecerá en esa condición hasta que el personal de mantenimiento efectúe el reestablecimiento del mismo.

Los equipos están calibrados para realizar 3 intentos de arranque.

D. FALLA DE BAJO NIVEL DE AGUA EN EL RADIADOR (crítica).

La falla por bajo nivel de agua en el radiador, se sensa a través de un switch flotador instalado en el radiador, cuando el nivel de agua cae por debajo del switch, este abrirá el circuito dando una señal de falla, indicándonos bajo nivel de agua, el equipo posteriormente se bloqueará y permanecerá en esta condición hasta que el personal de mantenimiento efectúe la revisión y causa de la falla, renivele el nivel correcto de agua en el radiador y restablezca el sistema de control.

E. FALLA DEL ALTERNADOR DE CARGA DE BATERÍAS (no crítica).

Se presenta cuando se tiene una falla en el alternador de carga, las baterías dejan de cargarse y por considerarse como falla no crítica, ya que esto no afecta a la operación básica del motor, el indicador se encenderá, pero el equipo podrá continuar en operación.

⁸ Nota del manual técnico del micro procesador DALE 6900 6/99

Una vez que el equipo retorne a las condiciones de espera en automático, el indicador permanecerá encendido indicando al personal de mantenimiento que durante la operación se presentó la falla y que deberá ser revisado lo antes posible para evitar falla de arranque por bajo carga de baterías en el siguiente evento.

La falla descrita se sensa internamente en el módulo de control y opera siempre que el voltaje generado por el alternador de carga de baterías cae por debajo de los 22 VCD en sistemas de 24 VCD, como es el caso del equipo instalado en la FES Acatlán.

F. FALLA POR SOBREVOLUCIDAD. (crítica)

Esta falla se presenta cuando la velocidad del motor alcanza un valor predeterminado (ajuste normal de fábrica 10% sobre la velocidad de 60 Hz o 1800 R.P.M. o sea (66 Hz)) y puede ser debido a una posible falla del sistema de gobernación de velocidad o un mal ajuste del mismo.

La falla de sobrevelocidad se detecta internamente en el módulo de control DALE 6900, en este caso el indicador dedicado a esto se enciende en conjunto con el indicador de falla común y el equipo dejará de operar aún dentro del periodo en el que las protecciones no han sido activadas.

G. FALLA POR BAJA VELOCIDAD (crítica)

Esta falla se presenta cuando la velocidad del motor cae por debajo de un valor predeterminado, (ajuste normal de fábrica 15% del valor de la velocidad nominal de 60 Hz o 1800 R.P.M. (52 Hz)) y puede deberse a una posible falla del sistema de gobernación de velocidad, a un mal ajuste del mismo o a una operación con la máquina sobre cargada.

La falla por baja velocidad se detecta internamente en el módulo de control DALE 6900 y en este caso, el indicador de alarma común se enciende (no existe señalización específica de esta protección) y el equipo dejará de operar aún dentro del periodo en que las protecciones no han sido activadas.

H. FALLA POR SOBRECARGA (crítica)

Esta falla se detecta a través de un dispositivo de sobre carga bimetálico conectado en el circuito de medición, el cual sensa la relación de la corriente de carga a través de los transformadores de corriente. Cuando la corriente en el secundario de los transformadores excede el valor predeterminado en el dispositivo de sobre carga, éste operará un contacto cerrando un circuito y dará la señal al módulo de control el cual encenderá el indicador, junto con el de alarma común y se bloqueará el equipo.

En caso de que se presente esta falla deberá de restablecerse no sólo el control DALE 6900, también el dispositivo de sobre carga, oprimiendo el botón rojo instalado en el mismo.

Cuando ésta situación se presenta, es debido a un posible sobrecarga del generador, causada por un incremento incontrolado en la carga conectada al mismo, se deberá verificar que la corriente demandada por la carga no exceda la máxima corriente a suministrar por el generador.

En conjunto con la protección de sobrecarga mencionada, se cuenta con una protección adicional de sobre carga o corto circuito, instalada en el interior de la protección montado en el generador o instalada en el interruptor de emergencia de la unidad de transferencia.

I. PARO DE EMERGENCIA.

El control posee un botón rojo para el **paro de emergencia** el cual en el momento de ser oprimido, bloqueará la operación del equipo y permanecerá bloqueado en esa condición hasta que el personal de mantenimiento efectúe el restablecimiento.

Las fallas mencionadas anteriormente serán analizadas más detalladamente en la sección denominada **seguimiento de fallas**.

5.3.4.1.2. Señalización del estado de operación del equipo.

El módulo de control cuenta con señalizaciones del estado de operación del equipo y estas son:

- ◆ FALLA DE RED NORMAL. (ROJO)
- ◆ RED NORMAL CON CARGA. (ROJO)
- ◆ RED DE EMERGENCIA CON CARGA (ROJO)

5.3.4.1.3. Monitoreo de la frecuencia del generador.

El módulo de control monitorea el valor de la frecuencia que entrega el generador, para realizar las siguientes funciones:

- ◆ Desenergización del motor de arranque.
- ◆ Control de la transferencia.
- ◆ Paro por falla de sobre velocidad.
- ◆ Paro por baja velocidad.

Las funciones anteriores, el módulo de control las puede realizar también simultáneamente a través del monitoreo de la señal del PICK UP magnético, instalado en el volante del motor.

5.3.4.1.4. Monitoreo y control de la operación de la planta y reloj interno.

Para la correcta operación del control, el módulo DALE 6900 integra un reloj electrónico, el cual proporciona todos los tiempos de operación del equipo, así mismo controla la secuencia correcta en la toma de decisiones durante la operación.

Los diferentes tiempos fueron enumerados anteriormente, ahora se dará una explicación de los mismos siguiendo el orden de presentación.

◆ INTENTOS DE ARRANQUE.

El equipo posee de uno a nueve intentos de arranque, calibrables cada intento de 5 a 15 segundos, con un intervalo de descanso de la misma magnitud ajustada (ajuste de fábrica 3 intentos con 10 segundos de operación/descanso cada intento). Si después de que se han efectuado los intentos ajustados el equipo no logra entrar en operación, éste se bloqueará y se encenderá la indicación correspondiente a la falla detectada.

◆ RETARDO DE ARRANQUE.

Cuando se presenta una falla de la red normal, en el módulo de control se activa el tiempo de retardo de arranque, con el cual se evita la operación del equipo por un periodo preajustado (normalmente de 2 a 4 segundos, para el caso de los equipos instalados se calibró en 4 segundos). En el caso de que se trate de una falla eventual de la red normal (parpadeo), que no sea necesario la puesta en operación del equipo y si dentro del periodo preajustado en el módulo la red normal se restablece, el sistema regresará a la condición de stand by o espera de una nueva falla de la red normal, si la red normal no se restablece en el periodo de tiempo ajustado, el equipo iniciará la operación en automático como se describirá más adelante.

Este periodo de tiempo es ajustable y puede ser reprogramado en campo con la ayuda del programador manual.

◆ RETARDO DE TRANSFERENCIA.

Cuando la planta alcanza las condiciones idóneas de operación, esto es cuando cuenta con los valores nominales de presión de aceite, voltaje del generador, frecuencia y frecuencia del PICK UP magnético en este caso que éste se emplee, se activa el tiempo de retardo de transferencia, el cual retrasa la entrada de la carga hacia el generador.

Esto permite que el grupo establezca su operación y pueda tomar la carga sin ningún problema (Tiempo normal de operación 2 a 4 segundos para el caso de las instalaciones de la FES Acatlán el tiempo es de 4 segundos), este periodo de tiempo es ajustable en campo con la ayuda del programador manual.

◆ RETARDO DE RETRANSFERENCIA.

Cuando el equipo se encuentra trabajando en forma automática y la red normal se reestablece dentro de los límites establecidos, se activa el tiempo de retraso de retransferencia, el cual permite que la red normal se estabilice y se eviten las entradas y salidas de la misma en falso, pudiendo esto provocar daños a la carga, una vez que la red normal se ha restablecido totalmente y el tiempo de retraso de transferencia ha transcurrido, se efectuará la retransferencia de la carga desde el generador hacia la red normal, quedando la planta en vacío y activando en seguida el tiempo de retraso de paro.

En caso de que durante la operación del tiempo de retraso de retransferencia, fallara la red normal nuevamente, el equipo reiniciará la activación del tiempo respectivo de retransferencia y la planta continuará en operación alimentando a la carga sin provocar ninguna interrupción a la misma, para el caso de las instalaciones de la FES Acatlán este tiempo de retardo de retransferencia es de 8 minutos.

Este periodo de tiempo es ajustable y puede ser reprogramado en campo con la ayuda del programador manual.

◆ RETRASO DE PARO.

Una vez realizada la retransferencia de la carga desde la red de emergencia, hacia la red normal, se activa el tiempo de retraso de paro (conocido también como tiempo de desfogue), este periodo permite que la máquina trabaje sin carga para efectos de enfriamiento, en caso de que la red normal presentara una nueva falla antes de que transcurra el periodo de retardo de paro, el control efectuará nuevamente la transferencia de la carga y la planta retornará a su condición de operación con carga en automático, en espera de que la red normal se estabilice.

Si durante el periodo de retraso de paro no ocurre ninguna nueva falla de la red normal, una vez que transcurra el tiempo de retardo de paro, el equipo habrá terminado su ciclo de operación y quedará en espera de una nueva falla comercial, el tiempo de retardo de paro calibrado para las maquinas instaladas en la FES Acatlán es de 8 minutos.

Este periodo de tiempo es ajustable y puede ser programado en el campo con la ayuda del programador manual.

◆ ACTIVACIÓN DE PROTECCIONES.

Después de que se ha recibido la señal de arranque, los canales de falla por baja presión de aceite y alta temperatura de agua son inactivados hasta que las condiciones de operación sean alcanzadas por el equipo, esto es, que los valores de velocidad y presión de aceite alcancen sus valores nominales.

El periodo de tiempo es ajustable con un programador manual.

◆ ENERGIZACIÓN DE VÁLVULA DE COMBUSTIBLE.

La válvula de combustible se energiza $\frac{1}{2}$ segundo antes que se energice el motor de arranque (marcha), evitando de esta manera, que la caída de voltaje generada al energizar el motor de arranque (marcha) afecte la correcta operación de la válvula de combustible o del gobernador electrónico, en caso de que el equipo cuente con éste.

◆ PROTECCIÓN AL MOTOR DE ARRANQUE.

La protección al motor de arranque (marcha) opera una vez que se ha dado la señal de paro, el control inhibe la operación del motor de arranque por un tiempo ajustable para evitar que se energice y opere cuando se encuentra girando el motor diesel, evitando de esta manera, daños a la marcha o al bendix o al volante motriz (cremallera). En el caso que el motor diesel no pare totalmente dentro del periodo establecido, el equipo se bloqueará por falla de paro y será necesario verificar cuál fue la causa que originó el problema descrito.

◆ SAQUE DE MARCHA.

El saque de marcha o desenergización del motor de arranque, se efectúa por cualquiera de las formas siguientes. Cuando la frecuencia del generador alcanza 20 Hz (33%).

Cuando la presión de aceite alcanza un valor nominal de operación (apertura del switch de presión de aceite), solo plantas con sistemas de arranque de 24V.

Cuando la frecuencia del PICK UP magnético (en caso que se emplee), alcanza las 600 R.P.M.

◆ MONITOREO DE LA RED NORMAL.

Un sensor electrónico de voltaje ajustable para alto y bajo voltaje sensa las tres fases de la red normal, para que en caso de que ésta falle o salga de los límites especificados por el cliente, proporcione automáticamente la señal de arranque del grupo electrógeno y de esta manera proteger la carga.

Por medio de un LED indicador "falla de red", se señaliza en caso de que una fase o las tres fases salgan de los límites especificados, indicando que existen problemas con la red normal, si la planta se encuentra en posición de automático y se tiene entonces una falla de la red normal, el grupo la detectará y arrancará después del tiempo ajustado para el retardo de arranque y efectuará la transferencia de la carga al generador, mantendrá el senseo de la red normal para que una vez que ésta se encuentre dentro de sus límites, efectúe la retransferencia y el paro del equipo automáticamente.

Cuenta también con dos LEDS indicadores de red normal alimentando a la carga y generador alimentando a la carga, esta señalización nos muestra el estado actual de la unidad de transferencia.

Más adelante se detallará la forma de operación automática.

El equipo cuenta también con un cargador de baterías de estado sólido automático de 3 amperes, alimentado de una fase de la red normal para mantener las baterías en las condiciones de flotación durante el tiempo que la planta permanece en espera de una falla de la red normal, de esta forma, las baterías se mantendrán totalmente cargadas para evitar posibles fallas del grupo cuando se requiera que éste opere.

Cuando la planta entra en operación, el alternador de carga de baterías es el que se encarga de recuperar la carga que estas hayan perdido durante el arranque y mantenerlas totalmente cargadas para el siguiente evento.

5.3.4.1.5. Medición.

La medición que contiene el tablero de control DALE 6900 solamente está enfocada a registrar los valores proporcionados por el mismo equipo para lo cual cuenta con:

- ◆ **Contador de horas:** Este es de cuarzo el cual acumula el tiempo de operación del equipo para proporcionar el mantenimiento adecuado según el tiempo trabajado, acorde a las instrucciones del fabricante es conveniente llevar una bitácora de operación del equipo.
- ◆ **Voltímetro con selector de fases:** Este sirve para tomar la lectura de voltajes del generador en las tres fases (fase a fase y fase a neutro), el voltímetro es de la escala adecuada de acuerdo al voltaje del generador para el sistema (de 0 a 600V CA). El voltímetro normalmente está conectado a través de los fusibles de protección FV1-FV2-FV3 al interruptor de transferencia del lado del generador, para ver más detalles ver diagrama No. 5.4.
- ◆ **Amperímetro:** Este debe ser de la escala adecuada (0 a 1600A) de acuerdo a la capacidad del grupo para obtener las corrientes en las tres fases proporcionada por el generador, en conjunto con 3 transformadores de corriente de la capacidad de 1600A los cuales se colocan directamente a las tres líneas de carga y se conectan en tablillas en las terminales C1, C2, C3, para ver mas detalles ver el diagrama No. 5.3., junto con el amperímetro se conecta un selector para elegir la lectura de la corriente en una fase determinada.
- ◆ **Frecuenciómetro:** Para revisar la frecuencia del grupo se tiene un frecuenciómetro con una escala de 57 a 63 Hz, para calcular la velocidad en R.P.M. se tiene que multiplicar la frecuencia (Hz) x 30.

5.3.4.1.6. Transferencia.

El tablero de control cuenta con una etapa de transferencia, la cual esta formada por:

- ◆ Un sensor de voltaje electrónico, el cual sensa las tres fases de la red normal, calibrable para alto y bajo voltaje.
- ◆ Un retardo de transferencia, controlado por el módulo de control, el cual retarda la operación de la planta con carga, acorde a lo descrito anteriormente.
- ◆ Un retardo de transferencia, controlado por el módulo de control, el cual retarda la entrada de la red normal una vez que ésta ha estabilizado, acorde a lo descrito anteriormente.
- ◆ Un retardo de paro, el cual retarda el paro del grupo una vez efectuada la retransferencia, para que éste trabaje en vacío para efectos de enfriamiento, según la descripción proporcionada anteriormente.
- ◆ Un contactor auxiliar de transferencia en emergencia (CATE), el cual se emplea para formar un interlock o bloqueo eléctrico entre las señales de transferencia de normal y emergencia, así mismo sirve para que las señales de la transferencia no pasen a través del módulo de control. ver detalle en el diagrama E10 Transferencia de 1250-4000 Amps con elemento electromagnético.

En el equipo de la planta de emergencia del centro cultural Acatlán se tiene instalado un interruptor electromagnético con capacidad de 1600 Amps. mismo que conjuntamente con el dispositivo de sobre carga (ISC) proporciona mayor protección y confiabilidad al equipo (Dicho interruptor se encuentra montado en el generador). Se cuenta también, con una protección por sobrecarga para el dispositivo precalentador del equipo, para que de esta manera sea más sencillo el mantenimiento o el cambio del precalentado, ver diagrama No. 5.6.

5.3.4.2. Secuencia de operación automática.

El sensor de voltaje mide a través de los bornes 2,4 y 6, continuamente el voltaje de la red comercial, teniendo como protección los fusibles FA2, FA3, FA4, si las tres fases tienen el valor nominal, el contacto cerrado (8-10) del sensor de voltaje se abre, retirando la señal de referencia de tierra al módulo de control (borne MC-13), indicando que la red normal está presente, apagando el indicador de la falla de red, así mismo se manda señal de transferencia a la unidad de transferencia a través del contacto cerrado CATE/2, energizando la bobina del contactor de carga normal "KM" (o el motor de unidad de transferencia en caso de tener la unidad de transferencia con interruptores termomagnético o electromagnéticos).

También abre el contacto entre las terminales 13 y 14 del mismo sensor, inhabilitando la operación del contactor auxiliar de transferencia CATE, en esta condición, el indicador rojo de red normal con carga se encenderá y la planta podrá posicionarse para una operación en automático. El interruptor de normal KM cierra sus contactos KM1-3 y la carga la toma la red comercial.

En caso de requerirse un control para arranque remoto o control de arranque programado del equipo por medio de un reloj programador semanal, se puede incluir el contacto del dispositivo programador en serie entre la terminal 10 del sensor de voltaje y la terminal MC-13 del módulo de control, ver diagrama No. 5.5.

En caso de detectar una falla en el suministro de energía eléctrica de la red normal, ésta se detectará en los bornes 2, 4, 6 del sensor de de voltaje, con lo cual se cerrará el contacto formado entre las terminales 8 y 10 del sensor, poniendo la referencia de tierra en la terminal MC-13 del módulo de control, activándose el retardo de arranque según lo descrito en párrafos anteriores. una vez que la falla de la red se ha confirmado, el módulo de control proporcionará la señal de arranque iniciando con esto el arranque inmediato del grupo, también se cerrará el contacto en terminales 13 y 14 del sensor de voltaje, habilitando la operación del contactor auxiliar CATE desenergizando la unidad de transferencia en el lado de normal (KM) y energizando para el arranque del grupo las terminales siguientes.

Se energiza el borne E2 (MC-5) el cual energiza el motor de arranque, así mismo se energiza el borne E3 (MC-4) el cual energiza al dispositivo de paro (solenoides, válvula de combustible y gobernador electrónico, según sea el caso).

Una vez que el motor diesel ha arrancado, el alternador de carga de baterías generará y alimentará la terminal E11 (MC-8) del módulo de control, con esto el indicador de falla de carga de baterías deberá permanecer apagado durante la operación del equipo. También se sensa una línea del generador en las terminales MC-14 a través del fusible FV-1 y se sensa el neutro del generador en la terminal MC-15.

La misma línea de voltaje del generador en el borne MC-14 se emplea para la detección de la frecuencia, para proteger la marcha al arranque (saque de marcha 33% de la velocidad nominal), protección por sobre velocidad 10 % de la velocidad nominal y protección por baja velocidad 15% de la velocidad nominal. El contactor auxiliar de transferencia CATE energiza a través del borne MC-7 del módulo de control, una vez que las condiciones para realizar la transferencia se han alcanzado y la planta está en condiciones de tomar la carga, (señal de corriente directa 24V).

Al actuar el CATE se tiene la operación de un interlock eléctrico formado entre los contactos CATE/1 y CATE/2, para evitar que las señales de la transferencia se presenten simultáneamente en la unidad de transferencia.

Al fallar la energía comercial, se desenergizará el contactor de normal KM abriendo los contactos KM1-3 quedando la carga sin alimentación por parte de la energía de la red normal.

Cuando el control detecta el voltaje del generador, las tres líneas se tienen a través de los fusibles FV1-FV3 en el circuito de medición descrito anteriormente, una línea pasa a través del contacto normalmente abierto del contactor auxiliar de transferencia CATE/1 (ahora cerrado por la operación del CATE), energizando la bobina del contactor de la unidad de transferencia del lado de emergencia (KA) o el mecanismo de la unidad dependiendo del tipo de transferencia de que se trate, al operar la unidad de transferencia se cierran los contactos KA1-3 alimentando entonces el grupo a la carga y quedando bajo esta condición de operación durante el periodo que dure la emergencia o la falla de la alimentación de la red normal.

La señalización que se tiene bajo condiciones de operación normal de grupo consiste en los siguientes puntos:

- ◆ El equipo deberá estar en la posición de automático.
- ◆ Deberá estar encendido el LED “PLANTA CON CARGA”.
- ◆ Se deberá encender el LED “FALLA DE RED”.
- ◆ Se tendrán los valores de voltaje, frecuencia y corriente en los medidores del equipo verificando continuamente que estos se encuentren siempre dentro de los valores especificados.
- ◆ Se registrará en el contador de horas, las horas de operación del grupo y se deberá llevar la bitácora de operación para conocer la historia del equipo, las características de las fallas y el tiempo que duran las mismas, anotar las fechas de mantenimientos preventivos realizados al equipo, como cambio de aceite, cambio de filtros, etc.

Una vez que el voltaje de la red normal se restablece dentro de los valores especificados, éste es medido en el sensor de voltaje y se abrirá el contacto formado entre ambos bornes 8 y 10 del mismo sensor, con lo cual se retira la señal de referencia al módulo de control (MC-13), iniciando éste la activación del tiempo de retraso de retransferencia. si dentro de este periodo no existe ninguna nueva falla de la red normal, el módulo de control desenergizará la terminal (MC-7) desenergizando el CATE, con la cual los contactos CTAE/1 y CATE/2 cambiarán de estado, esto es, el contacto CATE/1 cerrará habilitando la entrada de la señal de normal y el contacto CTE/2 abrirá, retirando la señal de la unidad de transferencia del lado de emergencia mandando la señal de la unidad de transferencia del lado de emergencia mandando la señal para la transferencia hacia la red normal a través del contacto CATE/2 cambiando la carga desde la planta a la red normal.

La retransferencia se realiza cuando el módulo de control desenergiza el contactor auxiliar CATE, este abre su contacto CATE/1 desenergizando la unidad de transferencia del lado de emergencia, abriendo están los contactos KA-1, KA-2, KA-3 y habilitando el cierre de los contactos KM del interruptor de la red normal, a través del contacto CATE/1 que se cierra permitiendo que energice la unidad de transferencia.

En caso de una falla de la red comercial antes de que transcurra el tiempo de retardo de retransferencia y sea efectuada la misma, el equipo solo registrará la falla y continuará alimentando a la carga sin ninguna interrupción, reiniciando la operación del tiempo de retraso de transferencia, una vez que se confirme el restablecimiento de la red normal. Una vez realizada la transferencia se activa en el módulo de control el tiempo de retraso de paro, este periodo de operación permite a la máquina trabajar sin carga en vacío, para efectos de enfriamiento, después de un ciclo con carga, evitando de esta manera el paro del equipo estando a una temperatura elevada.

En el caso de que se presentara una falla de la red normal en el periodo entre la operación de la retransferencia y la operación del tiempo de paro, ya efectuada la retransferencia, el control solo realizará la retransferencia y el grupo volverá a tomar la carga, en esta operación la interrupción al ser efectuada la retransferencia será sólo de 1-2 segundos.

Cuando la falla ocurre una vez que el tiempo de retraso de de paro ha transcurrido y el equipo ha dado señal de paro, en esta condición la nueva señal de arranque se retardará 20 segundos para dar oportunidad a que el motor diesel pare totalmente, esto debido a la inercia y evitar según lo explicado anteriormente que el motor de arranque energice y encuentre el volante del motor diesel aun girando.

En caso que se presente un problema con el paro del equipo, debido a una falla en el sistema de combustible (mal cierre de la válvula de combustible o mala operación del solenoide de paro), o en caso de equipos con gobernador electrónico, en donde se puede presentar contrapresión en el retorno de combustible, el equipo se puede quedar trabajando en bajas revoluciones, si esta situación de operación anormal prevalece más tiempo de los 20 segundos indicados para la protección a motor de arranque, el equipo se bloqueará y nos indicará en el LED de alarma común falla de paro, se deberá verificar el origen de la falla y corregir.

Esta falla de paro (señal de alarma común parpadeando) también se puede presentar en caso que el dispositivo de la presión de aceite se dañe quedando en la posición de abierto después que se ha dado la señal de paro, en esta situación, el módulo de control no detectará que el valor de la presión de aceite ha retornado a un valor bajo (interruptor cerrado) y considerará que la planta aún estará trabajando, una vez transcurridos los 20 segundos de protección y se tenga la situación descrita, se considera como un problema de paro, aún si el equipo ha parado en forma normal se deberá revisar el dispositivo de presión de aceite.

5.3.4.2.1 Operación manual.

El interruptor de operación posee tres posiciones que son:

- ◆ Paro.
- ◆ Operación automática.
- ◆ Operación manual.

En la posición de PARO, el grupo no arrancará bajo ninguna circunstancia y es ideal para que se efectúen los servicios de mantenimiento tanto preventivos como correctivos, por lo tanto es recomendable que se retire la llave mientras duran estos servicios.

En la posición de AUTOMÁTICO, el equipo trabajará según lo descrito en párrafos anteriores durante un evento de falla de la red normal.

En la posición MANUAL, el equipo trabajará cuando el personal de mantenimiento lo requiera y esta operación no interferirá con la operación automática, ya que cuando se trabaje el equipo en forma manual, no ocasionará trastornos en la carga por interrupciones imprevistas, así mismo, esta operación mejora las condiciones de mantenimiento de la misma.

Las protecciones que posee el equipo en su totalidad operarán indistintamente tanto en la forma de operación manual como automática, dando como resultado que la confiabilidad del equipo aumente ya que con este tipo de supervisión de operación se reduce considerablemente el riesgo de fallas o averías.

5.3.4.3. Secuencia de localización de fallas.

La mayoría de las fallas que ocurren en un grupo electrógeno son debidas al deficiente o nulo mantenimiento a las que se ven sometidas, ya que la importancia de un adecuado mantenimiento es el factor preponderante para obtener del grupo la mayor eficiencia, el menos número de fallas, una vida útil más larga y la prevención de daños mayores, lo que repercutiría en altos costos de reparación así como largos tiempos en los servicios de reparación.

Hay que tener presente, principalmente que el mantenimiento preventivo o correctivo deberá ser realizado por personal capacitado y responsable de su función para no incurrir en mayores daños al equipo o al personal operador.

En algunos casos las fallas provienen de los fusibles que el equipo tiene para su protección, por lo tanto antes de proceder con el seguimiento de fallas analizaremos los fusibles y sus funciones para tratar de reducir el tiempo de revisión en el equipo, por ejemplo:

- 1).- La planta no arranca.
El control no energiza.

Los LED's indicadores no encienden.

Revisar el fusible FD1 que es el fusible de protección del módulo de control y de todo el circuito de CD.

- 2).- La planta no genera.
No se realiza la transferencia.
El control se bloquea por falla de generación.
No se tiene lectura en el circuito de medición.
La frecuencia no se registra en el frecuenciómetro.

Revisar los fusibles FV1-FV3. Estos fusibles son los de protección del circuito de monitoreo y medición del generador, así mismo revisar el ajuste y el fusible del regulador de voltaje.

- 3).- No se efectúa la transferencia.
Se señala falla de red.
La planta arranca en automático con presencia de la red normal.

Revisar los fusibles FA2-FA4, estos son los fusibles de protección y senseo de las tres fases de la red normal.

- 4).- El cargador de baterías no carga la batería.

Revisar el fusible de protección del cargador de baterías FA2.

Los fusibles del tablero de control descritos son del tipo de interruptores termomagnéticos.

Valores de los fusibles del tablero de control.

FD1	10 AMPS.
FA4 y FV1	10 AMPS.
FA2-FA3	2 AMPS.
FV2-FV3	2 AMPS.

El fusible del regulador de voltaje deberá ser revisado y sustituido de acuerdo al tipo de regulador de que se trate (ver manual específico de regulador).

En algunos casos se tendrá el tablero de control con fusibles de vidrio tipo americano y en otros se tendrá con fusibles tipo interruptor termomagnético, verificar que tipo de fusibles posee su equipo, para que en el primer caso se sustituyan por fusibles de valor adecuado, nunca por alambres o puentes que sobrepasen la capacidad del sistema, en el caso de los interruptores termomagnéticos, será necesario solamente, reestablecer la pastilla.

5.4.3.4.4. Seguimiento de fallas.

5.3.4.4.1. Falla de arranque.

NOTA: Todos los voltajes indicados en la presente sección deberán ser leídos + 24 volts.

A1- Revisar el voltaje de la batería, si es bajo visualizar el estado de la misma y cargar o sustituir por una nueva según se requiera, si se encuentra correctamente pasar al punto A2.

A2- Revisar las conexiones de los bornes de las baterías, que no se encuentren flojas o sulfatadas, así mismo revisar el voltaje positivo de (+ 24 volts) en la terminal E10 en la tablilla de interconexión entre la máquina y el tablero. Si las conexiones no son seguras habrá que corregir, si están correctas pase al punto A3.

A3- Revisar el fusible de protección del circuito de CD. FD1 si está abierto o dañado, reestablecerlo o cambiarlo por uno de la capacidad adecuada, si está correcto pase al punto A4.

A4- Revisar el voltaje (24 volts) en los bornes MC-2 y MC-3 del módulo de control. Verificar la correcta operación del botón de paro de emergencia. Si se encuentran correctos pasar al punto A6 ya que el módulo de control sí está recibiendo la alimentación adecuadamente.

A5- Revisar la continuidad según el diagrama de control entre las terminales del módulo de control y las conexiones a los dispositivos auxiliares del tablero, como botón de paro de emergencia, fusibles de protección, tablilla terminal, etc.

A6- Revisar (+ 24 volts) el borne MC-5 del módulo de control, la terminal E2 de la tablilla de interconexión al motor diesel y el borne positivo del solenoide auxiliar de arranque SAA. Revisar (+24 volts) el borne MC-4 del módulo de control, la terminal E3 de la tablilla de interconexión al motor diesel y el borne positivo del solenoide de corte combustible, válvula de combustible o gobernador electrónico según se trate.

En la terminal E2 se tiene la señal que energiza el motor de arranque.

En la terminal E3 se tiene la señal que energiza el dispositivo de paro.

Si estos puntos están correctos pase al punto A7.

Si no concuerdan los valores esperados, verificar conexiones de acuerdo al diagrama y corregir.

A7- Al cerrar el SSA éste energiza el automático del motor de arranque, revisar la correcta operación del motor, revisando que haya +24 volts en la terminal del automático del motor de arranque, si no opera correctamente reparar o sustituir el motor de arranque.

A8- Si en los puntos de A1 al A7 no se corrigen los problemas correctamente, el problema puede encontrarse en el sistema de inyección del motor diesel y se deberá revisar y corregir en caso de ser necesario lo siguiente:

- Nivel de combustible en el tanque de día.
- Revisar las líneas de combustible que no estén rotas u obstruidas.
- Revisar el estado de los filtros de combustible.
- Estado de los filtros de aire.
- Revisión del sistema de combustible, cuidando que no existan entradas de aire hacia el sistema o fugas de combustible desde el sistema.
- Corrección y reapriete de todas las conexiones del sistema de combustible, y purga del mismo.
- Verificar que se está empleando el combustible diesel adecuado del tipo centrifugado, clase A.

A9- Si el arranque del grupo es lento y errático, se deberá revisar la temperatura del equipo en condiciones de STAND-BY, siendo esta temperatura normal entre 60 y 68 °C, si la temperatura es inferior, revisar el precalentador y en caso de ser necesario cambiarlo. Revisar el interruptor de protección del precalentador que no se encuentre abierto o disparado, en tal caso hay que reestablecerlo.

El ajuste del precalentado se efectúa en el termostato, el cual para una correcta operación del equipo deberá estar calibrado entre 60-70 °C.

Cuando la temperatura del grupo al arranque es inferior al valor especificado anteriormente, se tendrán problemas en el arranque, así mismo se tendrán problemas para que el equipo soporte la carga de inmediato en el momento de tomarla.

A10- En caso de que exista un crank pero el motor no arranque, verificar los puntos A7-A8, quite el cable E2 de la tablilla terminal (esto inhabilita la operación del motor de arranque), se deberá revisar el voltaje directamente en la válvula de combustible E3 (24V) para verificar la correcta operación de la misma. En caso de que ésta no opere, sustituirla si es necesario. Si no hay voltaje en la terminal E3 de la válvula de combustible y ya se han revisado previamente los puntos A1-A10 y todo está correcto, entonces el módulo de control se encuentra dañado, por lo tanto deberá cambiarse.

NOTA: Una vez que efectúa la revisión anterior no olvide reconectar la terminal E2 de la tablilla terminal.

5.3.4.4.2. Falla de arranque en automático al fallar la red normal.

B1- Verifique que el switch de operación se encuentre en la posición de automático, si está correcto pase al punto B2.

B2- Verifique la correcta operación del sensor de voltaje electrónico, que mande la señal de arranque al módulo de control (MC-13) cuando falla la red normal, así mismo verifique que los ajustes del sensor sean los adecuados para los umbrales en los cuales se desea la operación del equipo, si están correctos pasar al punto B3, si se encuentran desajustados, calibrar acorde a las necesidades requeridas, si se encuentra dañado, sustituir el sensor de voltaje.

B2- Revisar el resultado de los puntos A1-A10 si todo está correcto, cambiar el módulo de control.

5.3.4.4.3. La planta arranca pero no responde a la carga.

C1- Recuerde si, usted está empleando la planta en condición de operación manual y la red normal está disponible, entonces la red estará alimentando a la carga y no sufrirá ninguna interferencia según lo descrito en el modo de operación manual, bajo esta condición, la planta arrancará pero no tomará la carga, si durante el periodo de operación en manual la red normal fallara, entonces el tablero de control enviará la señal a la unidad de transferencia, para transferir la carga hacia el generador.

C2- Verifique que el interruptor de protección (termomagnético o electromagnético) montado en la caja de conexiones del generador no esté disparado o abierto, (si está disparado verifique la causa). Una vez revisado reestablézcalo.

C3- Verifique el estado de los fusibles de protección FV1-FV3 y el voltaje del generador en el voltímetro (en las tres fases). Si los fusibles están correctos y no se tiene lectura en el voltímetro en ninguna de las tres fases, y el interruptor de protección del generador esta cerrado, entonces verificar las conexiones y el fusible del regulador de voltaje, también revisar el estado del mismo (para más detalles sobre la conexión del regulador de voltaje y sobre los ajustes del mismo referirse al manual propio del generador y regulador de voltaje).

C4- Verifique que el LED de FALLA DE RED se encuentre encendido indicándonos la falla de la red normal, si está apagado, la red normal está presente y el equipo no tomará la carga.

C5- Verifique el estado actual de los LEDS indicadores de red con carga o generador con carga, para determinar que alimentación se encuentra conectada a la carga a través de la unidad de transferencia.

C6- Verifique el voltaje del generador en la terminal MC-14 del módulo de control, si se encuentra correcto, pase al siguiente punto, si no regrese al punto C3.

C7- Revise el correcto funcionamiento de la unidad de transferencia, si el problema es en la unidad, ya que se requiere de una revisión más minuciosa y deberá ser revisada por personal especializado.

5.3.4.4. Protecciones.

Una rápida revisión de las probables causas que pueden ocasionar las fallas eliminaría la necesidad de proceder con este capítulo detalladamente.

El primer paso consiste en revisar todos los dispositivos de protección, que pueden ocasionar la falla, revisarlos, probarlos y de ser necesario sustituirlos por dispositivos de similares características, para no incurrir en daños al personal, al equipo o a la carga.

D1 Revisión del dispositivo de presión de aceite.

Estos equipos cuentan con un indicador de presión de aceite con contacto para falla por baja presión, una inspección visual nos proporcionará una idea del estado actual del dispositivo bajo revisión, para probarlo se deberá realizar el siguiente procedimiento.

- ◆ Arranque el equipo en forma manual, sin carga, e inmediatamente después desconecte el dispositivo protector de la presión de aceite, revise en el manómetro que la presión se encuentre en un valor normal de operación (ver manual propio del motor diesel para mayor información sobre el valor de la presión de aceite bajo operación normal), si la presión se encuentra dentro de los valores normales especificados, con un ohmetro, revisar que el contacto del dispositivo se encuentre abierto en condiciones de operación, si éste opera correctamente pase a D2, si no opera correctamente, retire el dispositivo de presión de aceite ya que éste se encuentra en corto circuito y sustitúyalo por uno en buenas condiciones y repita la prueba.
- ◆ El contacto del interruptor deberá estar cerrado, cuando el equipo se encuentre en la posición de paro, y abierto según la descripción anterior.
- ◆ Si el valor de la presión del aceite es muy bajo o anormal, será menester comparar los valores medidos contra los valores normales de operación indicados en el manual (referirse al manual propio del motor).
- ◆ Si el dispositivo de la presión del aceite se encuentra dañado en posición abierto con la planta en paro, esto se detectará inmediatamente, ya que al requerirse el arranque en forma automática o manual del equipo, el motor de arranque no energizará, el módulo de control indicará “alarma común” indicándonos una falla de paro.

- ◆ En el mismo caso de falla de arranque ver los puntos de (A1-A12) y (B1-B2) para complementar la información sobre la falla de arranque.
- ◆ En todos los casos el dispositivo de protección baja presión de aceite es calibrable, verifique que el contacto esté cerrado aproximadamente a las 18-20 lbs /inch², con la planta en paro.

D2- Revisión del dispositivo de protección por alta temperatura.

Estos equipos cuentan con un indicador de temperatura del refrigerante, con contacto para falla por alta temperatura integrado, una inspección visual del mismo, nos proporcionará una idea del estado actual del dispositivo bajo revisión, para realizar la prueba se deberá realizar el siguiente procedimiento.

- ◆ Verifique que el dispositivo de protección por alta temperatura, en condiciones de paro, se encuentre abierto al arrancar el grupo y trabajar con carga. La temperatura normal de operación, deberá ser hasta un máximo permitido de 92-96 °C. Si la temperatura no excede estos valores máximos, revisar el dispositivo de protección que no se encuentre cerrado bajo condiciones de operación con carga normal, si no se encuentra cerrado, anotar la temperatura normal de operación y pasar al punto D3, si el dispositivo ha operado, revisar la calibración del mismo, la aguja indicadora no deberá hacer contacto con el tope superior de falla, en caso que la aguja no haga contacto con el tope y aún así el contacto se encuentre cerrado, se deberá retirar y sustituir por uno en buenas condiciones de operación, ya que el dispositivo opera fuera de los límites establecidos, o el contacto se encuentra en corto circuito, una vez sustituido, repetir la prueba.

Una prueba del dispositivo de temperatura externa sin operar la planta, para revisar el valor de la temperatura a la cual opera, puede realizarse de la siguiente manera:

- ◆ En primer lugar retirar el dispositivo del motor, colocando un tapón para evitar la derrama del líquido refrigerante del motor.
- ◆ A continuación, caliente un recipiente con aceite y el contacto del dispositivo conectado a un ohmetro para revisar la operación del contacto.
- ◆ Con un termómetro vigile y registre la temperatura en el momento en que el contacto opere.
- ◆ Compare el valor medido en el termómetro, contra el valor del dispositivo bajo prueba, si estos difieren bastante, sustituya el dispositivo de protección por uno en buen estado o con lecturas acorde a las medidas en el termómetro.
- ◆ Los valores de operación de los dispositivos por alta temperatura deberán ser como se indica:
- ◆ Motores enfriados por agua 104° +/- 2 °C.

- ◆ Motores enfriados por aire (temperatura medida en la cabeza del motor) 135°C +/-3°C.
- ◆ Motores enfriados por aire (temperatura medida en el aceite del cárter del motor) 150°C +/-5°C.

Si el valor de la temperatura se incrementa peligrosamente sin causa o problema aparente debido a la máquina, verifique:

1).- Que el cuarto de máquinas tenga la ventilación adecuada para sacar el aire caliente resultado de la operación del motor y una buena entrada de aire fresco para el enfriamiento del motor, generador y la correcta combustión del motor diesel. Ver sección referente a la instalación.

2).- Que el equipo no esté trabajando con una carga mayor a la especificada en la placa de datos del mismo, ya que una condición de sobrecarga, repercutirá en un sobrecalentamiento del equipo, y en una reducción considerable de la vida útil del motor y en problemas de operación en la carga, pudiendo generar pérdidas cuantiosas.

D3- En caso de la verificación de los puntos D1 y D2, y la protección siga operando, desconecte las terminales MC-9 y MC-10 del módulo de control, y revise que no exista una conexión a tierra o corto circuito entre estas terminales y tierra.

Si aún con las terminales del dispositivo de presión de aceite y del dispositivo de temperatura (MC-9 y MC-10) desconectadas continúa bloqueándose el equipo, sustituya el módulo de control.

D4- La protección de sobrevelocidad.

El valor de la sobrevelocidad se sensa internamente en el módulo DALE 6900. Verifique si el equipo se bloquea inmediatamente al arranque, si el equipo no se bloquea a la frecuencia de operación y permanece en un valor normal 60 Hz pase al punto D5, si el equipo se bloquea será necesario reajustar o recalibrar el módulo de control o el gobernador electrónico de velocidad (ver manual de calibración interna del MC6900 y manual de calibración del gobernador electrónico).

Si el equipo no se bloquea, revise el valor de la frecuencia con el grupo operando en vacío y ajuste la velocidad de ser necesario (ver los manuales propios de motor y gobernador electrónico para ajustes precisos).

D5- Protección por baja velocidad.

El valor de la baja velocidad se sensa internamente en el módulo DALE 6900.

Cuando se opera el equipo bajo condiciones de sobrecarga, se puede originar que la velocidad del motor se encuentre en un valor anormal, si la velocidad cae por debajo de 52 Hz (15%) de la velocidad nominal, el control bloqueará al equipo, y se deberá verificar que la corriente que demanda la carga no sobrepase la corriente máxima a suministrar por el grupo. Se deberá verificar también que la programación del módulo de control sea la adecuada, así mismo la calibración del gobernador de velocidad. Si se encuentran estos parámetros correctos, pasar al siguiente punto, si no se encuentran acorde a lo esperado, si el equipo se bloquea, será necesario reajustar o recalibrar el módulo de control o el gobernador electrónico de velocidad (ver manual de calibración interna del MC6900 y manual de calibración del gobernador electrónico).

D6- Protección por sobrecarga.

El dispositivo de protección por sobrecarga se localiza en el interior del gabinete de control, a través del contacto ISC/1 del relevador de sobrecarga ISC se conecta a la terminal MC-11 del módulo de control que esta protección opera inmediatamente desde el arranque. Esto es que el retraso de activación de protecciones no interfiere con la operación de esta protección la misma es ajustable de acuerdo a la relación de los transformadores de corriente y el valor de la corriente consumida por la carga XXX/5A. (El relevador de sobrecarga se calibra entre 4-6A.).

Si al arrancar el grupo se bloquea revise que el relevador de sobrecarga no esté disparado, de ser así reestablézcalo oprimiendo el botón rojo localizado en un extremo del mismo, revise también que las conexiones de los transformadores de corriente estén debidamente conectados a las terminales C1, C2 y C3 de la tablilla de interconexión del tablero de control y el otro extremo de los transformadores de corriente conectados a tierra. Así mismo verifique que el rango de calibración del relevador se encuentre en el valor especificado. En caso de no encontrar ningún problema con el relevador de sobrecarga pase al punto D6, de no ser así verifique la correcta operación del mismo y sustitúyalo por uno nuevo en caso de ser necesario.

D7- Protección de bajo nivel de agua en el radiador.

Para efectuar un seguimiento más preciso de este punto, se deberá revisar la operación del contacto del switch de nivel instalado en el tanque superior del radiador, con el equipo en la posición de paro, verificar que el contacto se encuentre abierto, de no ser así, se deberá revisar el nivel de agua del radiador, en caso que no se encuentre en el nivel adecuado, deberá rellenar el radiador hasta el nivel indicado (una pulgada debajo de la toma), se deberá revisar también la causa probable de la pérdida o fuga del líquido refrigerante, en caso que se encuentre correcto y el equipo se siga bloqueando, verificar la conexión de la terminal P28 en tablilla hacia la terminal MC-12 del módulo de control, si esta correcto, se deberá revisar el módulo.

Si durante la operación el equipo se bloquea, se deberá revisar el nivel del líquido, ya que probablemente se encuentra bajo y origine turbulencias que provocan la operación del interruptor.

Si los puntos anteriormente descritos concuerdan correctamente con lo medido, y el equipo se sigue bloqueando, el problema se encuentra en el módulo de control, revisar y en caso de ser necesario sustituirlo.

D8- Protección de 3 intentos de arranque.

La protección por tres intentos de arranque opera indistintamente tanto en operación manual como en operación automática, los tres intentos de arranque tienen una duración de 10 segundos de operación con 10 segundos de descanso, cuando se requiere la operación del equipo y éste realiza los tres intentos de arranque sin lograr arrancar revisar los puntos indicados a continuación:

- ◆ Combustible en el tanque de día.
- ◆ Fugas de combustible en la línea.
- ◆ Filtros obstruidos o tapados.
- ◆ Líneas de combustible obstruidas o tapadas.
- ◆ No energiza la válvula de combustible (revisar).
- ◆ No energiza el gobernador electrónico (en caso que exista).
- ◆ Revisar los puntos indicados en A8-A10 y corregir.

D9- Falla del alternador de carga de baterías.

Cuando se presenta una falla del alternador de carga de baterías, ésta se indicará en el respectivo LED, el equipo continuará en operación, esperar a que el equipo pare para proceder a verificar el estado del alternador, así como del regulador de voltaje (no olvide en caso de retirar el alternador de su lugar retirar las llaves del switch de operación, para evitar un arranque improvisado del equipo y ocasionar daños al personal de operación o al equipo mismo).

El equipo cuenta con una salida de alarma (P15) terminal MC-6 del módulo de control, la cual se activará en caso de presentarse cualquier falla de las descritas anteriormente (críticas y no críticas), proporcionando la señal de alarma para operación remota, o alarma audible dentro del cuarto de máquinas. También cuenta con una salida de indicación de que el equipo no se encuentra en la posición de automático, esto es conveniente cuando se desea registrar o avisar local o remotamente, cuando el equipo se encuentra en la posición de paro (el equipo no arrancará en el evento de falla de la red normal) o en la posición manual, la señal se tiene en la terminal SA1 en la tablilla de conexiones (MC-17 en el módulo) y es de +24 volts dependiendo la alimentación del sistema, esta señal se activará cuando el switch de operación esté fuera de la posición automático.

5.3.4.4.5. Condiciones de prevención.

Condiciones preventivas que se deberán considerar al efectuar trabajos de mantenimiento tanto correctivo como preventivo, antes de arrancar el grupo así como efectuar una revisión regular.

- ◆ Nivel de aceite del motor.
- ◆ Nivel de agua del radiador.
- ◆ Nivel de combustible en el tanque de día.
- ◆ Nivel de líquido de baterías.
- ◆ Purga del tanque de día.
- ◆ Estado de la carga de la batería.
- ◆ Estado de bandas.
- ◆ Revisión y ariete de conexiones de baterías.
- ◆ Temperatura de la máquina en stand-by.

El cuarto de máquinas deberá conservarse limpio y bien ventilado, sin objetos que obstruyan o impidan el libre flujo de aire de enfriamiento, manteniendo el piso limpio y que no exista combustible o aceite derramado, mantener libre acceso al equipo y rapidez de mantenimiento.

No permitir acceso tanto a servicio como a la operación del equipo a personal inexperto o no autorizado ya que esto puede ocasionar daños graves al personal como al equipo.

Cuando se desee realizar cualquier tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo en el motor, colocar la llave del switch de operación en la posición de paro y desconectar el cable positivo de la batería en el motor de arranque (marcha), para evitar el arranque del grupo.

Asegurarse que la planta por ningún motivo trabaje bajo las condiciones siguientes:

- ◆ Bajas revoluciones
- ◆ Sobrecarga.

Ya que esto puede provocar daños al regulador de voltaje, generador principal, puente rectificador del generador y daños considerables a la carga, para evitar arrancar la máquina en bajas revoluciones, esta posee un precalentador que la mantiene a temperatura adecuada de operación para realizar el arranque sin dificultades. (Ver falla de baja velocidad).

Efectuar el mantenimiento del grupo utilizando refacciones que indique el fabricante de los equipos en su manual respectivo.

Asegurarse que el grupo se encuentre debidamente aterrizado al sistema general de tierra física, según lo indicado en los códigos y normas nacionales e internacionales vigentes aplicables.

Verificar que la carga se encuentra debidamente balanceada entre las tres líneas, ya que un desbalanceo mayor a un 10 % puede provocar daños al grupo.

Considerar arranques programados cuando el grupo no trabaje en forma automática regularmente, esto se puede corregir con la colocación de un timer de arranque automático colocado en el tablero de control.

Como hemos visto, existen técnicas de mantenimiento y programación del mismo que puede ayudar a preservar la vida útil de los equipos.

Lista de actividades por revisar por tiempos para estos equipos:

Revisión diaria:

- ◆ Limpieza del cuarto de máquinas.
- ◆ Hacer reporte de operación del equipo, observando y escuchando cualquier anomalía en el sistema.
- ◆ Ventilador de radiador.
- ◆ Nivel de anticongelante del radiador.
- ◆ Revisión de bandas del radiador y alternador.
- ◆ Tensión de las bandas.
- ◆ Drenado de tanque de combustible.
- ◆ Nivel de aceite del motor.
- ◆ Ruidos extraños.
- ◆ Revisión de operación del tablero de control.

Revisión semanal.

- ◆ Limpieza y revisión del cuarto de máquinas.
- ◆ Inspeccionar mangueras, drenado de tanques de aire, tuberías y abrazaderas
- ◆ Drenado de tanque de combustible.
- ◆ Revisión de indicador de impurezas de aire, limpieza de filtro de aire y de filtro de vacío.
- ◆ Nivel de combustible.
- ◆ Limpieza de tablero de control interior y exterior.
- ◆ Revisión de sistemas de seguridad del sistema de control.
- ◆ Pruebas del sistema de alarmas.

- ◆ Revisión de voltajes y amperajes en los equipos de transferencia en el lado del generador.

Revisión cada 250 horas de trabajo o 6 meses.

- ◆ Revisión y limpieza del compresor de aire y sus elementos, reemplazar papel o esponja del bendix.
- ◆ Reemplazar filtro de agua.
- ◆ Reemplazar válvula de vacío en tapa de punterías.
- ◆ Reemplazar filtros de aceite y combustible.
- ◆ Reemplazar aceite del motor.
- ◆ Reemplazar anticongelante del radiador.
- ◆ Apriete de terminales en el equipo de transferencia.
- ◆ Pruebas de operación en los sistemas de seguridad.
- ◆ Apriete de tornillos de las terminales en los elementos de transferencia.
- ◆ Revisión del sistema mecánico de varillas en el sistema de transferencia.
- ◆ Revisión de apriete de terminales en la salida del generador.
- ◆ Revisión de voltajes y amperajes en el generador en vacío.

Revisión cada 1500 horas o al año.

- ◆ Ajuste de válvulas de admisión y escape, punterías e inyectores.

Revisión anual.

- ◆ Revisión de baterías.
- ◆ Revisión de torque en tornillos de volante motriz.
- ◆ Reemplazo de mangueras y tuberías de agua caliente.
- ◆ Revisión de torque de tornillos de soportes a patín.
- ◆ Revisión de calentador de aceite.
- ◆ Revisión de torque de tornillos del turbo cargador.

Revisión cada 6000 horas o a los 2 años.

- ◆ Inspección del compresor de aire.
- ◆ Revisión del sistema de enfriamiento de agua y nivel de refrigerante.
- ◆ Inspección del ventilador, polea y balero del sistema.
- ◆ Inspección de poleas de bomba de agua, cigüeñal y tensora.
- ◆ Inspección de turbocargador.
- ◆ Inspección de amortiguadores de vibración.
- ◆ Inspección de bomba de agua.

Revisión cada 6000 horas o a los tres años.

- ◆ Limpieza, calibración, cambio o instalación de bomba de combustible.
- ◆ Limpieza y calibración de inyectores.
- ◆ Apriete y lubricación de la armadura del excitador, rectificador, capacitor y regulador, del generador.
- ◆ Apriete de tornillos del conmutador del rectificador del generador.
- ◆ Revisión de baleros del rotor del generador.

A continuación presentamos algunas figuras que describen los principales sistemas, más importantes que componen al motor NTA855 G3 y fotografías de los mantenimientos.

1. AFC salida de drenado.
2. Salida de combustible de retorno.
3. Inyector.
4. Dren de retorno de inyector.
5. Retorno de combustible al tanque.
6. Respiradero de tanque.
7. Manguera de succión
8. Filtro de combustible.
9. Purgador de bomba de combustible.
10. Bomba de combustible.
11. Tacómetro de aceleración.

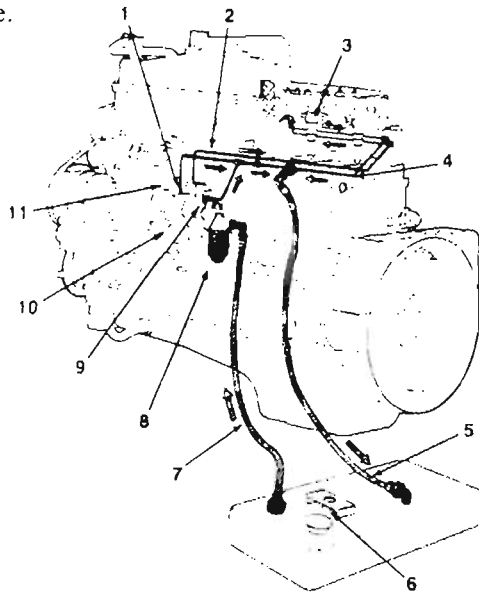


Figura No. 5.65. Sistema de combustible.

1. Bomba de aceite.
2. A enfriamiento de aceite.
3. De enfriamiento de aceite a lubricar.
4. Boquilla lubricante de pistón.
5. Tubo de distribución principal.
6. Camisa de leva.
7. A cabeza de punterías.
8. Cojinete principal.
9. A muñón de biela.
10. Retorno presurizado.

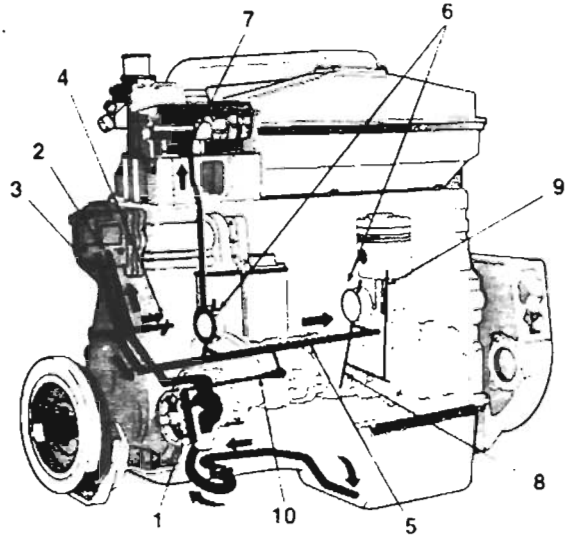


Figura No. 5.66. Sistema de lubricación "A".

1. De la bomba de aceite.
2. Válvula de cambio de paso aceite enfriado.
3. Enfriamiento de aceite.
4. Filtro de aceite.
5. A la tubo principal.
6. Filtro de aceite del By pass.
7. Suministro a turbocargador.
8. Drenado de turbocargador.

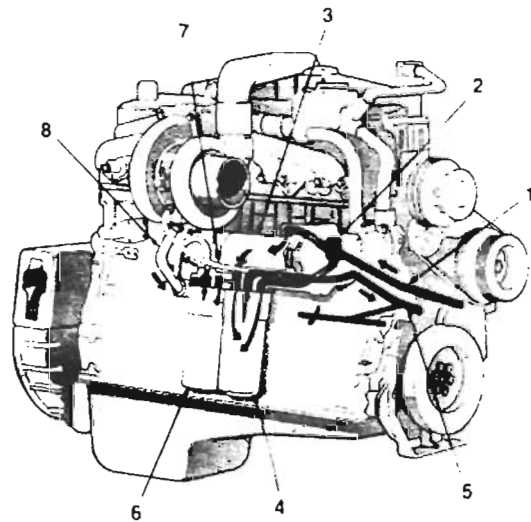


Figura No. 5.67. Sistema de Lubricación "B".

1. Bomba de agua.
2. Enfriador de aceite.
3. Diversificador de agua.
4. Enfriador auxiliar interior.
5. Enfriador auxiliar externo.
6. Termostato.
7. Bypass.
8. Al radiador.
9. Al interior de la bomba de agua.

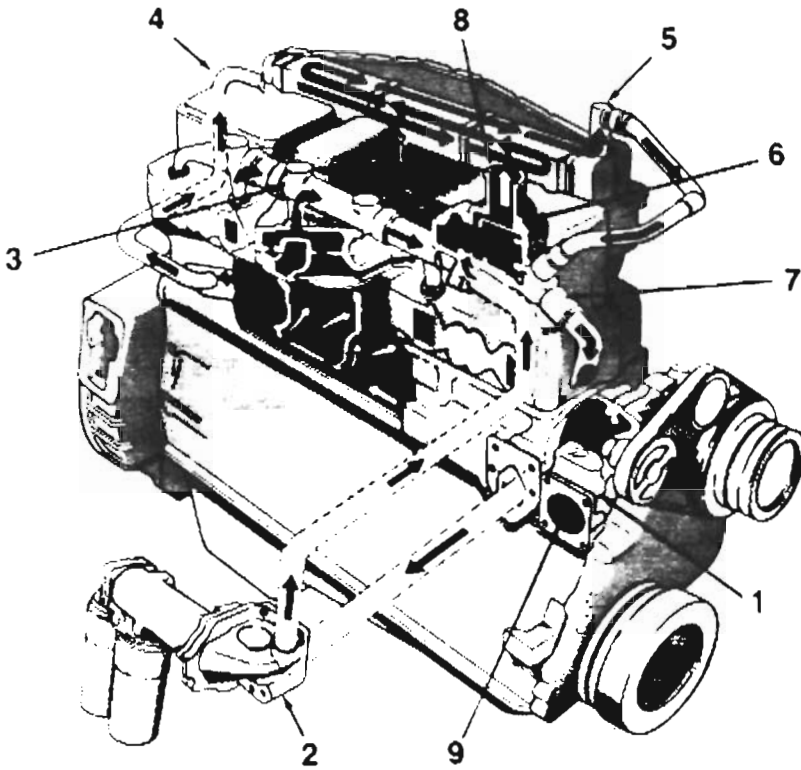


Figura No. 5.68. Sistema de enfriamiento.

Sistema al interior de la cámara de succión.

1. Entrada de aire al interior del turbocargador.
2. Cruce superior del turbo cargador.
3. Enfriador auxiliar.
4. Interior de múltiple de admisión.
5. Interior de cámara de válvulas de admisión.

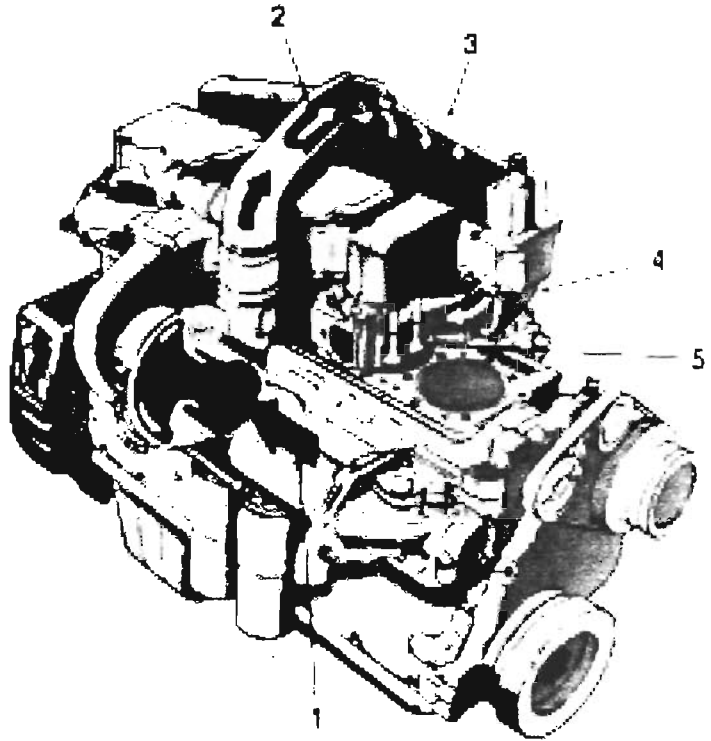


Figura No. 5.69. Sistema de aire comprimido.

1. Interior de cámara de válvulas de escape.
2. Múltiple de escape.
3. Turbocargador de desfogue de escape.

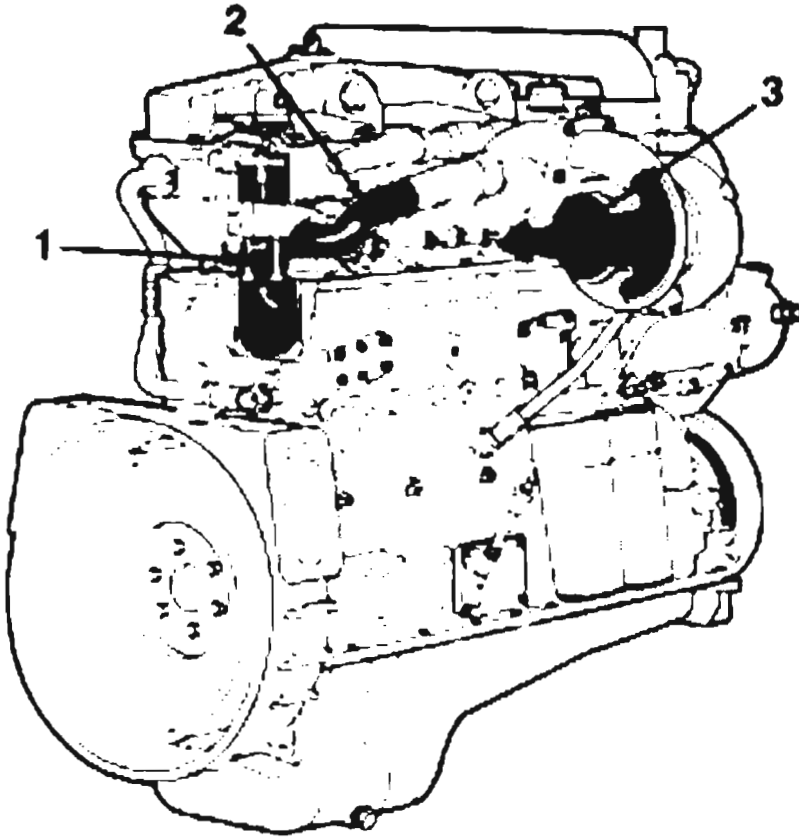


Figura No. 5.70. Sistema de escape.



Figura No. 5.71. Revisión de voltaje a sistema de baterías de arranque.

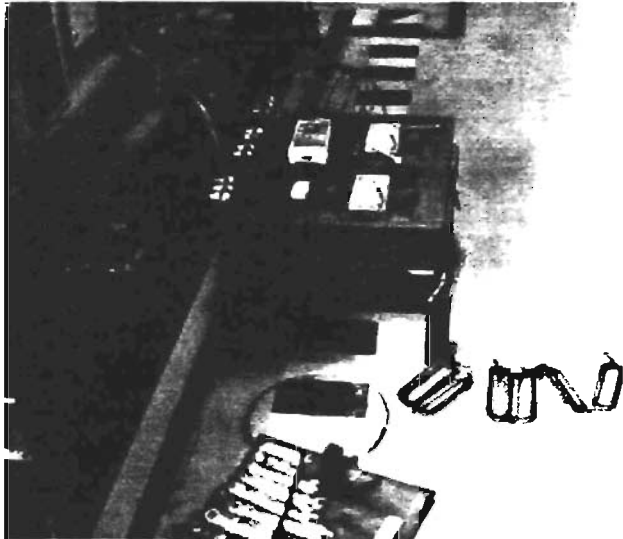


Figura No. 5.72. Vista de equipo y herramienta para mantenimiento al sistema de arranque.

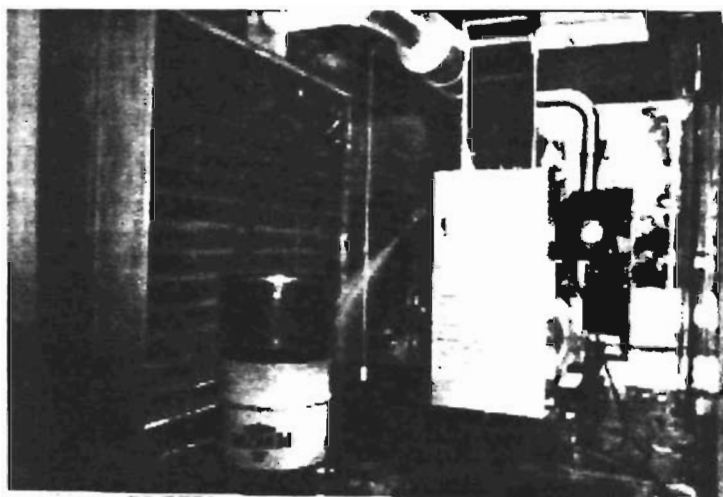


Figura No. 6.73. Proceso de limpieza con agua a presión del equipo y del cuarto de máquinas.

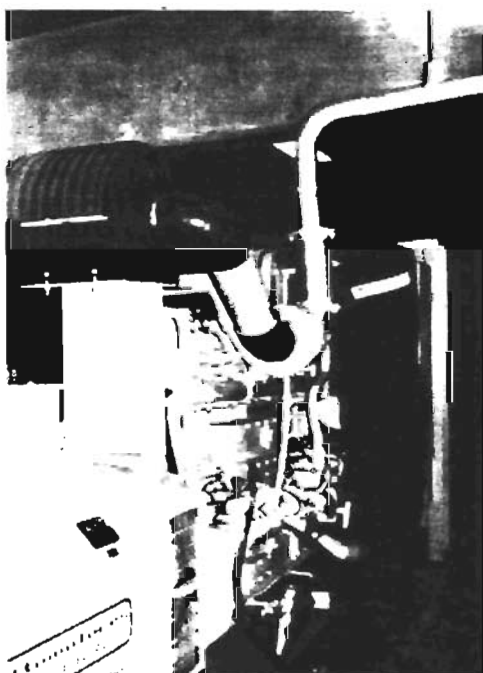


Figura No. 5.74. Revisión del sistema de enfriamiento.

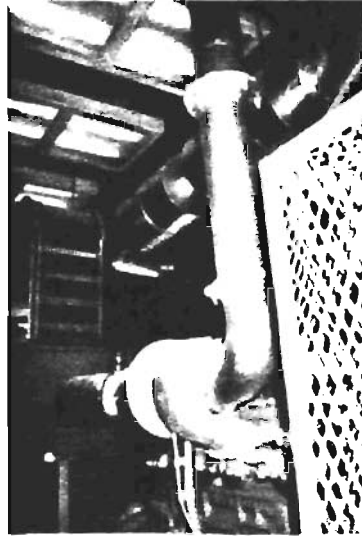
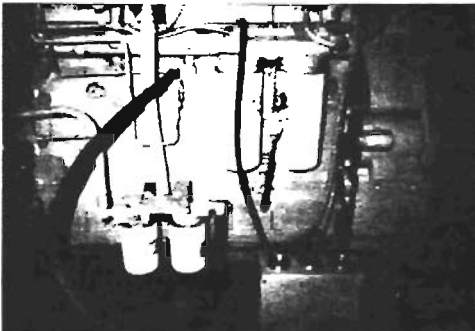
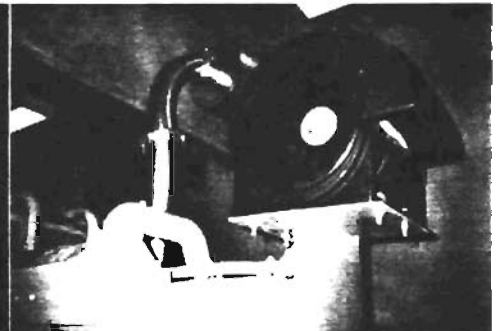


FIGURA No. 5.75. Protección contra corrosión del sistema de escape, por medio de la aplicación de pintura anticorrosivo y a prueba de altas temperaturas.



No. 5.76.



No. 5.77.

Figura No. 5.76. y 5.77. Vista de elementos filtrantes, en la figura No. 5.76., se muestran los filtros de agua y aceite del motor, en la figura No. 5.77., se muestra el filtro de aire del sistema de **combustión**.

5.4. Instalaciones de aire acondicionado.

Como último tema, dentro de las áreas que comprenden las instalaciones del área electromecánica en la FES Acatlán, se abordará lo referente a los edificios que cuentan con instalaciones y equipos de aire acondicionado, estos edificios son utilizados en las actividades didácticas como laboratorios o centros de cómputo y auditorios en donde es necesario contar con estos sistemas para poder llevar a cabo las actividades que se desarrollan dentro de las mismas.

Principios y normas que marcan el procedimiento de su instalación y operación.

Definiciones.

Del estudio de la termodinámica, hemos conocido las leyes que hablan sobre la conservación de la energía y estas nos dicen:

Primera ley de la termodinámica.

“La suma total de la energía del universo es una cantidad constante; esta energía no puede incrementarse, disminuirse, crearse o destruirse”.

“La energía no puede crearse ni destruirse”.

Corolario

“Las diferentes formas de energía son mutuamente convertibles y la cantidad de una forma de energía que se requiere para producir otra cantidad de otra energía es fija e invariable”.

Segunda ley de la termodinámica.

“Es imposible que una máquina, actuando por sí sola y sin ayuda de un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura”¹

En otras palabras, esto nos dice que se transfiere calor en una sola dirección, en donde el cuerpo o elemento que tenga mayor cantidad de temperatura la transferirá a otro cuerpo con menor temperatura y esto tiene lugar a través de tres modos básicos de transferencia de calor.

Estos procedimientos de transferencia de calor son la *convección*, *radiación* y *conducción* y dentro de la naturaleza del cuerpo humano existen como procesos naturales, que sirven para regular la temperatura en el mismo.

¹ Fundamento de aire acondicionado y refrigeración LIMUSA Hernández Goribar p-15

El comportamiento que tiene el cuerpo humano con estos procesos, se estudia sabiendo que es un organismo que genera calor. Su temperatura normal es de 96.6 °F (36 °C), teniendo la capacidad de regular o controlar esta condición con cuatro métodos, **convección, radiación, conducción y evaporación.**

Cuando está en un cuarto donde las condiciones de éste son muy calientes pero la temperatura es menor a 98.6 °F (37 °C), transferirá calor al aire que pasa sobre la piel por **convección**, *(El cual se presenta al realizarse la transferencia de calor por el movimiento de material calentado en si mismo cuando se trata de un liquido o gas, cuando el material se calienta, las corrientes de convección son producidas dentro del mismo y las porciones más calientes de él suben ya que el calor trae consigo el decrecimiento de la densidad del fluido ; un incremento en su volumen específico).*

Simultáneamente la piel cede calor por **conducción** *(La conducción se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercana de una sustancia o entre sustancias que están tocándose o en un buen contacto una con la otra, cuando la transferencia de calor ocurre en una sola sustancia o materia, tal como ocurre en una varilla de metal con un extremo en una llama de fuego, el movimiento de calor va hasta que hay un balance de temperatura a todo lo largo de la varilla),* a la ropa, cama o a lo que esté en contacto con la piel.

Adicionalmente, libera calor por **radiación** *(Este tipo de transferencia de calor se lleva a cabo a través de ondas similares a las de la luz o las del sonido. Los rayos del Sol calientan la Tierra por medio de ondas de calor radiante el cual viaja en caminos rectos sin calentar la materia la materia que interviene en su recorrido o el aire, el calor de un foco incandescente o de una estufa caliente es radiante por naturaleza y se siente cuando se está cerca de ella aunque el aire entre la fuente y el objeto cuando los rayos pasan a través de él no se calienta) a los objetos más fríos a su alrededor.*

Pero existe otro método para que el cuerpo humano pueda regular su temperatura, este es la **evaporación** y se presenta cuando las glándulas sudoríparas se abren, permitiendo que la humedad de la piel se evapore, se sabe que este cambio de agua a vapor absorbe mucho calor. el cambio en temperatura y el movimiento del aire son elementos importantes.

En alrededores más fríos, la **radiación, conducción y convección**, tienen lugar más rápidamente, requiriendo vestuario para aislar y mantener el calor del cuerpo, la evaporación se hace mínima cuando decrece la cantidad de sudor en la piel.

Existen procedimientos artificiales que pueden hacer que la temperatura en un medio determinado sea controlado a discreción de la necesidad que se tenga y estos procedimientos los podemos distinguir en dos tipos de acondicionamiento de temperatura.

Como sabemos, a través de la historia, el hombre ha buscado la mejoría que pueda hacer su vida más cómoda y fácil, a través de los avances de la ciencia y la tecnología.

Es por ello que se ha encontrado que las bajas temperaturas generadas, concentradas y controladas por medios físicos, químicos y mecánicos, aplicados a un medio ambiente, podían llegar a conservar en buen estado los alimentos o dar confort a un recinto habitado, con el paso del tiempo se han desarrollado tecnologías que no solamente pueden enfriar un pedazo de carne, sino también transformar un clima calido, en uno de confort.

Hablamos de los procesos de refrigeración y el acondicionamiento de aire respectivamente.

Principio de operación de un equipo de aire acondicionado partiendo del principio de refrigeración

Conceptos básicos:

- ◆ **Calor:** Es una forma de energía transferida en virtud de una diferencia de temperatura, el calor existe en cualquier parte en mayor o menor grado, como cualquier forma de energía, no puede ser creado ni destruido, aunque otra forma de energía pueda convertirse al calor y viceversa, la energía viaja en una sola dirección de un objeto o área más caliente a una más fría.
- ◆ **Frío:** Es un termino relativo que se refiere a la carencia de calor en un objeto o espacio, algunas definiciones lo describen como la ausencia de calor, pero no hay nada conocido en el mundo hoy en día del cual el calor esté totalmente ausente (Ningún proceso ha sido capaz de alcanzar el estado de “cero absoluto”, en el cual todo calor ha sido removido de un espacio u objeto.) teóricamente este punto cero, sería 459.69° bajo cero en la escala de Fahrenheit, o $273,16^{\circ}$ bajo cero en la escala de Celsius.
- ◆ **Refrigeración:** O enfriamiento, es la remoción de calor no deseado desde espacios u objetos seleccionados y su transferencia a otros espacios y objetos, la remoción del calor baja la temperatura y puede ser llevada a cabo mediante el uso de hielo, nieve, agua fría o refrigeración mecánica.
- ◆ **Refrigeración mecánica:** Es la utilización de componentes mecánicos arreglados en un “sistema de refrigeración”, con el propósito de transferir calor.
- ◆ **Refrigerantes:** Son compuestos químicos alternativamente comprimidos y condensados a la fase líquida y luego se les permite expandir a vapor o gas; cuando son bombeados a través del sistema o ciclo de refrigeración mecánica.

El ciclo de refrigeración se basa en el principio conocido desde tiempos ancestrales (en la época de los egipcios ya se realizaban estos principios)² donde un líquido al expandirse a gas extrae calor del área a su alrededor, (*Comprobándose este principio si se humedece un dedo sostenido hacia arriba; inmediatamente comienza a sentirlo más frío que los demás particularmente si se expone a un movimiento de aire*), esto se demuestra a causa de la humedad existente alrededor de un cuerpo del cual se está evaporando dicha humedad y cuando lo hace extrae el calor en el cuerpo y del aire alrededor del mismo.

Con esto, se entiende que el trabajo del ciclo de refrigeración, es remover calor no deseado de un lugar y descargarlo en otro, pero para entender este proceso que se realiza por medios mecánicos-artificiales, debemos definir que es el refrigerante y como es su principio de operación.

Los refrigerantes son fluidos vitales en los sistemas de refrigeración mecánica, como ya se ha dicho absorben calor del lugar donde se desea y lo trasladan a otro, la evaporación de un líquido refrigerante remueve calor, el cual es liberado por la condensación del vapor calentado.

Cualquier sustancia que sufre cambio de fase líquida a vapor y viceversa puede funcionar como refrigerante en sistemas de tipo de compresión de vapor, sin embargo solamente aquellas sustancias que sufren estos cambios a temperaturas y presiones comercialmente útiles son de valor práctico.

Puede decirse que no hay un refrigerante "universal", ya que la refrigeración mecánica se utiliza en un rango amplio de temperaturas, algunos refrigerantes son más apropiados para refrigeración a alta temperatura tal como confort (Sistemas de refrigeración y de aire acondicionado respectivamente); otros operan a rangos de más baja temperatura, como en el almacenamiento de productos, procesos de congelación y aplicaciones que requieren aún más bajas temperaturas.

La selección de un refrigerante para una aplicación en particular, frecuentemente depende de propiedades no relacionadas con su habilidad de remover calor, por ejemplo: toxicidad, inflamabilidad, densidad, viscosidad, disponibilidad y su agresividad al medio ambiente, así la selección de un refrigerante para un propósito particular puede ser un compromiso entre propiedades en conflicto.

Muchos refrigerantes diferentes han sido utilizados desde los primeros días de la refrigeración, existiendo muchas pruebas e investigaciones que han hecho que se utilizaran sustancias químicas tales como: aire, butano, cloroformo, éter, propano, agua y otros orgánicos e inorgánicos.

² Refrigeración y aire acondicionado ACRI, Prentice Hall, p-4

Se ha utilizado en tiempos pasados el amoniaco, pero solamente se podía manejar con equipo robusto y pesado, por lo que se utilizaba con mayor intensidad en la industria y el comercio, el dióxido de azufre y el metilcloruro fueron utilizados ampliamente en el pasado, pero a causa de la toxicidad e inflamabilidad de estas sustancias, la mayoría de los sistemas que utilizan estos refrigerantes han sido reemplazados actualmente (en EU), en México se siguen usando en algunos casos.

Con el descubrimiento de nuevos compuestos químicos, se han podido analizar las ventajas y desventajas de los mismos, tanto en sus bondades e inconvenientes y gracias a las compañías que han desarrollado este tipo de productos, se ha podido disponer de nuevos refrigerantes.

Tal es el caso de la empresa Freon Products Division, E.I. dupont de Neumors & CO., Inc., quienes fabrican los refrigerantes de mayor uso en el mercado, como el R12, R22 y R502.

Hablemos de las características y propiedades de refrigerantes de tipo Freones más utilizados en nuestros días.

Este tipo de refrigerantes se desprenden de los hidrocarburos fluorados o perfluorohalogenados conocidos normalmente bajo el nombre registrado de Freón, existe una serie de nombres equivalentes al freón según su fabricante y el uso a que se destinan, los productos como: frigen, genetrón, isotrón son entre otros los más conocidos.

Así mismo existe el nombre registrado de halón, con codificación propia, que hace referencia a un grupo de estos compuestos que se destinan a instalaciones fijas (extintores de muros), de protección contra incendios.

La nomenclatura básica de los freones, consiste en un número de tres cifras que sigue a la palabra freón (o sinónimo) con el significado siguiente:

EJEMPLO Freón X Y Z

Donde X: Número de átomos de carbono menos uno
 Y: Número de átomos de hidrógeno mas uno
 Z: Número de átomos de flúor

Si X es cero (1 átomo de carbono) el número se expresa con las dos cifras restantes.

Por ejemplo:

Freón 23: Trifluorometano— CHF_3

Freón 142: Clorodifluoretano—Normalmente $\text{CClF}_2\text{-CH}$

Freón 114: Diclorotetrafluoroetano— $\text{CCl}_2\text{F-CF}_3$ ó $\text{CClF}_2\text{-CClF}_2$

Como podemos ver estos productos de refrigerantes son básicamente halocarburo, y que su principal compuesto es la combinación de carbono-hidrógeno y en algunos casos (flúor).

Características físico químicas.

Estos elementos son de gran volatilidad (evaporación), ya que la mayoría son gases; escasa reactividad (explosividad) y son solubles en líquidos apolares, disolventes orgánicos insolubles en agua.

Características toxicológicas.

Se consideran compuestos de escasa toxicidad, en concentraciones elevadas se ha descrito efectos tóxicos en ojos pero cuando son expuestos a llamas son tóxicos (Freón 11, sistema nervioso central (Freón 12 y 22) y periférico (Freón 11).

Las concentraciones letales mínimas por inhalación en ratas son superiores al 10% excepto para los que contienen bromo (que son al 5%).

Es muy importante considerar los riesgos que implica manejar estos gases en los sistemas de refrigeración o aire acondicionado y es por eso que se deben tener las precauciones debidas, para que los sistemas no tengan fallas que pueden poner en peligro la vida de los usuarios o al personal de mantenimiento que maneja los mismos, ya que una exposición prolongada a las emanaciones de un fuga considerable podrían causar problemas graves.

Por otro lado, existen posiciones contrarias a su uso indiscriminado por posibles problemas de alteración de las capas protectoras de ozono en la alta atmósfera.

Freón No.	Composición química	P. eb. °C	TLV-TWA (1982)	
			ppm	mg/m ³
11	Triclorofluorometano	24	1000	5600
12	Diclorodifluorometano	-30	1000	4850
12B1	Bromoclorodifluorometano	-4	-	-
13	Clorotrifluorometano	-B1	-	-
13B1	Bromotrifluorometano	-58	1000	7600
22	Clorodifluorometano	-41	1000	3500
113	1,1,2 Tricloro-1,2,2,-trifluoro 1,1,1.-2,2,2	48	1000	7600
		46	-	-
114	1,1-Diclorotetrafluoroetano	4	1000	7000
115	Cloropentafluoroetano	-38	1000	6320

Tabla No. 5.10. Clasificación de refrigerantes freón y sus puntos de ebullición.

En la tabla se observa que los refrigerantes como el Freón 12 y 22 tienen un punto de ebullición de -30 y -41 °C respectivamente. Se usan en equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Usos.

Los gases que se enlistan en la tabla anterior tienen diferentes usos dentro de la industria o el comercio y describimos los principales usos de los mismos a continuación.

Propelentes para aerosoles (11, 12 y 114).

Su uso en este campo se ha visto reducido últimamente por problemas de costo, ya que al momento de usarlos se tenía que hacer exponiendo el producto al medio ambiente, es por esto que han sido paulatinamente sustituidos por butano.

Expansión de plástico (11, 12, 113y 114).

Se usan como vehículo de expansión en la formación de espumas de poliuretano.

Líquidos frigoríficos y acondicionamiento de aire (11, 12, 13, 22, 113, 114, 115, 12B1 y 13B1).

En este rubro se encuentran los productos que principalmente son usados en los equipos instalados en la FES Acatlán, siendo estos el freón 12 y el 22.

Instalaciones fijas contra incendios, extintores de muro. (12B1, 12B2, 13B1 y 114B2).

Existe la equivalencia siguiente con los gases halones:

Freón 12:	Halón 122
Freón 12B1:	Halón 121
Freón 12B2:	Halón 1202
Freón 13B1:	Halón 1301
Freón 14:	Halón 14
Freón 114B2:	Halón 2402

Lavado y desengrase industrial (11 y 113).

Limpieza textil y otros usos como alternativa a los disolventes orgánicos.

Como hemos visto existe una gran cantidad de gases hidrocarburos que tienen usos diferentes pero características muy similares, aun cuando los halocarbonos son utilizados básicamente como refrigerantes, esto provocó que la compañía Dupont, principal fabricante de este tipo de gases, unificara una sola simbología que pudiera identificar los diferentes gases. Se le antepuso la letra *R* o número refrigerante como R-12 o R-22 etc.

El sistema de numeración se describe en el ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) bajo el estándar 3467, el cual ha sido adoptado por el American National Standards Institute como el estándar ANSI B79-67.³

La capacidad de refrigeración es medida por la cantidad de calor que es capaz de absorber el refrigerante desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor, es por ello que es bombeado a través de un sistema completamente cerrado, ya que si no fuera así, el refrigerante se estaría disipando en el aire.

El ciclo cerrado sirve también para otros propósitos: preservar el refrigerante de llegar a contaminarse y controlar un flujo, porque éste es un líquido en algunas partes del ciclo y un gas o vapor en otros sitios.

Es por este motivo que existen dos diferentes presiones en el ciclo, la evaporación o baja presión en el "lado de baja" y la condensación o alta presión en el "lado de alta". Estas áreas se separan por dos puntos de división; uno es el aparato de medida o válvula de expansión, donde el flujo de refrigerante se controla y el otro es el compresor donde el vapor se comprime.

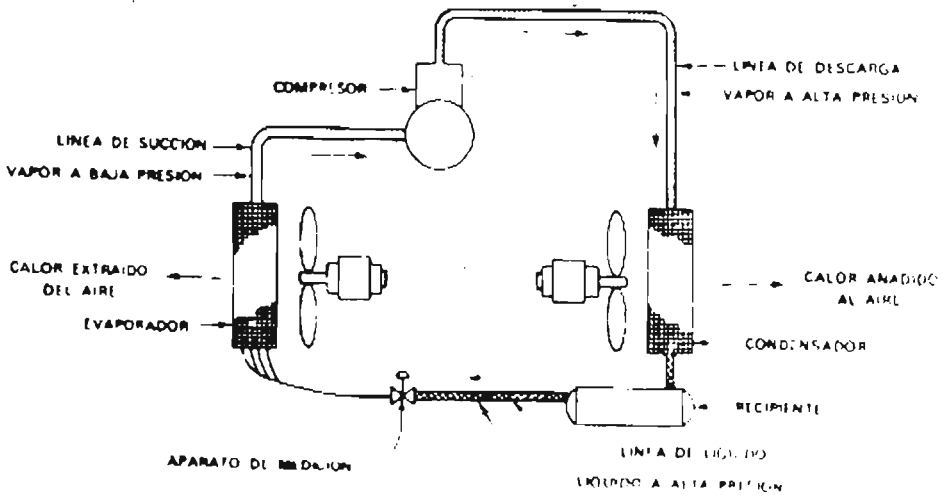


Figura No. 5.78. Sistema de refrigeración simple.

³ Refrigeración y aire acondicionado ACRI Ed. Prentice Hall p-79

Y para poder describir como es que se comportan los elementos que se encuentran dentro de un ciclo, comenzaremos por hablar del aparato de control, en este punto del ciclo puede ubicarse una válvula de expansión, un tubo capilar o cualquier otro aparato que controle el flujo de refrigerante dentro del evaporador o serpentín de enfriamiento a baja temperatura y a baja presión.

El refrigerante que se expande se evapora (cambia de estado) cuando va a través del serpentín de enfriamiento, donde retira el calor del espacio en el cual el evaporador está localizado.

El calor viajará del aire más caliente al serpentín enfriado por la evaporación del refrigerante dentro del sistema, causando que el refrigerante hierva y se evapore, esto es similar al cambio que ocurre cuando una vasija con agua se calienta sobre una estufa y el agua cambia a vapor, excepto que el refrigerante hierve a mucha menor temperatura. (Figura No. 5.78.).

Ahora este vapor a baja presión y temperatura es llevado al *compresor* donde se comprime a un vapor con alta temperatura y alta presión.

El *compresor* lo descarga al *condensador* de tal manera que cede el calor en el serpentín de enfriamiento o evaporador.

El vapor refrigerante está a una temperatura más alta que la del aire que pasa a través del condensador (tipo enfriado por aire); por consiguiente el calor se transfiere, del vapor del refrigerante más caliente al más frío.

En este proceso cuando el calor se retira del vapor, un cambio de estado tiene lugar y el vapor se condensa a líquido, a una alta presión y temperatura.

El refrigerante líquido, ahora viaja al aparato de medida en donde pasa a través de una pequeña abertura (válvula de expansión) u orificio donde una caída de presión se presenta y luego entra al serpentín de enfriamiento o evaporador.

Cuando el refrigerante hace su camino a las mayores temperaturas, de la tubería o del serpentín, se vaporiza listo para iniciar otro ciclo a través del sistema.

El sistema de refrigeración requiere algunos medios para conectar la mayoría de los componentes (*evaporador, compresor, condensador y aparatos de medición*) analógicamente, así como las carreteras conectan las poblaciones, las tuberías o líneas, completan el sistema de tal manera que el refrigerante no se pierda a la atmósfera.

La línea de succión conecta el evaporador o serpentín de enfriamiento al compresor, la línea de gas caliente o descarga conecta el compresor al condensador y la línea de líquido es la tubería de conexión entre el condensador y el aparato de medición entre el condensador y el aparato de medición, algunos sistemas tendrán un recipiente o tanque de almacenamiento inmediatamente después de él y antes del aparato de medición donde el líquido refrigerante permanece hasta que se necesita para remoción del calor en el evaporador.

Hay muchas clases diferentes y variaciones de los componentes del ciclo de refrigeración, por ejemplo, hay al menos una media docena de diferentes tipos de compresores desde el alternativo a pistón hasta el de impulsor centrífugo, pero la función es la misma en todos los casos (la de comprimir el valor portador de calor a un vapor a alta temperatura).

Lo mismo puede decirse de la superficie del condensador y del evaporador, pueden ser tuberías desnudas o pueden ser condensadores y evaporadores aleteados con ventiladores accionados eléctricamente para pasar el aire a través de ellos.

Hay un gran número de diferentes tipos de aparatos de medición que regulan el líquido refrigerante que va al evaporador y dependiendo del tamaño del equipo es el refrigerante usado y su aplicación.

El sistema de refrigeración mecánico descrito anteriormente es esencialmente el mismo aun cuando el sistema sea un refrigerador doméstico, un congelador a baja temperatura o un sistema de aire acondicionado para confort, en muchas ocasiones también los refrigerantes serán diferentes, el tamaño del equipo variará grandemente, pero el principio de operación y el ciclo de refrigeración seguirá siendo el mismo.

Ahora que ya hemos visto estos conceptos básicos, debemos hablar de los sistemas de aire acondicionados que son el motivo de este tema, deberemos partir por saber primeramente algunos conceptos de esta parte del área y comenzaremos por hacernos la siguiente pregunta: *¿Qué es aire acondicionado?*

Eso depende del punto de vista que se considere, preguntando a una persona común y corriente respondería "mantener el ambiente fresco", pero preguntándole a el dueño de una planta de impresión respondería: "Significa controlar temperatura y humedad relativa de medio ambiente, de tal modo que el comportamiento del papel pueda ser mantenido dentro de ciertas tolerancias", una respuesta se da desde el punto de vista de confort humano y la otra es una consideración de proceso industrial.

Un sistema de aire acondicionado puede tener una acepción para unas personas y otra para otras más.

Lo que podemos establecer es que estos sistemas buscan brindar un confort al ser humano buscando cinco propiedades del aire:

- ◆ Temperatura (enfriamiento o calefacción)
- ◆ Contenido de humedad (humidificación o deshumidificación)
- ◆ Movimiento del aire(circulación)
- ◆ Limpieza del aire (filtrado)
- ◆ Ventilación(introducción de aire exterior)

Ya se han estudiado perfectamente los parámetros que se deben de tomar en cuenta para conocer cómo cuándo y dónde es necesario instalar y poner en operación un equipo de aire acondicionado, conociendo estas cinco propiedades que debe cumplir un sistema de esta naturaleza, calculando la temperatura adecuada para el local donde trabajará, conociendo la zona de confort, sabiendo que uno de los sistemas básicos para refrescar un medio es el movimiento de aire.

Hemos llegado al punto en donde toca el turno de conocer las características del aire (elemento básico en un sistema de aire acondicionado), ya que es el aire que se encuentra dentro de un cuarto o área el que retirará el calor e inyectará aire frío.

Esto lo estudiará la psicrometría, materia de la física que estudia la relación que existe entre la temperatura y la humedad en el aire, con la finalidad de obtener valores del estado que guardan entre sí y cómo afectan la condición del medio ambiente.

Existen términos básicos que son el resultado de estos estudios y de los cuales se obtiene el estado de humedad o el punto de rocío en función de la temperatura, estos términos se mencionan a continuación:

Atmósfera:

El aire alrededor de nosotros, se compone de una mezcla de gases secos y vapor de agua, contiene 77% de nitrógeno 23% de oxígeno y menos del 1% de otros gases y por último vapor de agua, que dependiendo de la zona en la que nos encontremos será el nivel de humedad que contenga.

Temperatura de bulbo seco:

Es la temperatura medida con un termómetro ordinario.

Temperatura de bulbo húmedo:

Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua en una gasa húmeda colocada sobre un termómetro común.

Temperatura de punto de rocío:

Es la temperatura de saturación, en la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua, un ejemplo es la humedad sobre un vaso de agua con hielo, el vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío y la humedad que se condensa forma gotas sobre la superficie del vidrio.

Humedad específica:

Es el peso real de vapor de agua en el aire, se expresa en granos o libras de agua por libra de aire seco, dependiendo de los datos usados.

Humedad relativa:

Es la relación del vapor de agua real en el aire, comparado con la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje.

Volumen específico:

Es el número de pies cúbicos (pies³) ocupados por una libra de la mezcla de aire y vapor de agua.

Calor sensible:

Es la cantidad de calor seco, expresado en BTU por libra de aire; se refleja por la temperatura de bulbo seco.

Calor latente:

Es el calor requerido para evaporar la humedad que contiene una cantidad específica de aire. Esta evaporación ocurre a la temperatura de bulbo húmedo, también se expresa en BTU por libra de aire.

Calor total:

El contenido de calor total de la mezcla de aire y vapor de agua, también se conoce como ENTALPÍA y es la suma de los valores del calor sensible con el calor latente, expresado en BTU por libra de aire.

La carta psicrométrica es el mejor modo de mostrar lo que sucede al aire y al vapor de agua a diferentes temperaturas y como cambian las condiciones, ver la figura No. 5.75.

Esta carta es, básicamente, la relación que existe entre la temperatura de bulbo seco y la razón de humedad lb / lb de aire seco.

Existen tablas que nos dan esta relación predeterminada y que al colocarnos en la carta en un punto, este tendrá una temperatura de bulbo seco y un valor de razón de humedad. Si marcamos flechas como se muestra en la imagen encontramos que subir significa aumento de humedad (humidificar) a la derecha calentar (calefacción), hacia abajo deshumidificar (secado) y a la izquierda enfriamos (enfriamiento del aire), como se muestra en la gráfica No. 5.6.

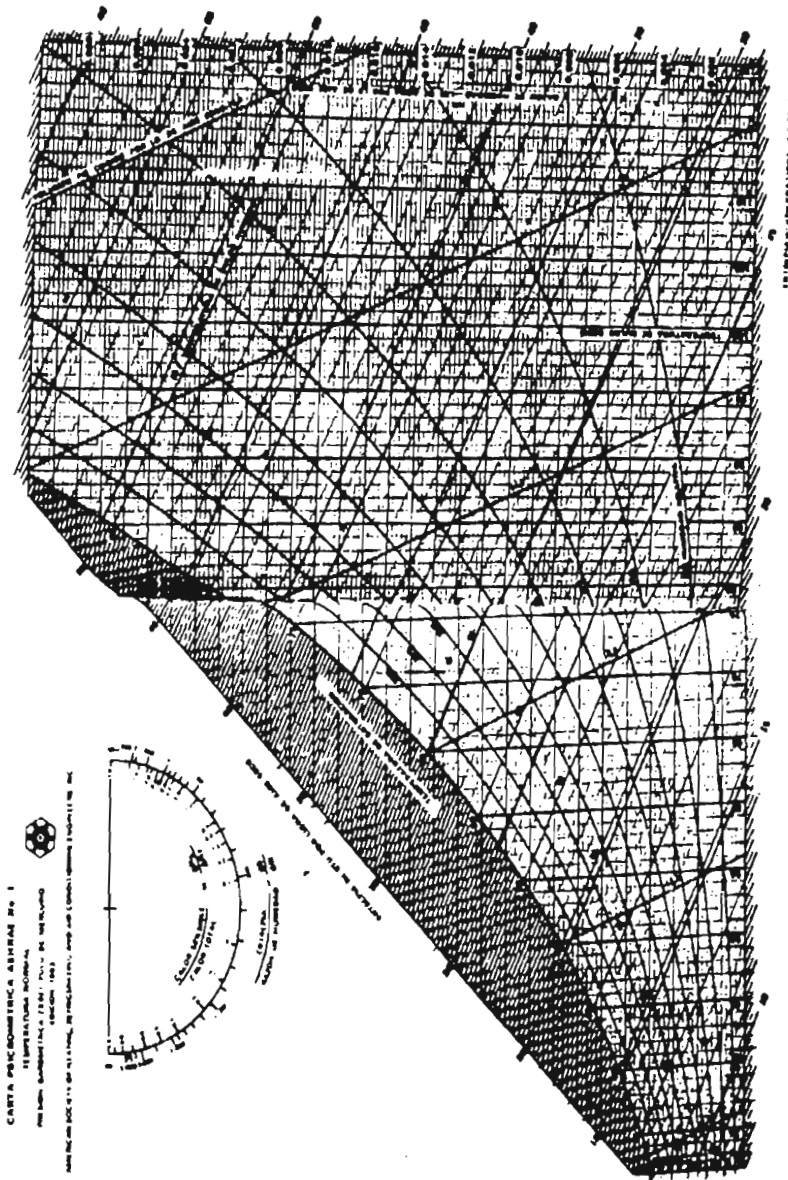
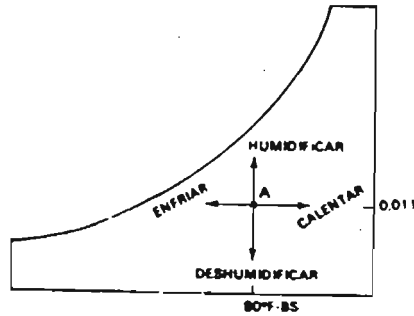


Figura No. 5.79. Carta psicrométrica No. 1 de de la ASHRAE (American Society Of Heating Refrigeration And Air Conditioning Engineers, Inc. De temperatura normal y presión barométrica de 29.921 Pulgadas de mercurio.



Gráfica No. 5.6. Descripción y modo de interpretación general de la carta psicrométrica.

Ahora, si conocemos por lo menos dos de las cinco propiedades del aire, es posible encontrar las otras tres por medio de la carta psicrométrica, localizando el punto de intersección de las líneas que representan las dos condiciones conocidas.

- ◆ Temperatura de bulbo seco.
- ◆ Temperatura de bulbo húmedo.
- ◆ Humedad específica
- ◆ Humedad relativa.
- ◆ Temperatura de saturación (punto de rocío).

Hemos hablado de los beneficios del aire acondicionado, de las normas que deben cumplir la aplicación de este tipo de servicios para el confort humano y como se puede saber cuales son las condiciones que guarda el aire del lugar donde queremos controlar las propiedades del aire, pero también es importante conocer cuales son los factores de cargas de calor que pueden afectar a nuestro equipo e instalación.

Estos **factores de carga de calor sensible** se derivan de:

- ◆ La transmisión de calor a través de paredes, piso, plafones, puertas, ventanas, etc.
- ◆ El calor producido (o perdido) al traer aire exterior para ventilación.
- ◆ El calor solar (radiación)
- ◆ El calor de las luces artificiales, aparatos de cocina, motores, secadores, etc.

Todo esto expresado en BTU. Existen también factores de calor latente que se derivan de:

- ◆ La humedad cedida por las personas.
- ◆ La humedad en aparatos de cocina, secadores y baños.
- ◆ La humedad introducida con el aire de ventilación.

Y todo esto es expresado en BTU. Estos factores se pueden dividir como factores externos e internos.

Al conocer todos los factores que intervienen para la selección de un equipo de aire acondicionado, podemos escoger el equipo más adecuado para nuestras necesidades y dentro de la FES Acatlán no es la excepción.

Para definir los sistemas de aire acondicionado o ventilación mecánica se deben tomar en cuenta los siguientes criterios.

- ◆ Cuando por razones de uso de los locales, ubicación, tamaño y orientación de los inmuebles no se permita el paso libre de aire (ventilación cruzada).
- ◆ Cuando los inmuebles ubicados en localidades de altitudes menores a 1000 metros sobre el nivel del mar y cuando las temperaturas de diseño exterior sean iguales o mayores a las indicadas en la tabla No. 5.10.

LOCAL	SISTEMA Altitudes de 1000 m.s.n.m. y mayores	SISTEMA Temperaturas de diseño exteriores de 32°C y mayores.
Aulas de 30 Alumnos y Mayores	Enfriamiento Evaporativo	Aire Acondicionado
Bibliotecas (Acervo y Lectura)	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Laboratorios de 30 Alumnos y Mayores	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Biotenos	Aire Acondicionado	Aire Acondicionado
Quirófanos de Enseñanza e Investigación	Aire Acondicionado	Aire Acondicionado
Registro	Aire Acondicionado	Aire Acondicionado
Cuarto Sonamontiguado	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Cuarto Oscuro	Ventilación Mecánica	Ventilación Mecánica
Institutos y Facultades:		
Director	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Subdirector	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Jefe de Área	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Jefe de Departamento	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Becarios	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Salas de Juntas	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Cubiculos de Investigación	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Área Secretarial con Sala de Espera	Ventilación Mecánica	Aire Acondicionado
Cafetería	Enfriamiento Evaporativo	Aire Acondicionado
Salas de Cómputo	Aire Acondicionado	Aire Acondicionado
Sanitarios Interiores	Ventilación Mecánica	Ventilación Mecánica
Cocinas	Ventilación Mecánica	Ventilación Mecánica
Auditorios	Enfriamiento Evaporativo	Aire Acondicionado

⁴Tabla No. 5.11. Selección de locales y tipos de equipos a utilizar.

- ◆ En áreas pequeñas donde exista la posibilidad de colocar unidades en fachada se deben utilizar unidades tipo ventana en capacidades que van de 1 a 3 T. R. (Toneladas de refrigeración).

⁴ Normas universitarias de diseño de ingeniería electromecánica DGO Y C, UNAM Instalaciones de aire acondicionado refrigeración y ventilación mecánica. Vol. V p-47 Junio de 2003.

- ◆ Cuando se quieran acondicionar áreas donde no hay espacio en plafones para colocar equipos o ductos, se debe acondicionar con unidades tipo mini-split en capacidad de 1 a 3 T. R. colocando las unidades condensadoras en el exterior; el recorrido de tubería sea máximo de 20 metros.
- ◆ En donde exista espacio en falsos plafones se colocarán equipos tipo paquete ubicando las máquinas en el exterior; pudiendo ser éstas de 3 hasta 40 T. R.
- ◆ Las unidades tipo paquete con bomba de calor deberán ser de capacidad de 2 a 20 T. R.
- ◆ Las unidades tipo paquete con volumen variable serán de 25 T. R. en adelante.
- ◆ Se usarán equipos divididos con serpentín de expansión directa en capacidad que van de 1.5 a 50 T. R.
- ◆ Si se desea acondicionar un edificio con áreas donde se requiera control de temperatura individual se debe acondicionar con unidades tipo fan and coil sin gabinete para instalar en plafón, estas unidades deben tener capacidades de 200 a 400 pies³ / mín; hasta 1200 con una enfriadora de agua mini chillers con condensador enfriado por aire o agua, podrán tener capacidades desde 5 T. R. instaladas en el exterior del inmueble.

Para locales especiales en institutos, laboratorios o facultades, se debe recabar de los usuarios algunas especificaciones técnicas del equipo por instalar, nombre del equipo, capacidad, consumo eléctrico, disipación de calor del equipo, condiciones ambientales interiores con sus tolerancias, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, humedad relativa, gradientes de presión, horario y duración de los procesos, especificación de materiales con los que se trabaja en el recinto (gases corrosivos, explosivos etc.).

En cuanto a las condiciones que debe guardar exclusivamente un ambiente para confort durante el verano, se deberán observar las siguientes temperaturas:

Temperatura de diseño exterior. (Bulbo seco)	Temperatura de diseño ° C interior. (Bulbo seco)	Humedad relativa interior (%)
30° C	23° C +/- 2° C	50° C +/- 5° C
32° C	23° C +/- 2° C	50° C +/- 5° C
35° C	25° C +/- 2° C	50° C +/- 5° C

Tabla No. 5.12. Temperaturas que deben tener ambientes de confort.






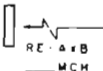





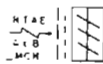












En cuanto a las condiciones de diseño interior durante el invierno y cuando se requiera acondicionar locales muy específicos, se deben mantener las siguientes condiciones:


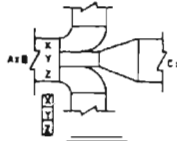
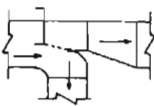
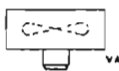
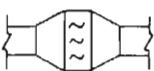


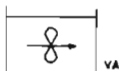

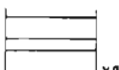







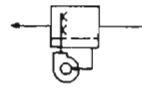

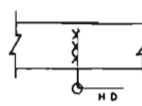



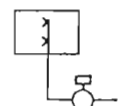
TEMPERATURA DE BULBO SECO: 21° C +/- 2° C
 HUMEDAD RELATIVA: 45% +/- 5%

Ya conocemos algunos aspectos de los principios de funcionamiento, las normas que se deben de acatar para poder hacer una instalación de aire acondicionado, ahora deberemos de conocer cuales son los elementos que se manejan en una instalación desde el punto de vista proyecto con la finalidad de saber como se identifican y que función tienen dentro de sistema de aire acondicionado que se tiene. Antes de comenzar con la descripción de los equipos, hablemos de la terminología y simbología utilizada en este tipo de instalaciones.


































5.4.1 Terminología.

SIMBOLOGÍA

	Difusor de 4 vías (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de retorno (de la dimensión y gasto de aire indicado)
	Difusor de 1 vía (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de inyección en muro (de la dimensión y gasto indicados)
	Difusor de 2 vías (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de extracción (de la dimensión y gasto indicados)
	Difusor de 2 vías (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de paso (de la dimensión y gasto indicados)
	Difusor de 1 vía (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de toma de aire exterior con compuerta y malla contra insectos (de la dimensión y gasto indicados)
	Rejilla de extracción (de la dimensión y gasto de aire indicado)		Rejilla de toma de aire exterior con compuerta y malla contra insectos y protección (de la dimensión y gasto indicados)
	Compuerta de control de volumen desahable (de la dimensión indicada)		Ducto de inyección que sube (de la dimensión y gasto indicada)
	Compuerta manual de aspas paralelas (de la dimensión indicada)		Ducto de inyección que baja (de la dimensión y gasto indicada)
	Compuerta manual de aspas paralelas (de la dimensión indicada)		Ducto de retorno o extracción que sube (de la dimensión y gasto indicado)
	Compuerta de mariposa (de la dimensión indicada)		Ducto de retorno o extracción que baja (de la dimensión y gasto indicado)
	Compuerta contra incendio y puera de acceso (de la dimensión indicada)		Conexión flexible en ducto
	Compuerta de granada (de la dimensión indicada)		Codo rectangular con aletas deflectoras

	Puerta de acceso en ducto (de la dimensión indicada)		Ramificación en ductos de la dimensión indicado primer número indica dimensión horizontal segundo número indica dimensión vertical
	Deflector de aire ajustable		Ventilador axial ligero
	Trampo de sonido en ducto		Ventilador de techo
	Banco de filtros en ducto		Ventilador súper axial
	Serpentin de calefacción en ducto		Ventilador de gravedad tipo lineal
	Serpentin de refrigeración en ducto		Ventilador de gravedad tipo redondo
	Ventilador de gravedad tipo redondo		Ventilador centrifugo
	Ventilador tipo hongo		Ventilador centrifugo en gabinete
	Termostato de cuarto (indicar no. de zona y no. de UMA)		Unidad lavadora de aire
	Control de temperatura y velocidad para ventilador - serpentín		Humificador de ducto
	Humidostato de cuarto (indicar no. de zona y no. de UMA)		Torre de enfriamiento
	Humidostato de ducto		Humificador en equipos

V. Características de las instalaciones.

	Bomba centrífuga		Manómetro diferencial
	Serpentín de refrigeración		Termostato de cuarto
	Serpentín de calefactor		Humidistato de cuarto
	Filtros de bolsa		Termostato de bulbo remoto
	Filtros metálicos lavables		Válvula motorizada de 3 vías
	Filtros absolutos		Válvula solenoide
	Línea de succión		Brida ciega
	Línea de líquido		Reducción bushing
	Unión roscada		Reducción concéntrica
	Unión soldada		Reducción excéntrica
	Unión bridada		Junta de expansión
	Codo de 90°		Conexión flexible
	Codo de 45°		Omega
	Tee		Compensador de dilatación
	Filtro "Y"		Tuerca unión
	Codo que baja		Manómetro
	Codo que sube		Termómetro
	Tee que baja		Acuastato
	Tee que sube		Interruptor de flujo
	Medidor de flujo		Interruptor de presión
	Tapón macho		Trampa de vapor. Tipo termostática y de flotador
	Tapón hembra		Drenaje

	Manguera flexible (vapor)		Válvula eliminadora de aire
	Manguera flexible (agua)		Válvula de flotador
	Válvula de globo		Válvula solenoide
	Válvula compuerta		Válvula motorizado de tres vias
	Válvula de retención		Válvula motorizada de dos vias
	Válvula de cuadro		Válvula de expansión
	Preparación para manómetro		Filtro deshidratador
	Termopozo		Filtro deshidratador
	Válvula de compuerta angular (planta)		Indicador de líquido y humedad
	Válvula de globo angular (elevación)		Válvula de flotador alta presión
	Válvula de compuerta angular (planta)		Coladera
	Válvula de globo angular (elevación)		Aislamiento para tubería (tipo y espesor especializado)
	Válvula de mariposa		
	Válvula de seguridad (elevación)		
	Válvula de seguridad (planta)		
	Válvula de paso para refrigerante		

SIMBOLOGIA PARA TUBERIAS

LINEAS HORIZONTALES

	A. R.
	R A. R.
	A. C.
	R. A. C.
	A. C.
	R. A. C.
	V. B.
	R. C.

COLUMNAS

	Agua refrigerada
	Retorno agua refrigerada
	Agua caliente
	Retorno de agua caliente
	Agua de condensación
	Retorno agua de condensación
	Vapor baja presión
	Retorno de condensados
	Desagüe Fan-coil (P. V. C.)

5.4.2. Clasificación y ubicación de equipos.**“Equipos de aire acondicionado”
Área de aire acondicionado.**

Descripción.	Características	Ubicación
Unidad condensadora enfriada por aire marca York modelo H1CA24025C, con capacidad nominal de 240,000 BTU/Hr.(20T.R.) Refrigerante R-22 y alimentación eléctrica de 220/ 4 / 60	Esta máquina forma parte de uno de los tres equipos tipo dividido. Está compuesto por el compresor el serpentín de condensado, los motoventiladores (3) para enfriar el serpentín y un tablero de control para arranque de los motores.	Se encuentra en la azotea del edificio de diseño y comunicación y enfria directamente el Set de televisión de esta área.
Unidad condensadora enfriada por aire, marca York, modelo H2CA18025C con capacidad nominal de 180,000 BTU/Hr.(15T.R.) Refrigerante R-22 y alimentación eléctrica de 220/ 4 / 60	En el se encuentran un compresor, un serpentín de condensación y los motoventiladores (2) para enfriar el serpentín, y un tablero de control con relevadores, prestostatos y reloj de programa mecánico.	Se encuentra en la azotea del edificio de diseño y comunicación. Esta máquina forma parte del conjunto de equipos instalados en esta área y enfria directamente las zonas denominadas como: cuartos oscuros de fotografía.
Unidad condesadora enfriada por aire, marca York, modelo H3CA12025C con capacidad nominal de 120,000 BTU/Hr.(10T.R.) Refrigerante R-22 y alimentación eléctrica de 220/ 4 / 60.	En este equipo se encuentra un compresor un serpentín de condensación y los motoventiladores (2) para enfriar el serpentín, y un tablero de control con relevadores, prestostatos y reloj de programa mecánico.	Se encuentra en la azotea del edificio de diseño y comunicación. Equipo que completa los tres sistemas de tipo dividido instalados para el área de diseño gráfico y enfria directamente las áreas denominadas como: cabinas de locutor, grabación, audio y video.
Manejadora tipo curbpack Marca York modelo YCP-44.	Esta manejadora es la más grande y en ella se encuentran instalados los motores eléctricos que mueven las turbinas de succión e inyección por medio de poleas y bandas, los filtros de aire y el serpentín de.	Ubicado en la azotea del edificio de diseño gráfico se conectan a los ductos cuadrados que entran a las áreas para succionar aire caliente e inyectar aire frío.

	<p>evaporación para el enfriamiento del aire así como las válvulas de expansión</p>	
<p>Manejadora tipo curbpack Marca York modelo YCP-24.</p>	<p>Esta manejadora es la que controla el aire del ciclo de circulación en este equipo se encuentran instalados los motores eléctricos que mueven las turbinas de succión e inyección por medio de poleas y bandas, los filtros de aire y el serpentín de evaporación para el enfriamiento del aire así como las válvulas de expansión y los modutroles que son pequeños motores que abren y cierran compuestas para sacar aire viciado y dejar entrar aire fresco.</p>	<p>Ubicado en la azotea del edificio de diseño gráfico se conectan a los ductos cuadrados que entran a las áreas para succionar aire caliente e inyectar aire frío.</p>
<p>Manejadora tipo curbpack Marca York modelo YCP-25</p>	<p>Esta manejadora es parte del equipo más pequeño en capacidad y en ella se encuentran instalados los motores eléctricos que mueven las turbinas de succión e inyección por medio de poleas y bandas, los filtros de aire y el serpentín de evaporación para el enfriamiento del aire así como las válvulas de expansión y los modutroles que son pequeños motores que abren y cierran compuestas para sacar aire viciado y dejar entrar aire fresco.</p>	<p>Ubicado en la azotea del edificio de diseño gráfico se conectan a los ductos cuadrados que entran a las áreas para succionar aire caliente e inyectar aire frío.</p>
<p>Unidad tipo paquete marca York modelo D1CE240A-25 de 240,000 BTU/Hr. (20 T. R.) operada a 220 /4/60</p>	<p>Esta unidad consta de cuatro compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para</p>	<p>Este equipo se encuentra ubicado en la azotea del primer piso de centro de computo y brinda servicio a las áreas de ese nivel.</p>

V. Características de las instalaciones.

	<p>cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un tablero de control.</p>	
<p>Unidad tipo paquete marca York modelo DICE240A-25 de 240,000 BTU/Hr. (20 T. R.) operada a 220 /4/60</p>	<p>Esta unidad consta de cuatro compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un tablero de control.</p>	<p>Este equipo se encuentra ubicado en la azotea de la planta baja del centro de computo y brinda servicio a las áreas de cubículos cuarto de servidores y salas de consulta.</p>
<p>Unidad tipo paquete marca York modelo DICE240A-25 de 240,000 BTU/Hr. (20 T. R.) operada a 220 /4/60</p>	<p>Esta unidad consta de cuatro compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un tablero de control.</p>	<p>Este equipo se encuentra ubicado en la azotea de la planta baja del centro de computo y brinda servicio a las áreas de cubículos de asesorías y oficinas administrativas.</p>
<p>Unidad tipo paquete marca York modelo 50DJ012-6 de 120,000 BTU/Hr. (10 T. R.) operada a 220 /4/60</p>	<p>Esta unidad consta de dos compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un</p>	<p>Este equipo se encuentra ubicado en la azotea de la planta baja del edificio de posgrado, área de laboratorios y brinda servicio a las áreas de metrología.</p>

	tablero de control.	
Unidad tipo paquete marca York modelo DICE180A-25 de 180,000 BTU/Hr. (15 T. R.) operada a 220 /4/60	Esta unidad consta de tres compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un tablero de control.	Este equipo se encuentra ubicado en la azotea de la planta baja del centro de computo y brinda servicio a las áreas salas general y sala de impresión.
Unidad tipo paquete marca York modelo DICE240A-25 de 240,000 BTU/Hr. (20 T. R.) operada a 220 /4/60	Esta unidad consta de cuatro compresores herméticos marca coopeland de 5 (T.R.) cada uno, con un serpentín de condensación en dos circuitos con motoventiladores (2) para cada circuito y un serpentín de evaporación con y una turbina de extracción e inyección y un motor eléctrico para impulsarla, válvulas de expansión (2) y un tablero de control.	Este equipo se encuentra ubicado en la azotea del edificio de posgrado área administrativa y brinda servicio al auditorio de ese edificio.
Unidad condensadora tipo marca York modelo H2DA036 36.000 BTU/Hr (3 T.R.) que opera a 220/ 4 /60	Equipo con un compresor de 3 toneladas de refrigeración y un moto ventilador y serpentín de condensadora (2)	Unidad instalado en la azotea del primer nivel del centro de computo.
Unidad ventiladora tipo Fan & Coil marca York modelo RMB-1200 con capacidad de 1200 pcm	Equipo instalados en plafón y cuentan con un motor acoplado a una turbina para expulsar aire que pase por el serpentín del evaporador, con control de arranque, paro y automático. (2)	Unidad instalada en plafón de planta baja de los salones para profesores y cursos.
Unidad tipo ventana marca carrier modelo52BE1113a con capacidad de 12,000	Equipo en este equipo se concentra todo el sistema del ciclo de refrigeración. cuenta con compresor de ½ T.R.	Instalado en el edificio de apoyo a la docencia primer nivel, área de diseño gráfico.

<p>BTU/Hr. 127/1/60</p>	<p>Serpentín de condensado y de evaporación y motoventiladores para expulsar el aire caliente.</p>	
-------------------------	--	--

<p>Unidad tipo ventana marca carrier con capacidad de 25,000 BTU/Hr. 127/1/60</p>	<p>Equipo en este equipo se concentra todo el sistema del ciclo de refrigeración, cuenta con compresor de 1 T.R. Serpentín de condensado y de evaporación y motoventiladores para expulsar el aire caliente.</p>	<p>Instalado en el edificio A-6 planta baja en cabina de grabación.</p>
---	--	---

<p>Unidad tipo ventana marca carrier con capacidad de 35,000 BTU/Hr. 127/1/60</p>	<p>Equipo en este equipo se concentra todo el sistema del ciclo de refrigeración, cuenta con compresor de 1.5 T.R. Serpentín de condensado y de evaporación y motoventiladores para expulsar el aire caliente</p>	<p>Instalado en el edificio A-6 planta baja en cabina.</p>
---	---	--

“Equipos de extracción de aire”
Área de ventilación mecánica

<p>Extractor tipo Vena Set de 100 m³/ Hr 220 / 3 /60</p>	<p>Extractor marca ARMEE tamaño 100 ABC con motor eléctrico de 5 HP, chumaceras y poleas, banda y turbina.</p>	<p>Edificio de talleres de comunicación y diseño, planta baja talleres fotomecánica.</p>
---	--	--

<p>Extractor tipo Vent Set de 300 m³/ Hr 220 / 3 /60</p>	<p>Extractor marca ARMEE tamaño 300 ABC con motor eléctrico de 5 HP, turbina, chumaceras, poleas, banda y gabinete</p>	<p>Edificio de talleres de comunicación y diseño, azotea de talleres de serigrafía.</p>
---	--	---

<p>Extractor tipo centrifugo de 50 m³/ Hr 127 / 1 /60</p>	<p>Extractor marca ARMEE tamaño 50 ABC con motor de ¼ de HP, turbina, chumaceras, poleas, banda y gabinete</p>	<p>Edificio de talleres y laboratorios zona de jardines.</p>
--	--	--

<p>Extractor de ventilación tipo centrifugo 50 m³ / Hr 127 / 1 /60</p>	<p>Extractor marca ARMEE tamaño 50 ABC con motor de ½ HP, turbina, chumaceras, poleas, banda y gabinete</p>	<p>Edificio de talleres y laboratorios zona de jardín.</p>
<p>Extractor tipo centrifugo de 50 m³ / Hr 220 / 3 /60</p>	<p>Extractor marca ARMEE tamaño 51 Clase 1 con motor eléctrico, turbina, chumaceras, poleas, banda y gabinete.</p>	<p>Edificio de seminarios para cubiculos de profesores.</p>
<p>Extractor tipo centrifugo de 180 m³ / Hr 220 / 3 /60 marca Recold modelo V-180 FC</p>	<p>Extractor tamaño 180 con motor eléctrico, chumaceras, poleas, banda, turbina y gabinete.</p>	<p>Edificio de teatro José Barros Sierra, cuarto de maquinas primer nivel.</p>
<p>Extractor tipo centrifugo de 240 m³ / Hr 220 / 3 /60 marca Recold modelo V-240 FC</p>	<p>Extractor tamaño 240 con motor eléctrico, chumaceras, poleas, banda, turbina y gabinete.</p>	<p>Edificio de teatro José Barros Sierra, cuarto de maquinas primer nivel.</p>
<p>Extractor tipo centrifugo de 20 m³ / Hr 220 / 3 /60 marca ARMEE modelo 20-esd</p>	<p>Extractor tamaño 20 con motor eléctrico, chumaceras, banda y poleas, turbina y gabinete.</p>	<p>Edificio de teatro José Barros Sierra, cuarto de maquinas primer nivel.</p>
<p>Extractor tipo axial tipo hongo de 50 m³ / Hr 127 / 1 /60</p>	<p>Extractor con motor eléctrico acoplado a aspas de tipo axial a través de flecha.</p>	<p>Edificio de teatro José Barros Sierra, planta baja área de baños.</p>
<p>Extractor centrifugo tipo Vent Set de 100 m³ / Hr marca Vissa modelo 100 B, 220 / 3 /60</p>	<p>Extractor tamaño 100 ABC con motor eléctrico, chumaceras y poleas, banda, turbina y gabinete.</p>	<p>Edificio de centro de computo Azotea (área de baños)</p>

V. Características de las instalaciones.

<p>Extractor centrifugo tipo Vent Set marca ARMEE de 60 m³ /Hr.a 220/3/60.</p>	<p>Extractor tamaño 60 con motor eléctrico, chumaceras, banda y poleas, turbina y gabinete.</p>	<p>Edificio A-12 Planta baja Set de televisión.</p>
---	---	---

“Equipo de aire lavado”
Área de ventilación mecánica.

<p>Unidad lavadora de 160 m³/Hr marca Artic-Circle, modelo MCH-160 a 220 / 3 / 60</p>	<p>Equipo que cuenta con un motor eléctrico de 2 HP con poleas, banda, chumaceras, turbina, bomba de agua sumergible, flotador, filtros.</p>	<p>Edificio de talleres de comunicación y diseño en azotea para los talleres de serigrafía.</p>
--	--	---

<p>Unidad lavadora de 60 m³/Hr marca Flack, a 220 / 3 / 60</p>	<p>Equipo que cuenta con un motor eléctrico de 1/2 HP con poleas, banda, chumaceras, turbina, bomba de agua sumergible, flotador, filtros.</p>	<p>Edificio A-12 Set de televisión planta baja.</p>
---	--	---

<p>Unidad lavadora de 60 m³/Hr marca Inpco, a 127 / 1 / 60</p>	<p>Equipo que cuenta con un motor eléctrico de 1/4 HP con poleas, banda, chumaceras, turbina, bomba de agua sumergible, flotador, filtros.</p>	<p>Edificio A-1 Auditorio planta baja</p>
---	--	---

<p>Unidad lavadora de 160,000 BTU/Hr marca Artic-Circle, modelo H-160 a 220 / 3 / 60</p>	<p>Equipo que cuenta con un motor eléctrico de 2 HP con poleas, banda, chumaceras, turbina, bomba de agua sumergible, flotador, filtros.</p>	<p>Edificio teatro José Barros Sierra cuarto de maquinas en primer nivel.</p>
--	--	---

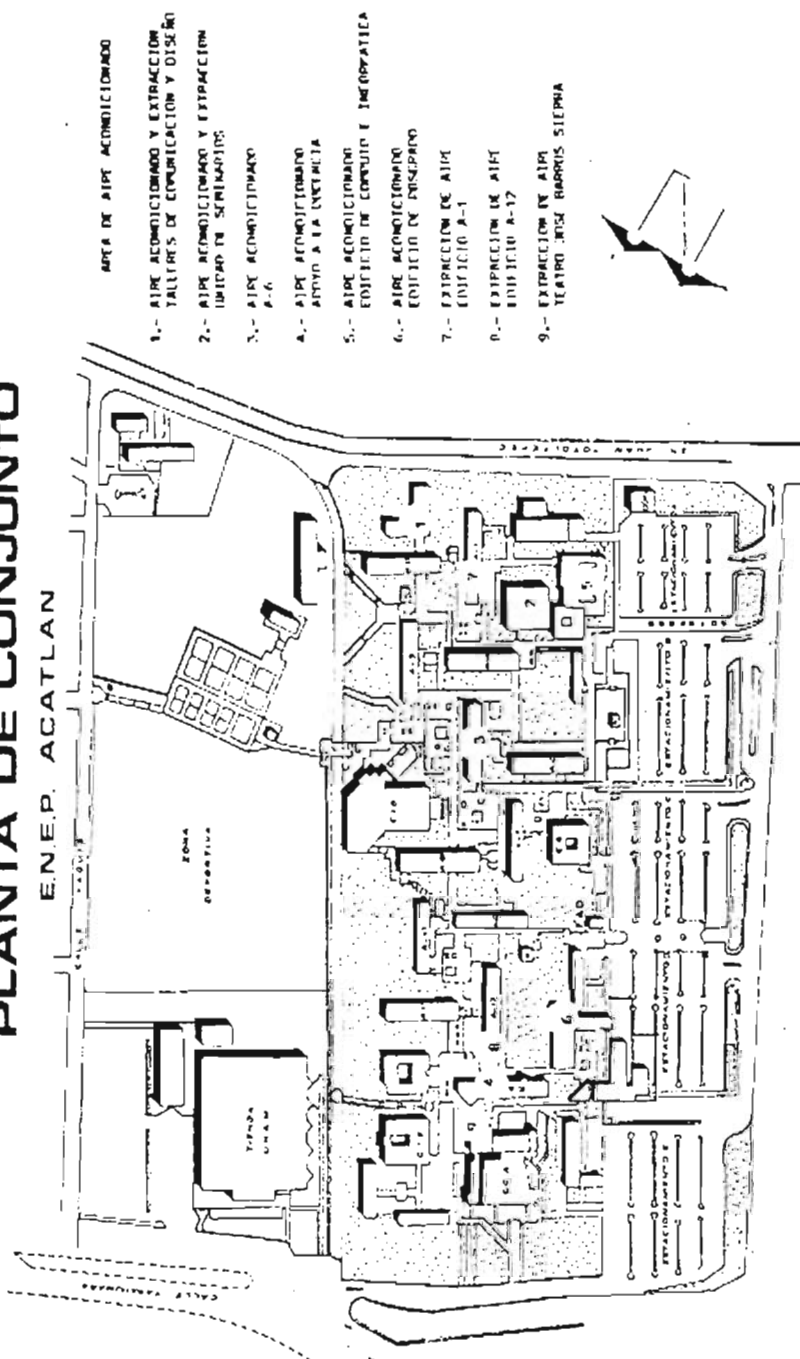
5.4.3. Planos y diagramas.

Se muestran algunos de los planos en donde se ubican los equipos de aire acondicionado y ventilación del plantel.

DISTRIBUCION DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO EN EL PLANTEL.

PLANTA DE CONJUNTO

E.N.E.P. ACATLAN

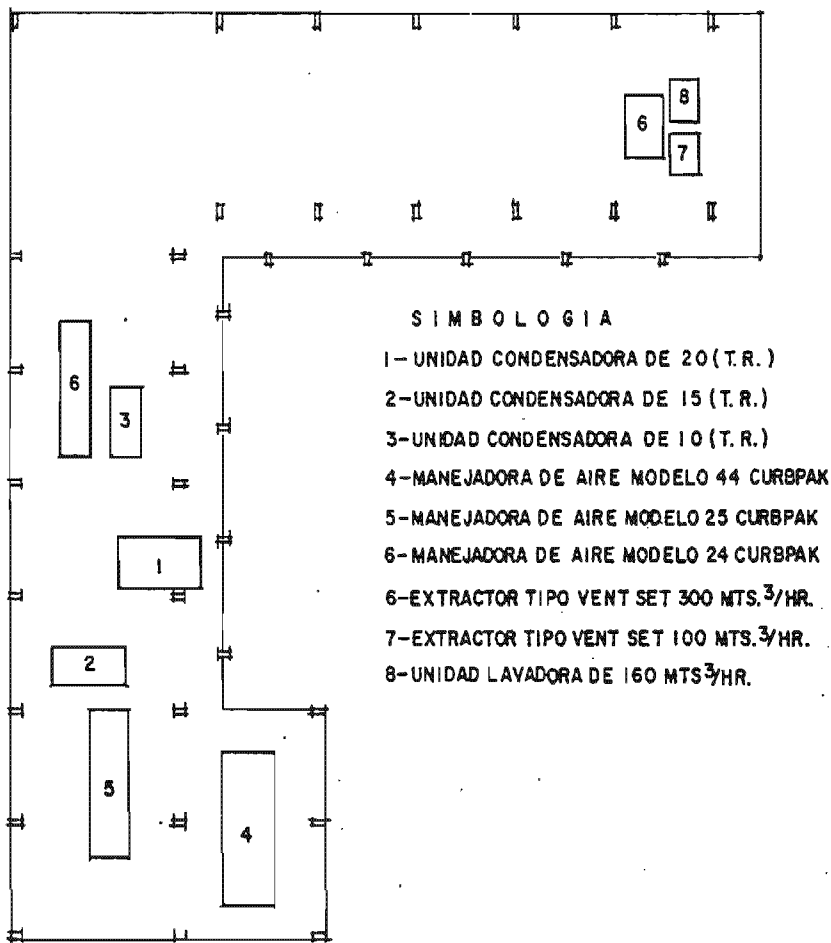


Plano No.5.55 Planta de ubicación de equipos de aire acondicionado.

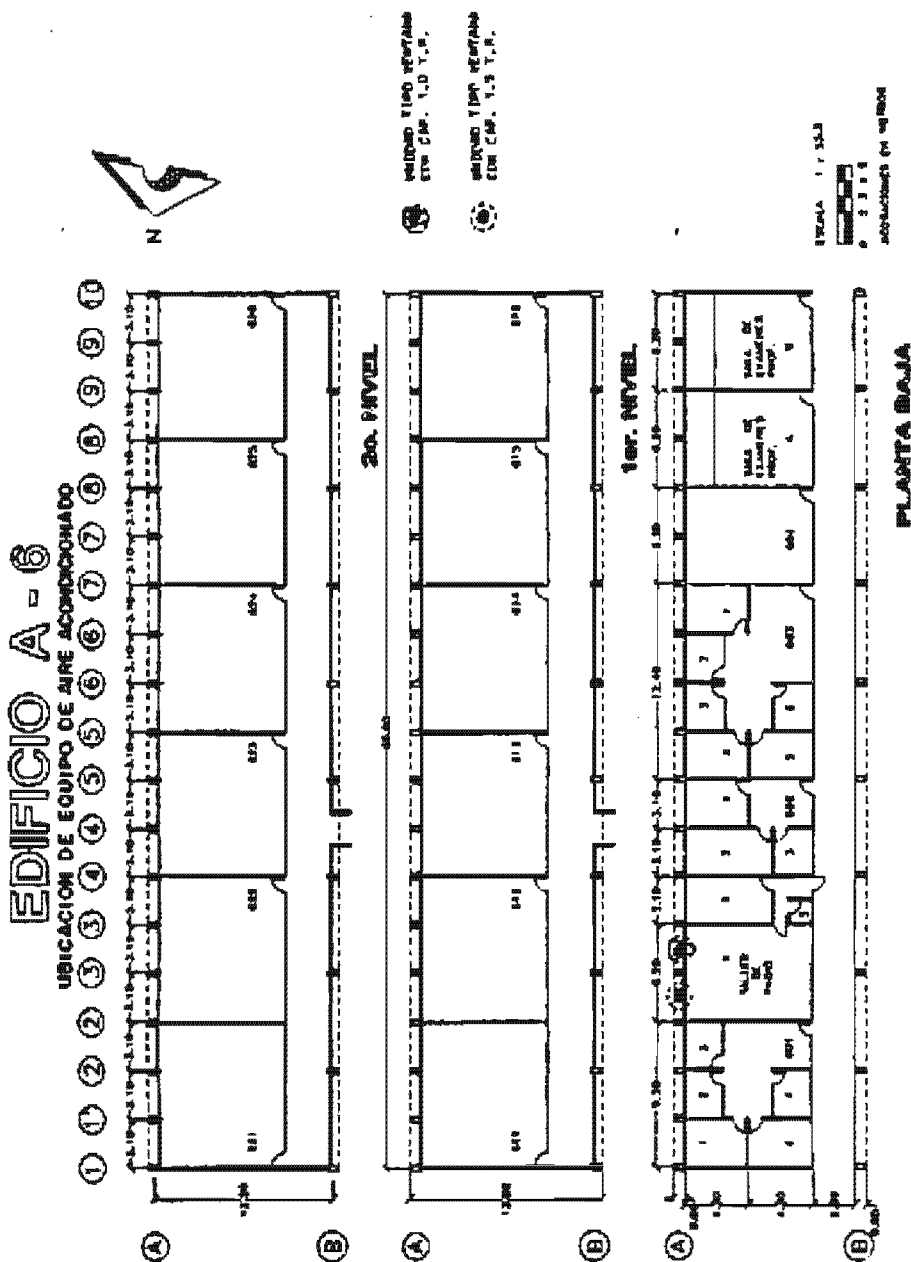
TALLERES DE COMUNICACION Y DISEÑO

PLANTA DE AZOTEA

UBICACION DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO



Plano No. 5.56. Azotea de edificio de talleres de comunicación y diseño.

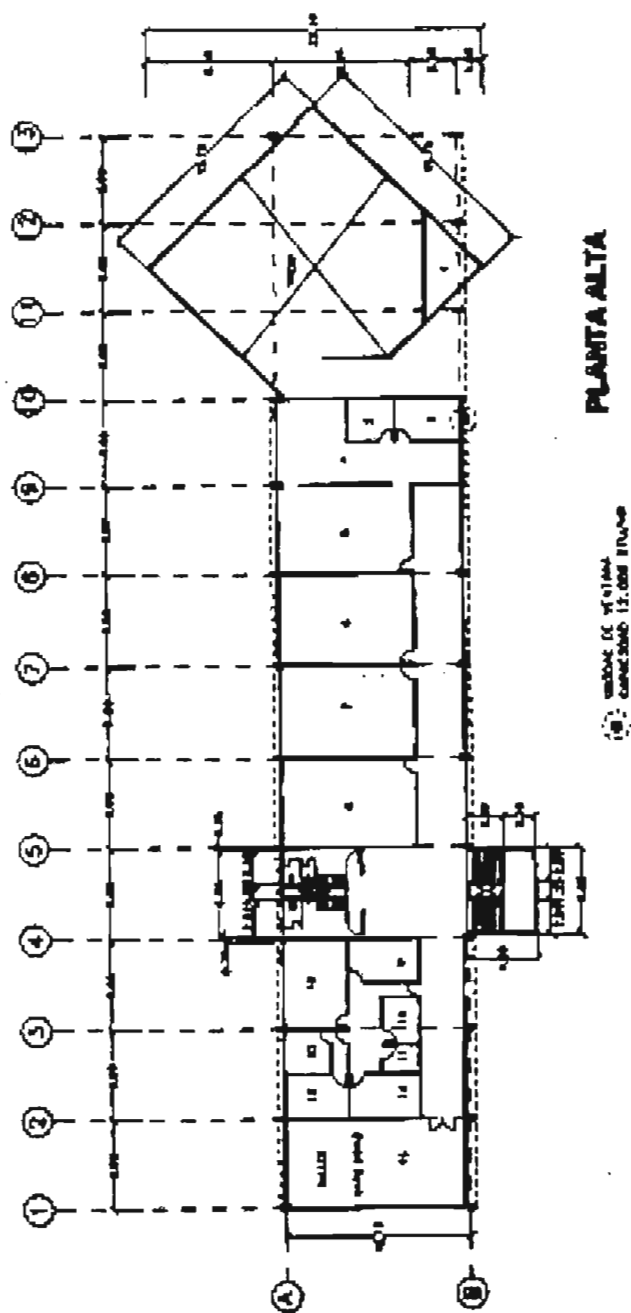


Plano No. 5.57. Planta de edificio A-6.



EDIFICIO DE APOYO A LA DOCENCIA

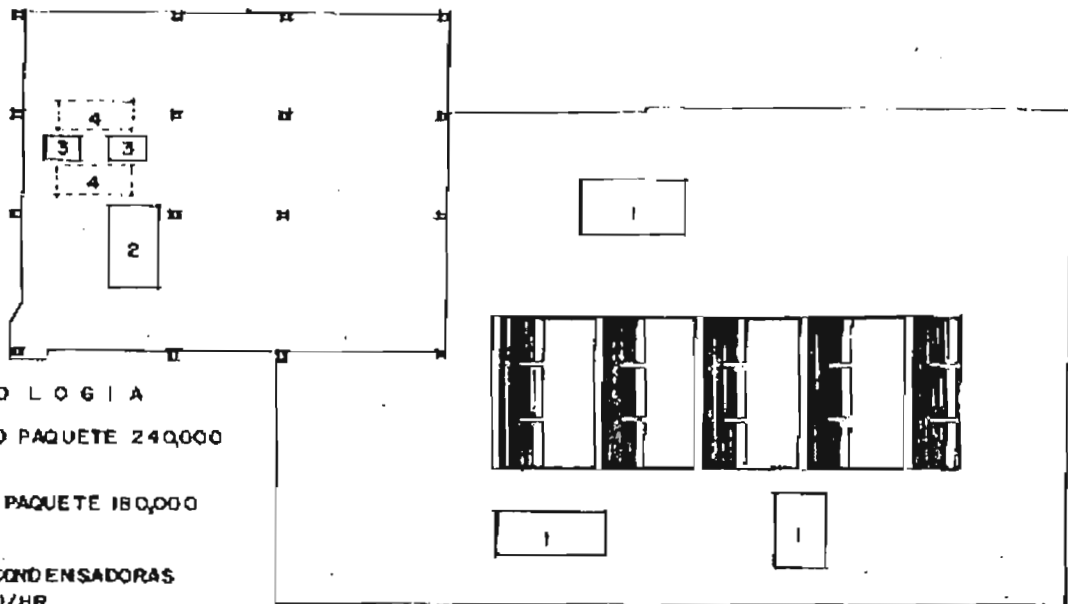
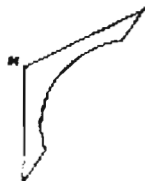
UBICACIÓN DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO



Plano No. 5.58. Planta de edificio de apoyo a la docencia.

COMPUTO NUEVO PLANTA DE AZOTEA

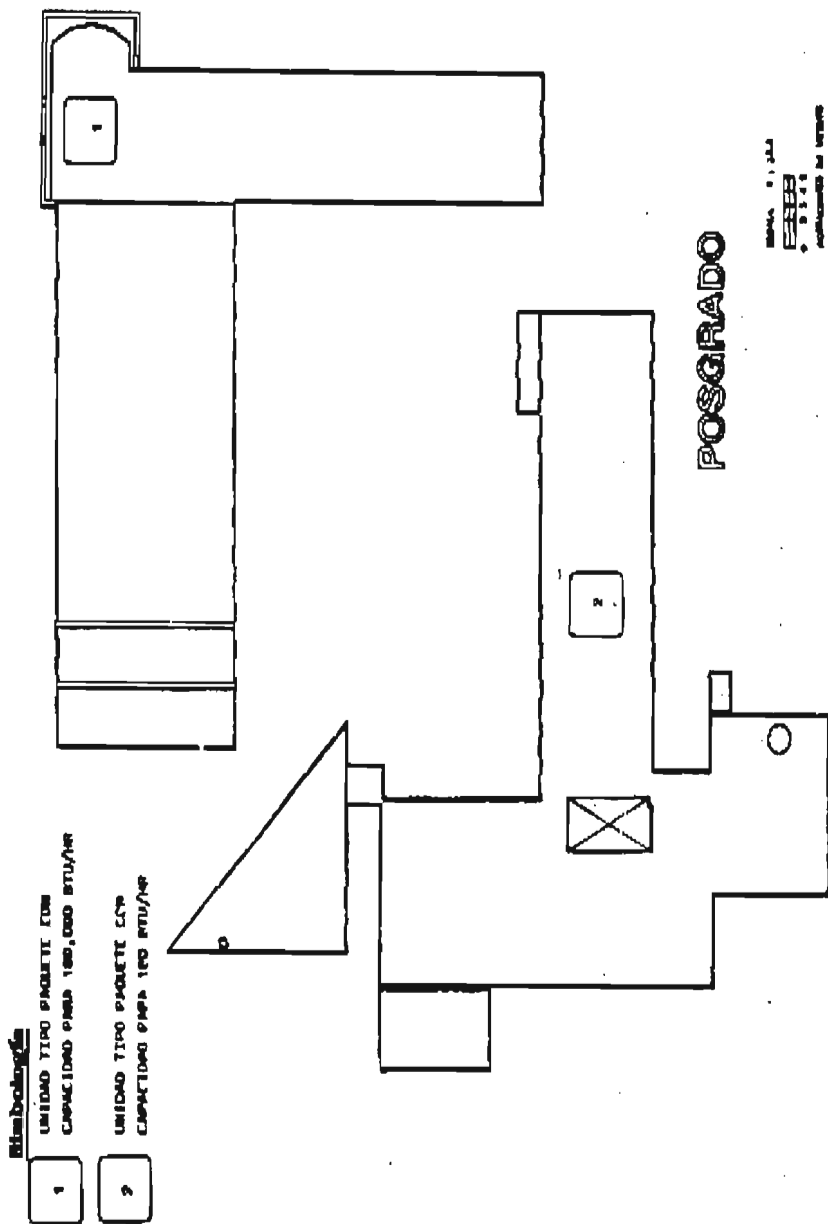
UBICACION DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO



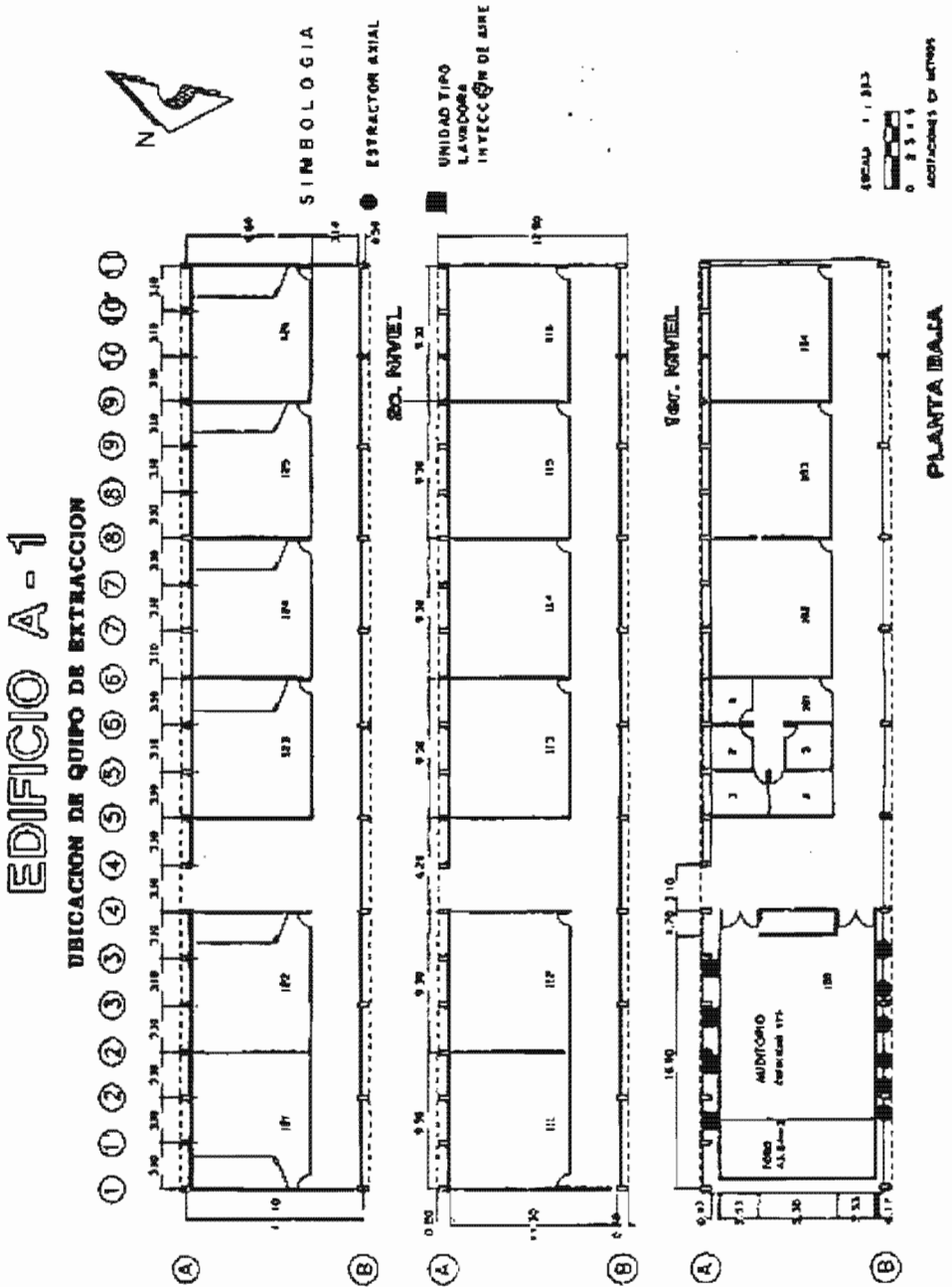
SIMBOLOGIA

- 1- UNIDAD TIPO PAQUETE 240,000 BTU./HR.
- 2- UNIDAD TIPO PAQUETE 180,000 BTU/HR.
- 3- UNIDADES CONDENSADORAS 36,000 BTU/HR.
- 4- UNIDAD EVAPORATIVA 36,000 BTU/HR. EN PLANTA BAJA

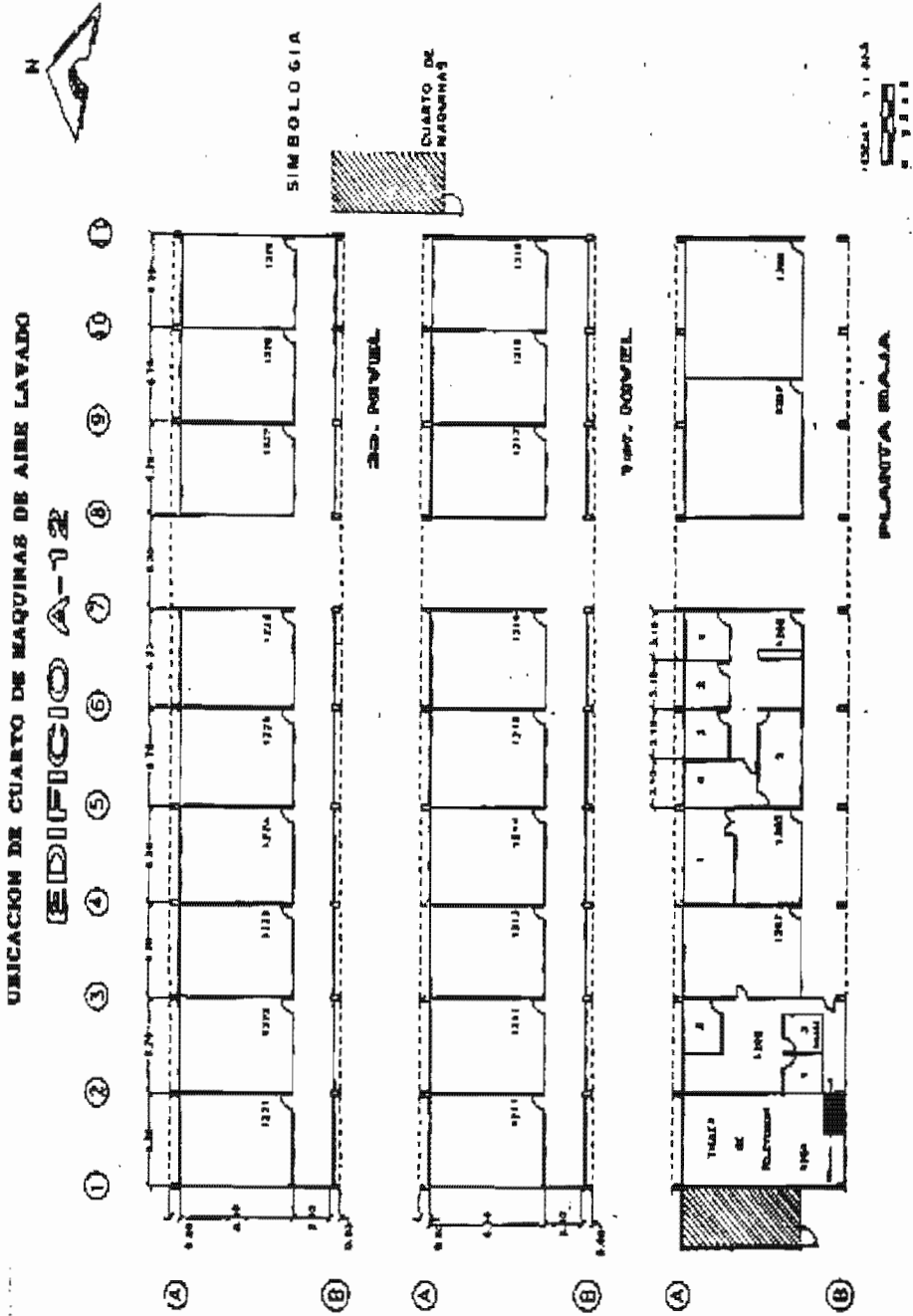
PLANTA DE AZOTEA
UBICACION DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO



Plano No. 5.60. Azotea de edificio de posgrado.

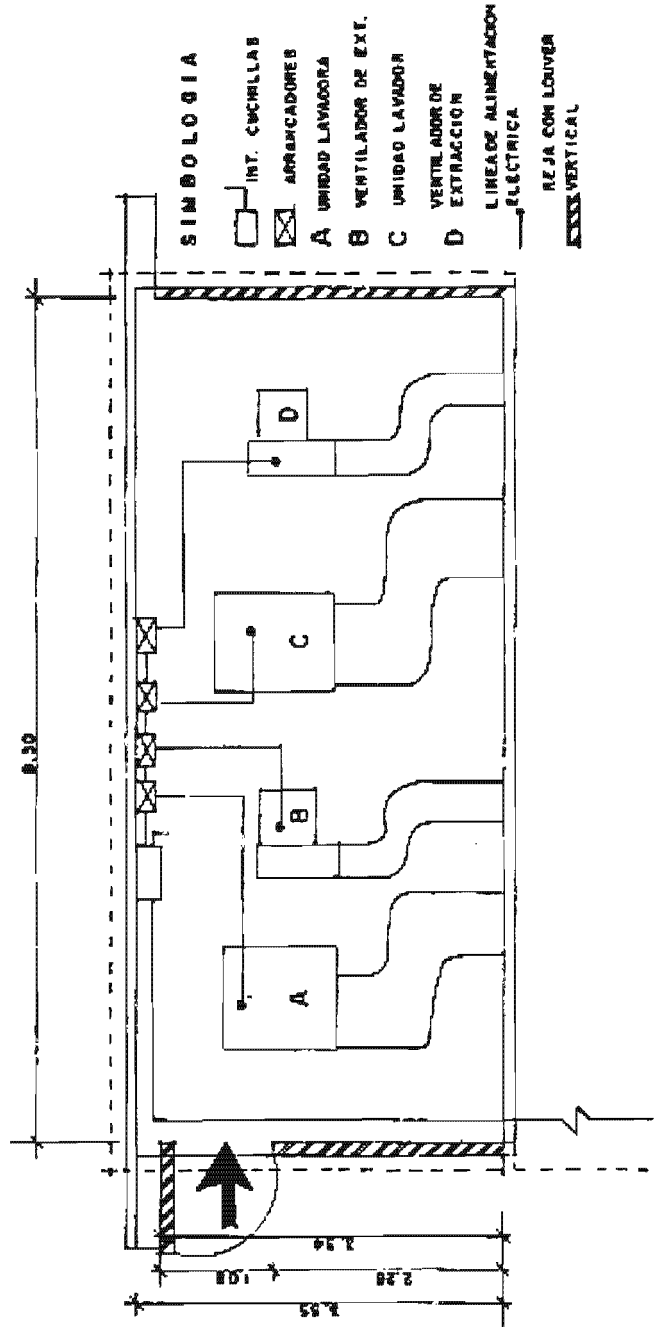


Plano No. 5.61. Planta del edificio A-1.



Plano No. 5.62. Planta del edificio A-12.

CUARTO DE MAQUINAS TALLERES DE TELEVISION EDIFICIO A-12 P.B.
EQUIPOS DE AIRE LAVADO Y EXTRACCION DE AIRE



ESC. 1 : 500

Plano No. 5.63. Planta de cuarto de máquinas (aire lavado) A-12.

EQUIPOS INSTALADOS.

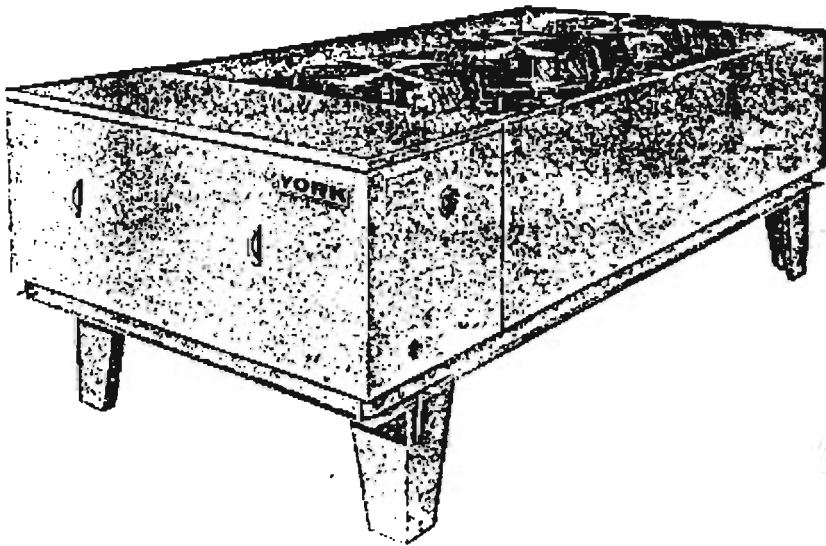


Figura No. 5.80. Vista en perspectiva de condensadora de equipo dividido de 20 T.R.

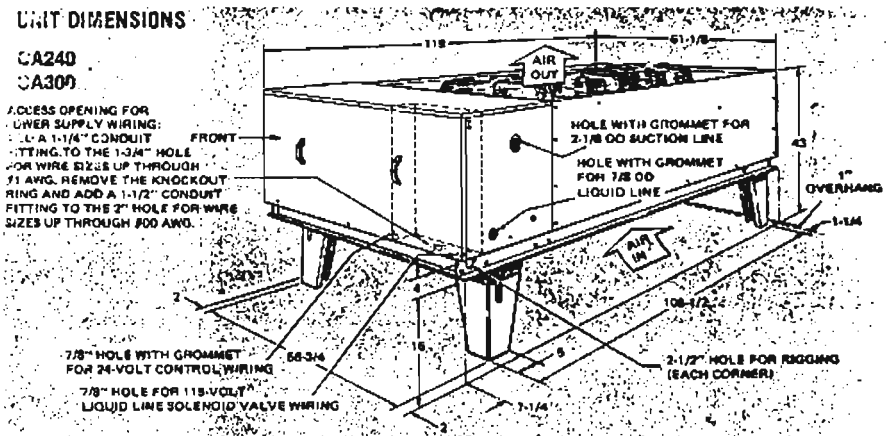


Figura No. 5.81. Descripción de dimensiones y dirección de flujo de aire condensado

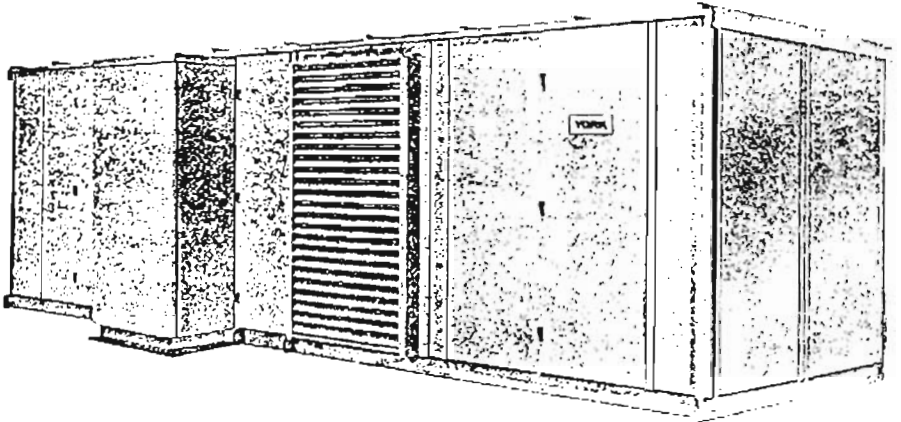


Figura No. 82 Vista en perspectiva de unidad manejadora de aire

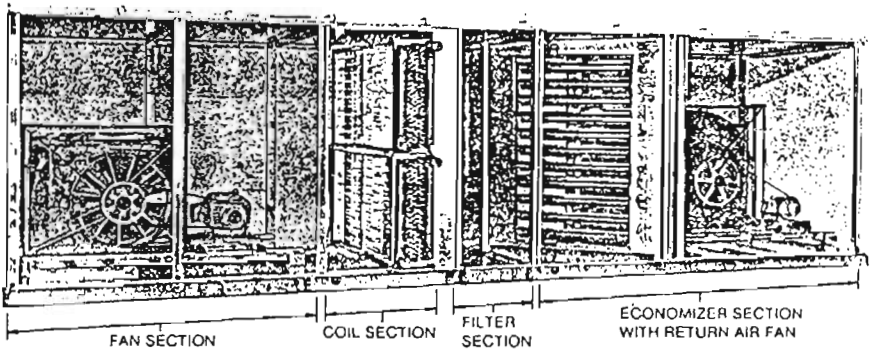


Figura No. 5.83. Vista interior de unidad manejadora de aire.

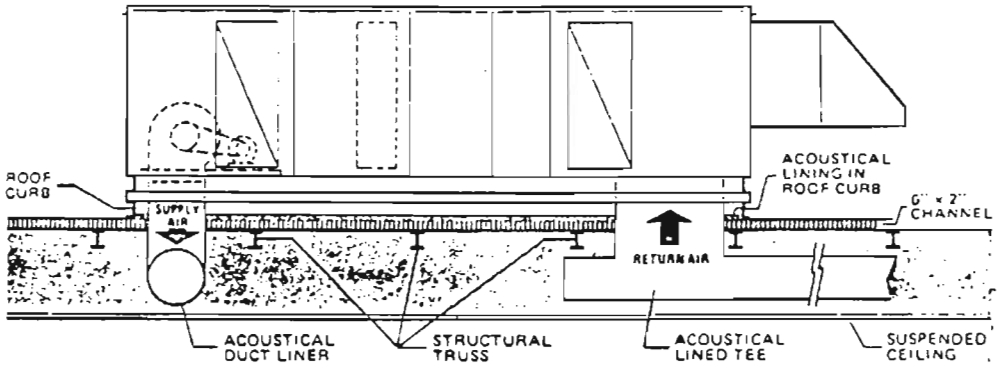


Figura No. 5.84. Vista interior de manejadora de aire donde se muestra el flujo de aire de condensación.

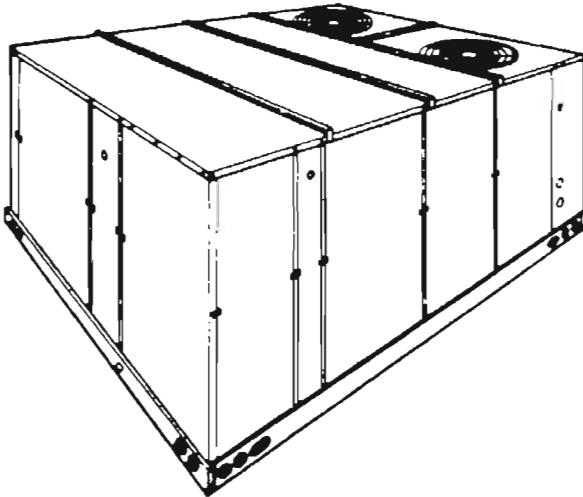


Figura No. 5.85. Vista en perspectiva de equipo paquete de aire acondicionado.

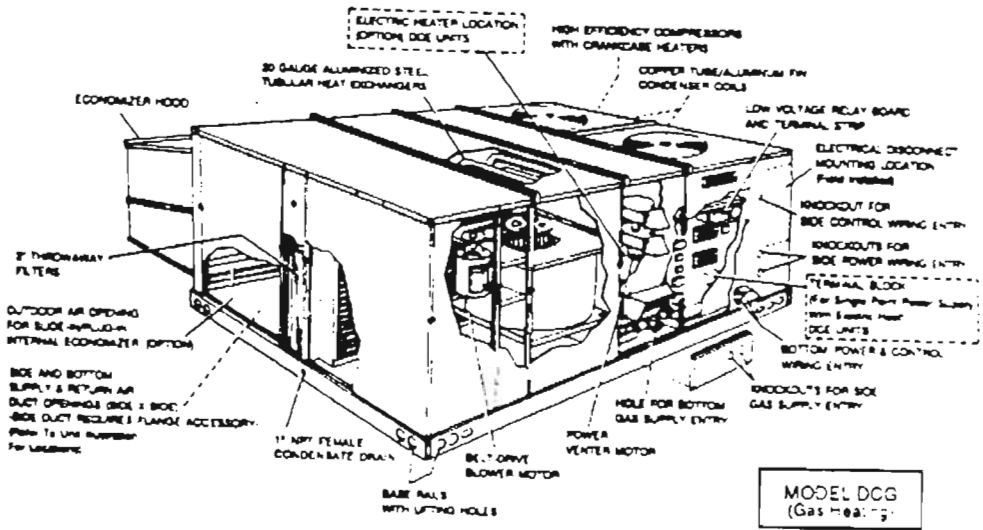


Figura No. 5.86. Vista interior de un equipo tipo paquete con la descripción.

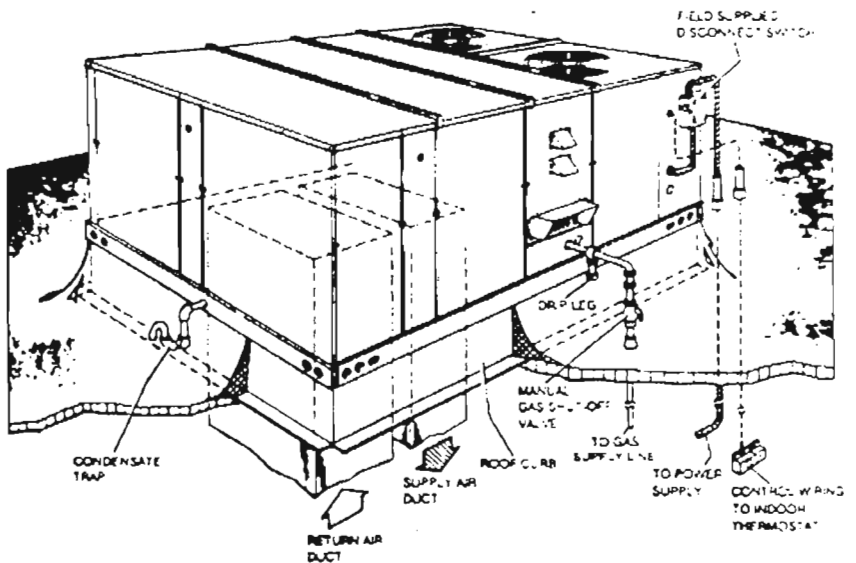


Figura No. 5.87. Vista de aditamentos exteriores de los equipos tipo paquetes.

TYPICAL APPLICATIONS

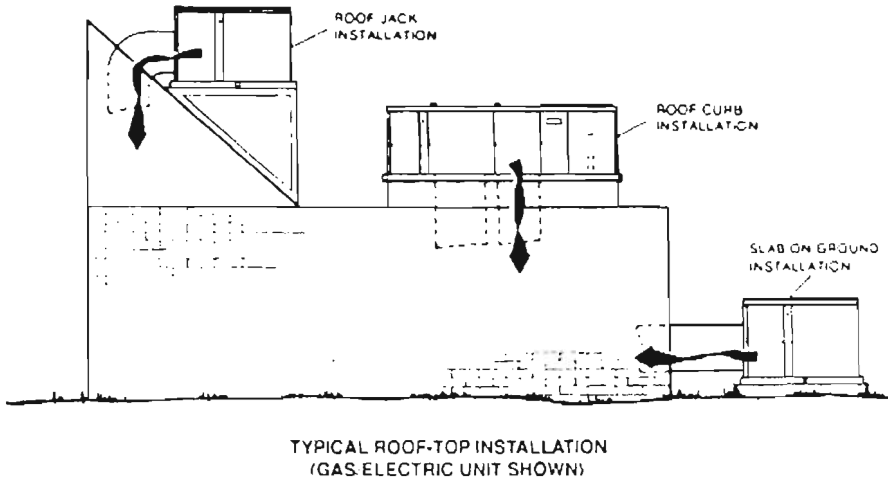


Figura No. 5.88. Tipos de montajes y entrada de flujos de equipos de aire acondicionado.

Principales Partes de un Enfriador Evaporativo

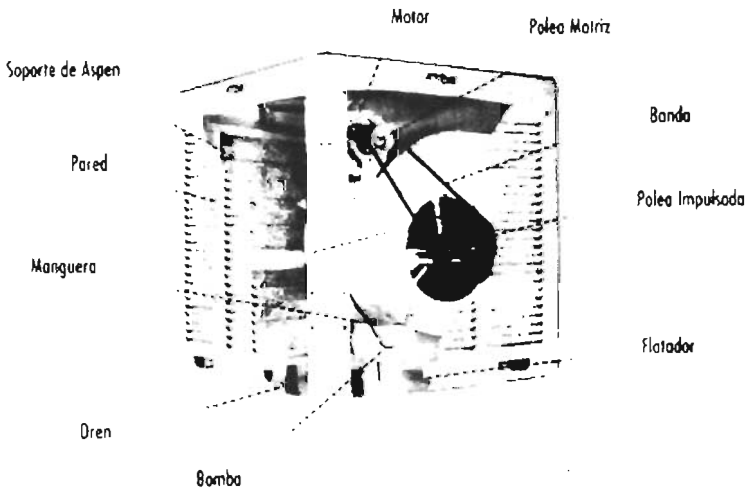


Figura No. 5.89. Equipo típico de lavado de aire.

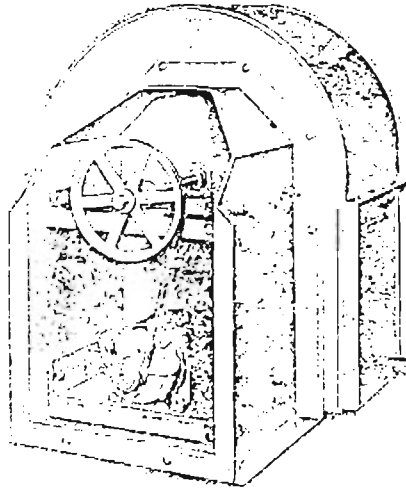


Figura No. 5.90. Vista de equipo de extracción tipo Vent- Set.



Figura No. 5.91. Equipos tipo divididos en edificio de diseño y comunicación

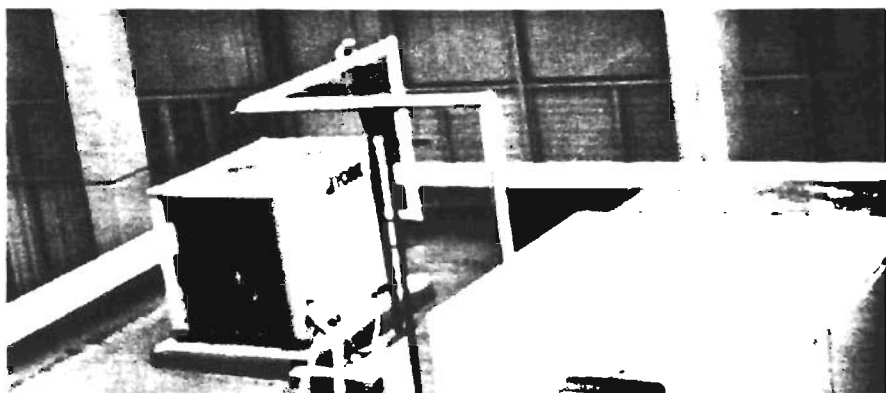


Figura No. 5.92. Equipo de tipo dividido para cuarto de máquinas del C.C.



Figura No. 5.93. Equipo tipo paquete edificio del C. C.



Figura No. 5.94. Equipo de aire lavado y extracción edificio de diseño y comunicación.



Figura No. 5.95. Equipo de aire lavado para el auditorio A-1.

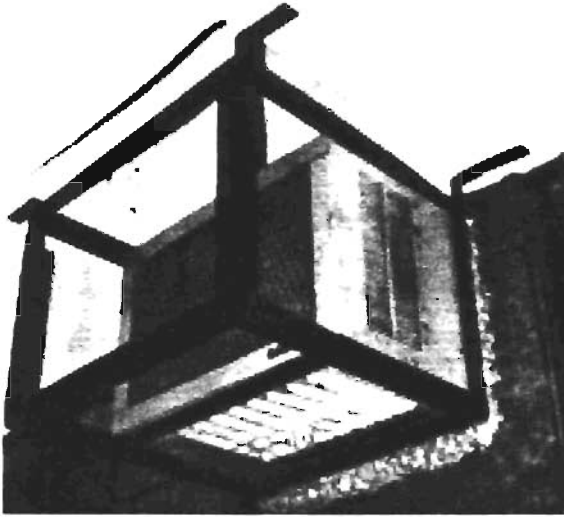


Figura No. 5.96. Equipo de tipo de ventana instalado en el edificio A-7.

5.4.4. *El mantenimiento.*

Como ya se ha dicho en anteriormente, para poder entender la operación de cualquier tipo de instalación, siempre es importante conocer primeramente sus funciones básicas, por tal motivo hemos comenzado hablando de los fenómenos físicos que sufre un elemento natural o compuesto químico que nos ayudará a entender el porque de las cosas. Hemos hablado del fenómeno físico de la refrigeración, y cómo en la actualidad se han podido desarrollar sistemas tan complejos y eficientes, que en conjunto brindan este servicio al hombre.

Por otro lado, para poder brindar un buen servicio en las áreas eléctrica, mecánica, hidráulica o aire acondicionado, siempre se deberán hacer estudios y cálculos preliminares, que puedan poner de manera clara los alcances de cualquier proyecto final o instalación existentes, de manera particular en las instalaciones de aire acondicionado siempre se deberán hacer estos estudios a detalle para poder obtener el mejor beneficio al menor costo.

Hemos estudiado la psicrometría, sus conceptos teóricos del comportamiento del aire y la humedad al variar temperatura o viceversa, de la misma manera es importante conocer las características del inmueble que se va a enfriar, desde el proyecto (si la instalación es nueva) o aun cuando el inmueble ya exista y se tengan que hacer adaptaciones a la misma, conocer acabados, dimensiones del local o locales a los que se les brinda el servicio de aire acondicionado, tipo de ventanería tipo de iluminación que se utiliza o que se usará en el proyecto, la cantidad de afluencia que tendrá el inmueble y la orientación solar.

Este punto es muy importante, ya que existen cargas de calor provocadas por efectos naturales (Sol) o artificiales (Iluminación interior, equipo o máquinas que generen calor entre otros).

Existen formas de poder calcular las cargas térmicas producidas en una residencia o comercio, pero debido al tema que atañe a esta tesis, en este caso solo se dará la referencia bibliográfica para poder hacer este tipo de consulta.⁵

Ahora hablaremos de los principales puntos que se deben conocer en el uso de equipos de aire acondicionado tanto en su instalación como en su operación, con la finalidad de poder desarrollar un mantenimiento adecuado y completo a los mismos sistemas.

Principios de operación de equipos de aire acondicionado

Podemos resumir las partes que componen a un sistema de aire acondicionado en tres principalmente: eléctrica, refrigeración (mecánica) y control.

Hablemos de manera resumida de cada una de ellas.

Partes eléctricas.

Todos los sistemas de aire acondicionado modernos tienen componentes eléctricos. Cuando hablamos de motores de tipo inductivo, estos se encuentran por varias partes, en el sistema de condensación existen motores eléctricos que mueven los ventiladores para enfriar el refrigerante, el mismo compresor es movido por un motor eléctrico acoplado de manera directa al mismo y todos estos componentes requieren de una alimentación eléctrica, con una capacidad de potencia que dependerá del tamaño del sistema.

Para los equipos instalados en la FES Acatlán se tienen equipos de gran tamaño, 2 toneladas de refrigeración es la mayor capacidad. Este equipo opera con una alimentación trifásica a 220 Volts de CA a 4 hilos, 3 fases 1 Neutro, de esta alimentación se derivan por fase desde los tableros de distribución a la alimentación de los componentes de 110 Volts CA y en el caso de los componentes que utilizan voltajes bajos como 24 y 12 Volts de CD, se cuenta con transformadores reductores integrados al mismo equipo los cuales son proporcionados por el mismo fabricante.

En la siguiente figura No.5.97., se muestra un arreglo típico de una instalación de equipos de aire acondicionado dividido donde se muestran los componentes y la instalación eléctrica instalada.

⁵ **Refrigeración y aire acondicionado** Cálculo de cargas térmicas residenciales y comerciales, ACRI Ed. Prentice Hall Capítulos 6,7 ; p- 378-499

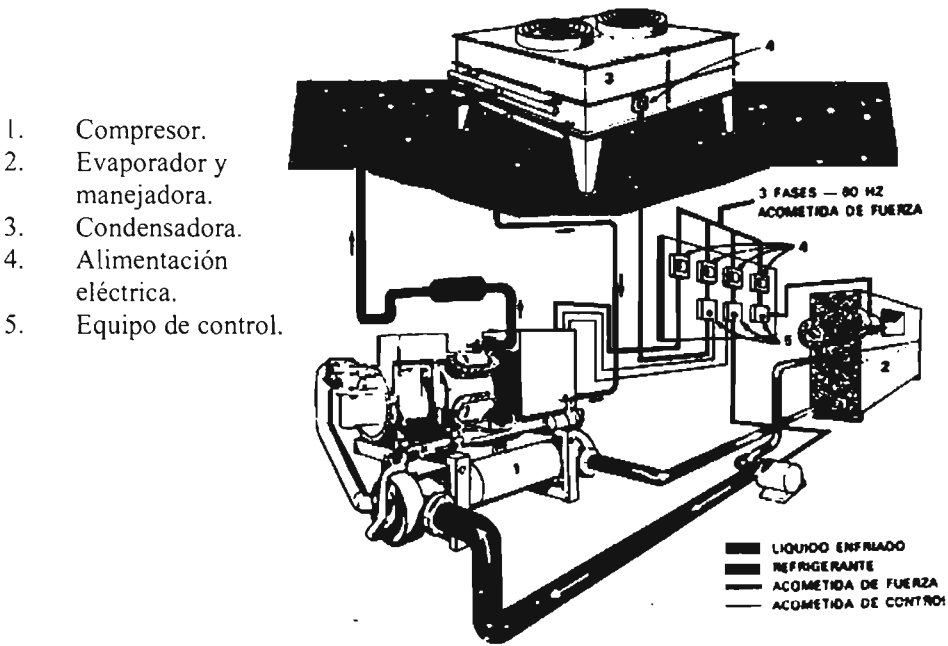


Figura No. 5.97. Componentes básicos de un equipo de aire acondicionado de tipo dividido.

El sistema de alimentación eléctrica es básicamente un circuito de alimentación, donde se encuentran elementos como interruptores de tipo cuchilla, o elementos termomagnéticos, que posteriormente conectan a los controles del equipo, estas conexiones las describen los fabricantes de forma particular.

Cuando se abordó el tema del área eléctrica, se mostró la simbología y terminología que se utilizan en estas instalaciones.

El área de aire acondicionado no es la excepción, ya que también existen elementos eléctricos en los sistemas, es por ello que a continuación se muestran una tabla que muestra los símbolos más usados, así mismo se muestra otra tabla con la terminología que tienen más uso en las instalaciones de aire acondicionado.

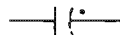
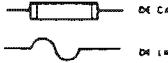
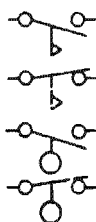
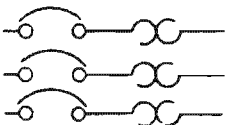

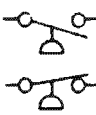


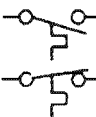

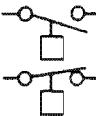


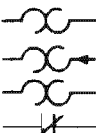




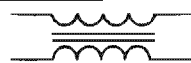

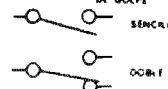

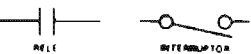
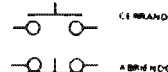
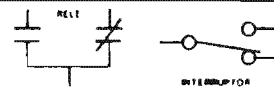
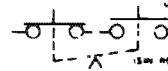
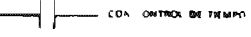
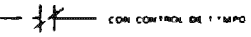
<p>CAPACITOR</p>  <p>* TIERRA CERCAÑA</p>	<p>FUSIBLE</p>  <p>DE CARTUCHO DE LÍNEA</p>	<p>INTERRUPTORES DE FLUJO</p>  <p>CERRA CON EL FLUJO ABRE CON EL FLUJO CERRA AL SUBIR EL NIVEL ABRE AL SUBIR EL NIVEL</p>
<p>DISYUNTOR</p>  <p>DISYUNTOR DE 3 POLOS CON TÉCNICOS DE SOBRECARGA EN LOS 3 POLOS</p>	<p>MOTOR (EN GENERAL)</p> 	<p>DE PRESIÓN O VACÍO</p>  <p>CERRA CUANDO AUMENTA LA PRESIÓN ABRE CUANDO AUMENTA LA PRESIÓN</p>
<p>TIERRA</p> 	<p>EMBOBINADO DE MOTOR</p>  <p>MONOFÁSICO TRIFÁSICO</p>	<p>DE TEMPERATURA</p>  <p>CERRA CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA ABRE CUANDO AUMENTA LA TEMPERATURA</p>
<p>BOBINA</p> <p>BOBINA O RELÉ DE CONTACTOR</p>  <p>* IDENTIFICAR CON UNA LETRA</p>	<p>CONDUCTORES</p> <p>— DE FABRICA (FUERZA) — DE FABRICA (CONTROLER) - - - DEL TÉCNICO (FUERZA) - - - DEL TÉCNICO (CONTROLER)</p>	<p>DE HUMEDAD</p>  <p>CERRA CUANDO AUMENTA LA HUMEDAD ABRE CUANDO AUMENTA LA HUMEDAD</p>
<p>BOBINA</p> <p>BOBINA O RELÉ DE CONTACTOR</p>  <p>* IDENTIFICAR CON UNA LETRA</p>	<p>CRUCE DE CONDUCTORES</p>  <p>CRUCE DE CONDUCTORES SIN CONECTAR CUALQUIER ANGINO</p>	<p>ELEMENTO TÉRMICO</p>  <p>ACCIONADOR TÉRMINICO DE CORTE RELÉ TÉRMICO RELÉ TÉRMICO</p>
<p>CONEXIÓN MECÁNICA</p> <p>- - - (PUNTEADO CORTE)</p>	<p>CONDUCTORES CONECTADOS</p> 	<p>TERMOPAR</p> 
<p>BOBINA</p> <p>BOBINA O RELÉ DE CONTACTOR</p>  <p>* IDENTIFICAR CON UNA LETRA</p>	<p>RESISTENCIA</p>  <p>CALEFACCION</p>	<p>TRANSFORMADOR</p> 
<p>CONTACTO CERRADO</p>  <p>RELÉ INTERRUPTOR</p>	<p>INTERRUPTORES (TÍPICOS)</p> <p>DE GOLPE</p>  <p>SENCILLO DOBTE DOBLE DE DOBLE POLO</p>	<p>SERIAL VISUAL</p>  <p>PILOTO TÍPICO * IDENTIFICAR CON LETRA</p>
<p>CONTACTO ABIERTO</p>  <p>RELÉ INTERRUPTOR</p>	<p>DE BOTÓN (RETORNO CON RESORTE)</p>  <p>CERRANDO ABIRIENDO</p>	
<p>TRASFERENCIA</p>  <p>RELÉ INTERRUPTOR</p>	<p>CON INTERRUPTOR CON RESORTE</p> 	
<p>CONTACTO ABIERTO</p>  <p>CON CONTROL DE TIEMPO</p> <p>T.C.</p>		
<p>CONTACTO CERRADO</p>  <p>CON CONTROL DE TIEMPO</p> <p>T.C.</p>		

Tabla No. 5.13 Simbología más usada en instalaciones eléctricas de aire acondicionado.

DESIGNACIONES CONVENCIONALES

RELES

R	- Relé general
CR	- Relé de enfriamiento
DR	- Relé de descongelamiento
FR	- Relé del ventilador
IFR	- Relé del ventilador interior
OFR	- Relé del ventilador exterior
GR	- Relé de sobrecarga
HR	- Relé de calefacción
LR	- Relé de seguro (seguro abierto o cerrado)
PR	- Relé de protección (relé en serie con dispositivos de protección)
VR	- Relé de voltage
TD	- Dispositivo retardador de tiempo
THR	- Relé térmico (tipo)
M	- Contactor
MA	- Contactor auxiliar

SOLENOIDES

S	- Solenoide general
CS	- Solenoide de capacidad
GS	- Solenoide de gas
RS	- Solenoide reversible

MISCELANEA

C	- HTR - Calefador del cárter
RES	- Resistencia
HTR	- Calefador
PC	- Control de programa
OL	- Sobrecarga
L	- Luz indicadora
●	- Dispositivo de reconexión manual
+	- Dispositivo de reconexión automática

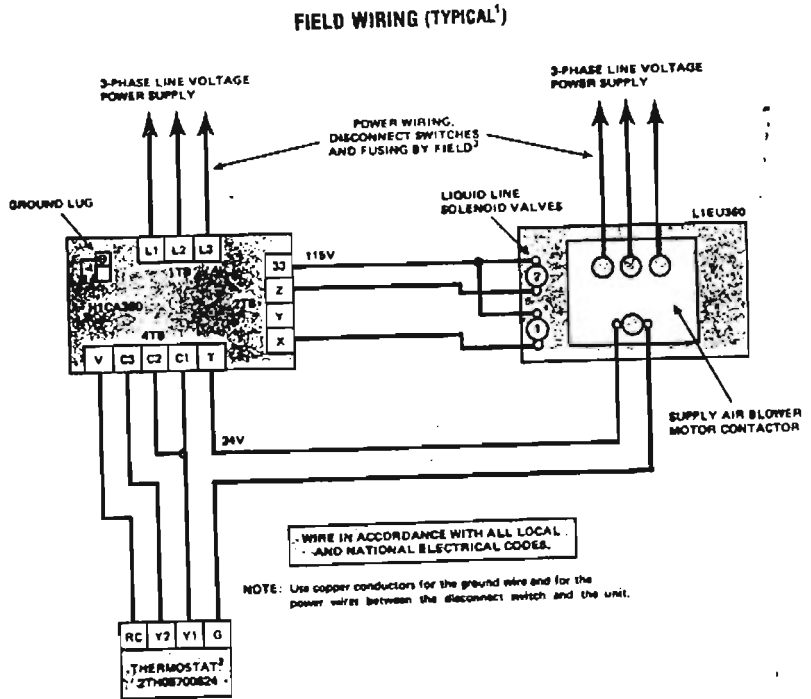
INTERRUPTORES

DI	- Iniciación del descongelamiento
DT	- Terminación del descongelamiento
DI/T	- Iniciación y terminación del descongelamiento (dispositivo de función doble)
GP	- Presión de gas
HP	- Alta presión
LP	- Baja presión
HLP	- Combinación de alta y baja presión
OP	- Presión de aceite
RM	- Reconexión manual
FS	- Interruptor de ventilador
SS	- Interruptor del sistema
HS	- Interruptor de humedad (humidistato)
TA	- Termostato ambiental
TC	- Termostato de enfriamiento
TH	- Termostato de calefacción
TMA	- Termostato de aire mezclado
CT	- Termostato del motor del compresor
HT	- Alta temperatura
LT	- Baja temperatura
RT	- Temperatura del refrigerante
WT	- Temperatura del agua

Tabla No. 5.14. Terminología convencional más usada en aire acondicionado.

Ahora se mostrarán algunos ejemplos de los diagramas más comunes que se ven dentro de el área de aire acondicionado, este tipo de diagramas son la herramienta que cualquier personal de mantenimiento tiene que manejar para conocer los arreglos que los fabricantes hacen en cada uno de los equipos, en la siguiente imagen se muestra el tipo de conexión para el equipo de aire acondicionado CA 360 de la marca YORK, en este diagrama se puede ver el tipo de conexión típico en la parte de alimentación del condensador y manejadora donde se encuentra el serpentín del evaporador para mantener control entre los controles y la válvula de expansión selenoide, como se conecta las tres fases en los bornes de alimentación y tierra física, también se muestra la nomenclatura de las terminales del cableado.

Es muy común ver que los diagramas que se tienen dentro de los archivos de un equipo son básicamente los del fabricante, eso tiene que complementarse con la información que se debe tener del proyecto integral, ya que es muy frecuente que cuando se hacen inspecciones por algún servicio o falla del equipo, en muchas ocasiones no son los componentes del equipo los que se dañan, sino los elementos de protección de alimentación, es por ello que se debe contar con diagramas unifilares de la instalación de acometida, diagramas de circuitos derivados de cada uno de los equipos secundarios, que pudieran estar trabajando en esa misma instalación y esto ayudará para no tener problemas o pérdidas de tiempo, al momento de empezar un trabajo de revisión. En la siguiente figura se muestra un diagrama típico de conexión eléctrica de equipo de aire acondicionado tipo dividido (especificación dada por el fabricante).



1. The number of capacity stages, liquid line solenoid valves, terminals, and terminal blocks will vary with each unit. Refer to the appropriate wiring diagram and/or installation instruction for the actual connection diagram.
2. For additional stages of capacity control, use electronic control accessory 2ECD4700124.
3. Size per electrical data table on page B.

Figura No.5.98. Diagrama de conexión de fuerza en equipo de aire acondicionado

En cuanto a los procedimientos a seguir sobre los puntos a revisar en el área eléctrica mencionaremos los siguientes.

La mayoría de los problemas de servicio en el campo de la refrigeración se encuentran en los circuitos de control, el conocimiento del sistema eléctrico el manejo de los medidores eléctricos, es un método que facilita la localización de fallas.

Como ya se sabe, si se desea verificar el voltaje el instrumento que se usa es el voltímetro, para la corriente eléctrica se debe utilizar el amperímetro, si se quiere medir la resistencia eléctrica del sistema o sus componentes, para cortos en el circuito o para continuidad de un circuito el instrumento a usar debe ser un óhmetro y en la siguiente fotografía se muestran algunos de los instrumentos de medición más comunes y modernos.

1. Multímetro análogo graficador. Mide temperatura, humedad, amperaje y voltaje de CA.
2. Multímetro análogo de alto voltaje.
3. Multímetro digital portátil a prueba de agua, para trabajos de instalaciones de alto y bajo voltaje, mide voltaje, amperaje, resistencia.
4. Multímetro digital portátil para trabajo semipesado, trabaja con voltaje de CA y mide resistencia, continuidad, impedancia y aislamiento.
5. Probador digital de corto circuito a tierra para instalaciones monofásicas.
6. Probador análogo de continuidad y aislamiento.
7. Probador meger con resistencia a tierra.
8. Multímetro digital.
- 9,10,11,12. Amperímetros digitales de gancho, para diferentes capacidades de medición.

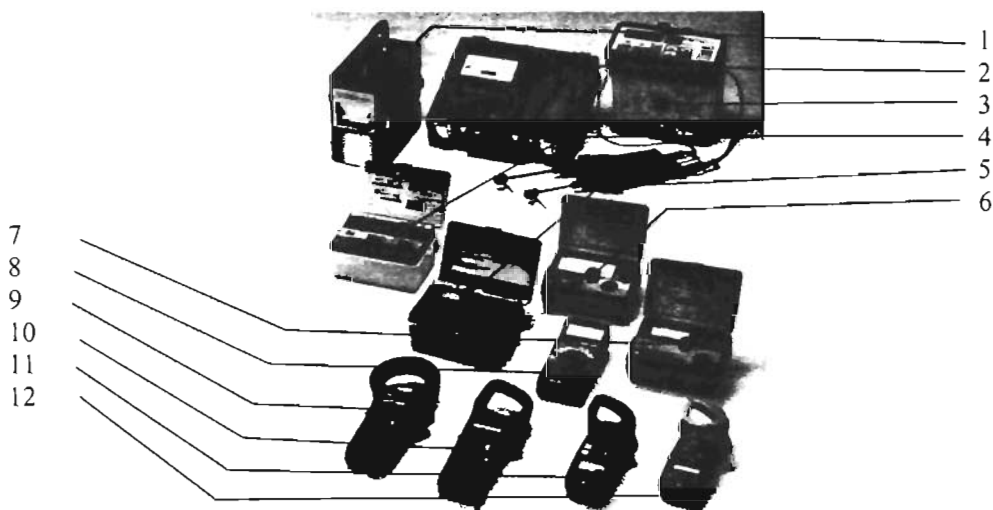


Figura No. 5.99. Se muestran los diferentes tipos de instrumentos de medición existentes en el mercado.

Las siguientes figuras, muestran la revisión del sistema eléctrico de alimentación tableros de control de un equipo de aire acondicionado.

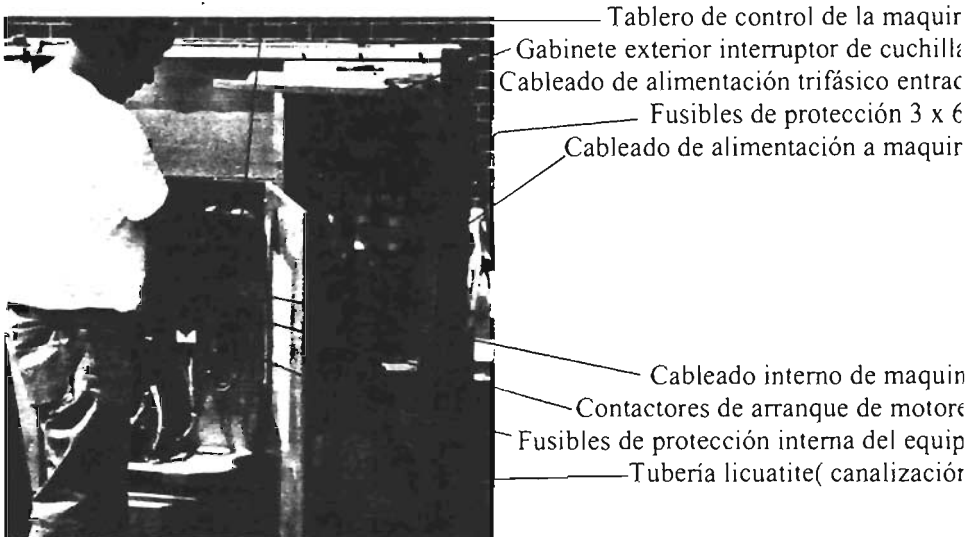


Figura No 5.100 Vista a los componentes eléctricos de un equipo de aire acondicionado tipo paquete.

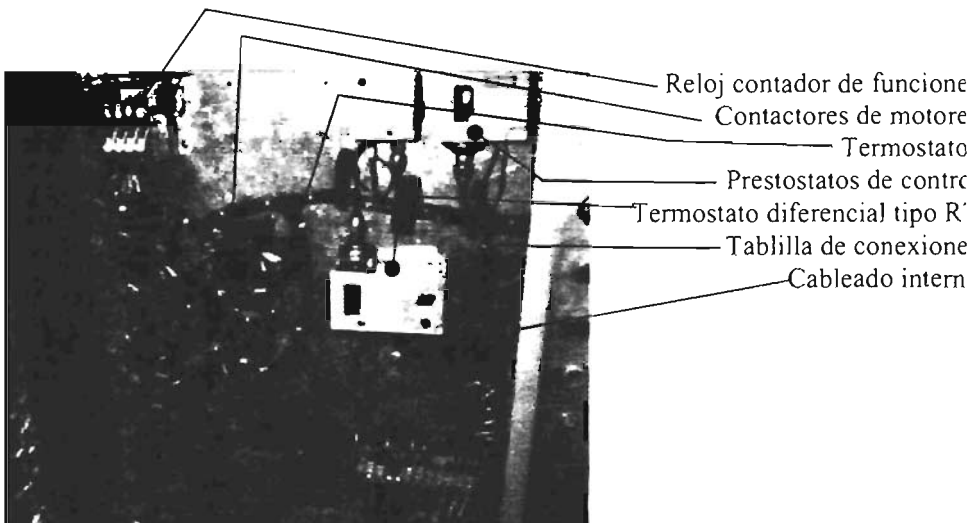


Figura No. 5.101. Componentes internos de un sistema de aire acondicionado tablero de sensores de presión.

Para poder realizar un mantenimiento adecuado a los sistemas eléctricos de los equipos de aire acondicionado, hay que realizar la revisión de los siguientes puntos.

- ◆ Revisión de voltajes y amperajes en líneas de alimentación.
- ◆ Revisión de amperajes en motores.
- ◆ Revisión de amperajes en compresores.
- ◆ Revisión de secuencia de operación en señales de termostatos.
- ◆ Revisión de secuencia de operación en señales de válvulas de expansión.
- ◆ Revisión de operación de contactores y estado de los platinos.
- ◆ Revisión de operación de sistemas precalentadores de aceite de compresores.
- ◆ Revisión de operación de timers y sensores de temperatura.
- ◆ Revisión de operación de conexiones y terminales de los componentes.
- ◆ Revisión de operación de tarjetas de control.
- ◆ Revisión de operación de termomagnéticos.

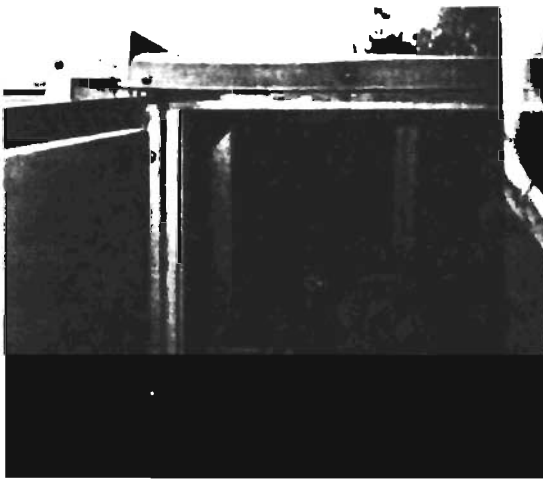


Figura No. 5.102 La figura muestra el interior de un equipo de manejadora de aire, en este equipo se encuentran los motores eléctricos, que impulsan a los ventiladores tipo turbina para succionar e inyectar el aire de las áreas a las que se les brindara el servicio.

Las partes técnicas que deben complementar un sistema de aire acondicionado son varias, una de ellas es la parte de refrigeración (mecánica).

Partes de refrigeración.

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el método más común de transferencia de energía calórica, existen cuatro elementos principales en el ciclo de compresión, el evaporador, el compresor, el condensador y el aparato de control de flujo de refrigerante.

Hablemos del primer elemento mencionado, el *EVAPORADOR* o serpentín de enfriamiento (para el aire a enfriar), es la parte del sistema de refrigeración donde se retira el calor del producto (aire, agua o algo que debe enfriarse), esto se lleva a cabo de la siguiente manera; el refrigerante es bombeado por el compresor al serpentín cuando el refrigerante entra a los pasajes del evaporador, este absorbe calor de los productos que serán enfriados (aire) cuando absorbe calor de la carga, empieza a hervir y se vaporiza, en este proceso el evaporador ejecuta el propósito total del sistema, la refrigeración.

El diseño más común es usado en instalaciones de refrigeración y aire acondicionado, en la siguiente imagen se puede apreciar claramente el serpentín del evaporador de una unidad tipo ventana con capacidad de 1 tonelada de refrigeración.

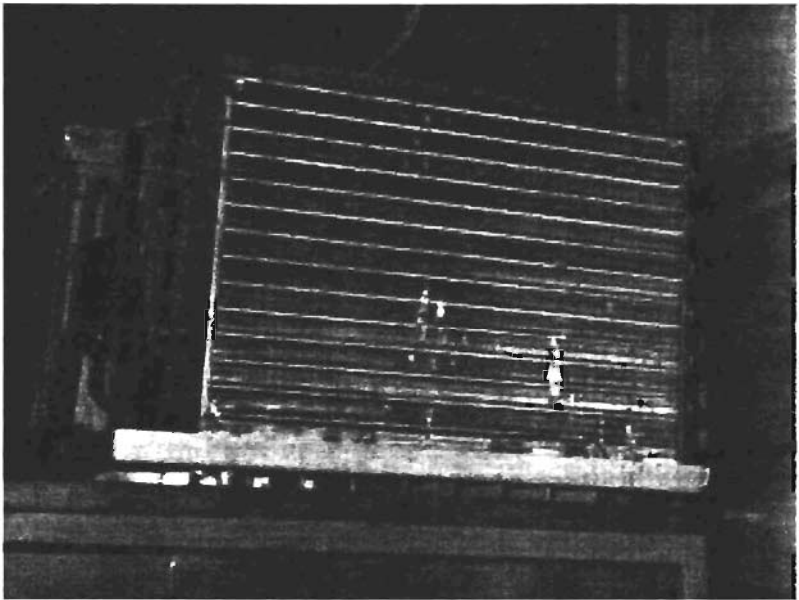


Figura No. 5.103. Vista frontal de serpentín evaporador de equipo tipo ventana

En la siguiente figura se muestra el mismo equipo pero con una vista lateral, se puede apreciar con mejor detalle los componentes de este equipo.



- Serpentín evaporador.
- Ventilador axial de enfriamiento del evaporador.
- Compresor tipo hermético.
- Serpentín de la etapa de condensación.

Figura No. 5.104. Vista lateral de un equipo de aire acondicionado tipo ventana

Cabe mencionar que en este tipo de unidades, a diferencia de las unidades de mayor tonelaje de refrigeración donde se tiene el espacio y la capacidad de poder colocar elementos que brinden mejor flujo de aire de servicio, el ventilador axial que se encuentra junto al serpentín condensador tiene una doble función funcionando como impulsor para hacer pasar el aire tomado del medio ambiente pasándolo por el mismo, enfriar al refrigerante en estado de vapor y condensarlo al estado líquido.

Posteriormente, el mismo aire pasa por el serpentín evaporador, el serpentín absorbe el calor del aire y el refrigerante que se encuentra en estado líquido a alta presión pasa por la válvula de expansión (en este caso se utiliza un tubo capilar que hace la misma función que la válvula de expansión) y en este momento pasa el refrigerante a estado líquido a baja presión en donde hace la transferencia de calor con el aire (absorbe el calor del aire) de enfriamiento para proporcionar el aire frío al ambiente y posteriormente regresa al compresor y completa el ciclo.

En la siguiente figura se muestra un equipo tipo paquete ubicado en el Centro de Cómputo donde se muestra la zona del evaporador, aquí es donde fluye el aire que es extraído del interior de edificio y por medio del elemento extractor hace pasar este aire a través del serpentín evaporador que absorbe el calor que contiene el aire y al salir de este hace que la temperatura del aire descienda a los niveles en los que se ha calibrado en equipo, para de esta forma poder mandarlo de nuevo al interior del edificio en donde se requiere.

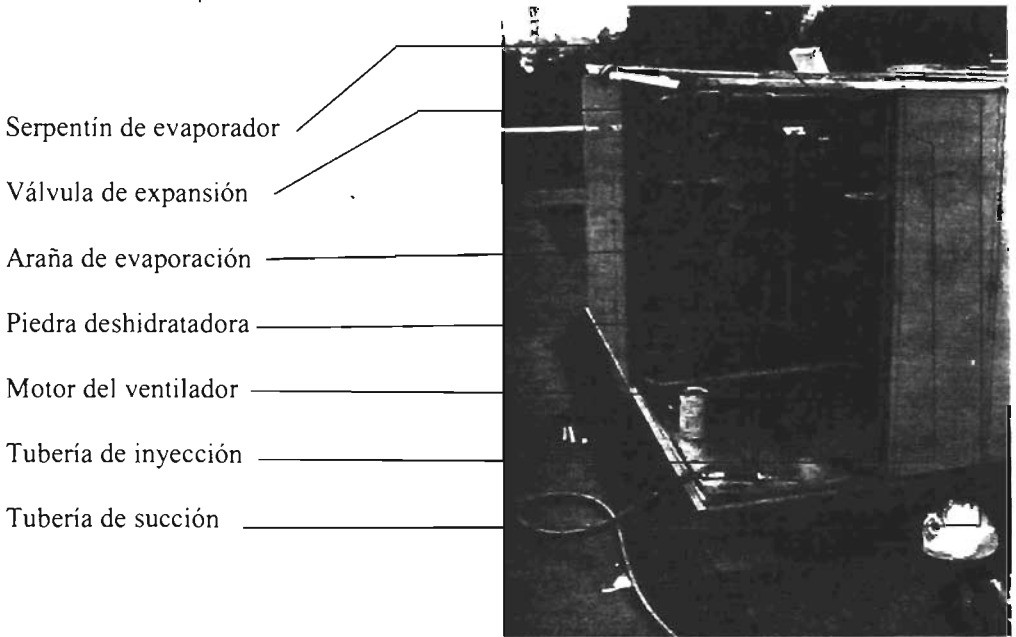


Figura No. 5.105. Vista interior de equipo tipo paquete (zona del evaporador).

Como segundo elemento se encuentra el *COMPRESOR*, sabemos que estamos hablando de un ciclo de operación y es lógico pensar que cada uno de los elementos tiene una participación doble; una etapa de entrada (llamemos así al punto donde entra el refrigerante) y una salida (punto donde sale el mismo refrigerante en otras condiciones físicas), pero el refrigerante al salir del evaporador ha perdido calor y se ha vaporizado en el serpentín de enfriamiento, el refrigerante pasa a través de la línea de succión, que es la línea que continúa en el ciclo y lleva el refrigerante al compresor. Esta unidad, que tiene dos funciones principales dentro del ciclo, se clasifica frecuentemente como el corazón del sistema, por que hace circular el refrigerante a través del mismo, las funciones que realiza son:

- ◆ Recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada se puedan mantener.
- ◆ Incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y simultáneamente incrementar la temperatura del vapor de tal manera que pueda ceder su calor al medio refrigerante del condensador.

Los compresores son usualmente clasificados en tres tipos principales: alternativos, rotatorios y centrífugos, el compresor alternativo se utiliza en la mayoría de las aplicaciones domésticas, comerciales pequeños y unidades industriales de condensación

Veamos la siguiente figura No. 5.102., en donde se muestran las etapas que forman el diferencial de presión y paso del refrigerante en las cámaras de succión y descarga.

Como podemos observar en la figura, existen solo dos etapas en el ciclo de la carrera que hace el pistón dentro del compresor.

Los compresores que son utilizados en los equipos instalados en la FES Acatlán son del tipo de desplazamiento positivo (alternativo), semihermético, denominados así por que tienen la cualidad de poderse reparar en el banco del mantenimiento, mientras que los herméticos, los cuales son completamente sellados en una cápsula metálica soldada, tienen que ser substituidos por completo al presentarse algún tipo de problema en su funcionamiento, sin la necesidad de realizar reparaciones mayores en el banco de mantenimiento.

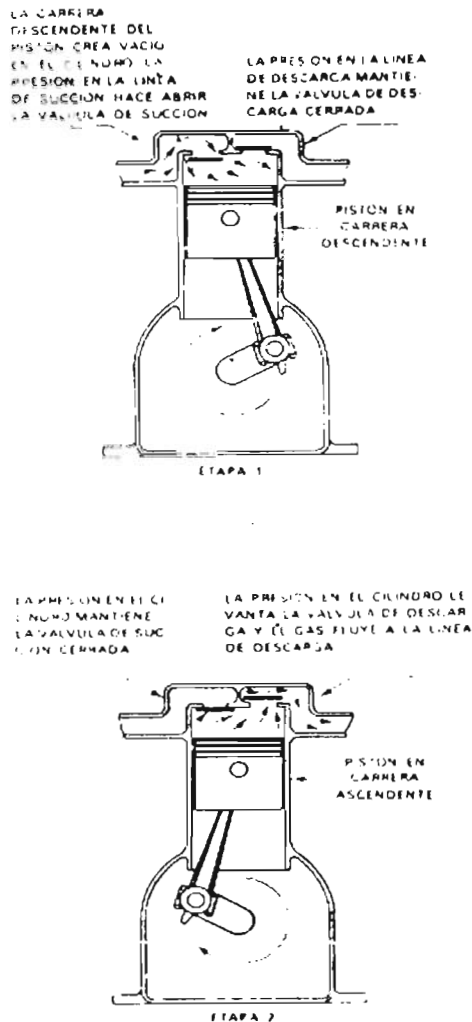
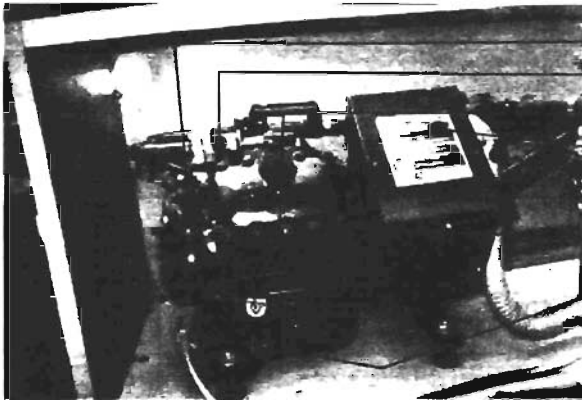


Figura No. 5.106. En la figura se muestra como trabaja el diferencial de presión sobre las válvulas del compresor alternativo.

En las siguientes figuras muestran los compresores existentes dentro de los equipos y sus principales componentes.



- Cabeza de compresor
- Salida a condensado.
- Monoblock del compresor
- Caja de conexiones eléctricas de compresor
- Acometida de cableado
- Carter de aceite del compresor
- Resistencia del precalentado

Figura No. 5.107. Compresor tipo semihermético de 10 T. R.

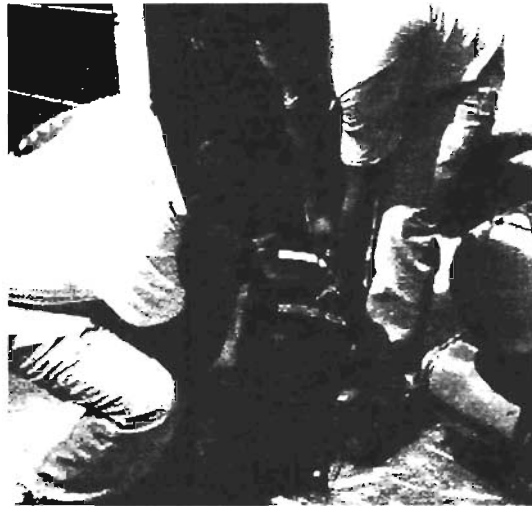


Figura No. 5.108. Desmontaje de compresor tipo hermético de 5 T. R.

Continuando con la descripción del ciclo de refrigeración, debemos hablar del componente mayor que sigue del compresor, este es el *CONDENSADOR*. Básicamente el condensador es otra unidad intercambiadora de calor, en la cual el calor extraído por el refrigerante en el evaporador (y también el añadido al vapor en la fase de compresión) se disipa a un medio condensante, el vapor a alta presión y alta temperatura que sale del compresor está supercalentado y este supercalentamiento generalmente se retira en la línea de descarga de gas caliente y en la primera porción del condensador, como la temperatura del refrigerante es bajada a su punto de saturación, el vapor se condensa en líquido para reutilizarse en el ciclo.

Los condensadores pueden ser enfriados por aire, por agua, o por evaporación. Por ejemplo, los refrigeradores domésticos tienen el serpentín del condensador en la parte trasera expuesto al aire, este se enfría por medio de la circulación de flujo de aire por gravedad del medio ambiente, que circula a través de él.

Otras unidades condensadoras (como las usadas en los equipos de aire acondicionado) usan ventiladores adicionales de flujo axial al serpentín, para sacar o extraer grandes volúmenes de aire del condensador, debido al aumento de temperatura tan grande que es generado en estos elementos y que el simple aire del medio ambiente, no podría disipar. Estos equipos dependen de un suministro relativamente amplio de "aire fresco" para tener una transferencia de calor del refrigerante adecuada en el condensador al enfriarse, el aire deba estar a una temperatura más baja que la del refrigerante, aun cuando la temperatura de los alrededores sea cerca de los 100° F (38° C), el aire es aun más frío que el refrigerante en el condensador y esto puede hacer que se ceda calor para que el refrigerante retorne a su estado líquido.

Los condensadores enfriados por aire son construidos en forma similar a otros tipos de intercambiadores de calor, con serpentines de cobre-aluminio equipados con aletas o disipadores de calor. Como los evaporadores tienen la función de enfriar los cuartos o estancias, tienen en algunos equipos filtros de tipo bolsa o filtros tipo panal, para limpiar el aire que circula recogiendo las impurezas que hubiera en el ambiente y por otro lado impiden que el serpentín de las evaporadoras se obstruya con estas impurezas, esto no sucede con el condensador, ya que este elemento se encuentra generalmente expuesto a la intemperie y por tal motivo es muy común que al pasar aire del medio ambiente por estos elementos sea muy probable que se obstruyan de lodos o basura, reduciendo su capacidad.

Condensadores remotos como los usados en los equipos divididos, los cuales son enfriados por aire, usualmente tienen aletas o disipadores muy separados para evitar estancamientos u obstrucciones, aun así se saturan de basura pero en un mayor tiempo de operación, a diferencia de aquellos montados en el mismo módulo, en las siguientes figuras se muestran estos equipos.

Figura No. 5.109. Vista de las tuberías de succión y descarga, portafiltro deshidratador y mirilla, así como válvulas de control de bypass para realizar mantenimiento



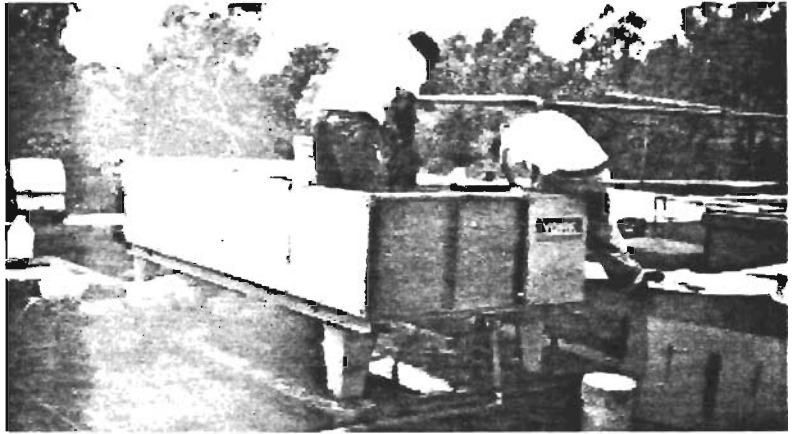


Figura No. 5.110. Mantenimiento de condensador de 20 T:R. de equipo tipo dividido.

- Ventilador tipo axial -
- Motor eléctrico de ventilador
- Serpentín de condensación
- Compresor hermético 5 T. R.
- Entada de refrigerante
- Salida del refrigerante
- Tubería de cobre
- Filtros deshidratadores
- Mirilla de paso
- Válvula de control

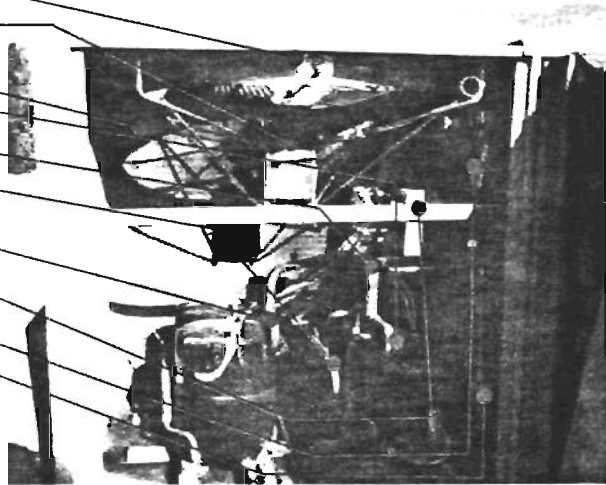


Figura No. 5.111. Vista interior a equipo tipo paquete de 20 T.R. (zona de condensación)

Ocasionalmente una unidad de condensación completa se coloca en alguna parte en el interior del edificio, en el cual será usado, donde el calor disipado del condensador y el motor del compresor pueden causar un incremento de la temperatura dentro del almacenamiento o cuarto de equipo mecánico, como resultado, la unidad debe tener una mayor temperatura y presión de operación en la descarga y decrecer por tanto su eficiencia.

El *ELEMENTO DE CONTROL DE FLUJO* (También conocido como válvula de expansión) del refrigerante es un componente fundamental e indispensable de cualquier sistema de refrigeración, siendo sus funciones:

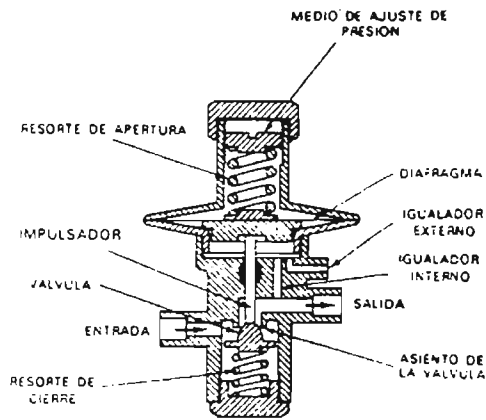
- ◆ Permitir el flujo de refrigerante al evaporador a la rata necesaria para mover el calor de la carga.
- ◆ Mantener el diferencial de presión apropiado entre los lados de alta y baja en el sistema de refrigeración.

Las aplicaciones que tienen son frecuentemente cargas variables, haciendo impracticó un elemento de características manuales, existen en la actualidad cinco tipos de elementos de control, usados en varias fases de la refrigeración, los cuales son:

- ◆ Válvula de expansión automática.
- ◆ Válvula de expansión termostática.
- ◆ Tubo capilar.
- ◆ Flotador en el lado de baja.
- ◆ Flotador en el lado de alta

Todos se usan para reducir presión en el refrigerante, la válvula de expansión automática mostrada en la figura No 5.112., a la derecha, mantiene una presión constante en el serpentín de enfriamiento (evaporador) mientras el compresor esté operando, en esta válvula de expansión de presión constante, con diafragma, la presión en el evaporador afecta el movimiento del diafragma, al cual está sujeto al conjunto de la aguja.

La condición de estabilidad en el flujo de refrigerante y evaporación es necesaria para la correcta operación de la válvula de expansión de presión constante.



*LA VALVULA SE USA CON EL IGUALADOR INTERNO
O EXTERNO, PERO NO CON AMBOS

Figura No. 5.112. Válvula de expansión automática

En esta válvula hay un tornillo que aplica presión al resorte encima del diafragma, cuando el tornillo se ajusta, causando más presión sobre el diafragma, forzando la válvula al abrir más, admitiendo refrigerante adicional en el evaporador y resultando en una presión de operación mayor.

El ajuste de este tornillo permite que se libere presión en el resorte y por consiguiente en el diafragma o muelle, mermando el flujo del refrigerante, otro punto importante en el funcionamiento de esta válvula es, dejar pasar un tiempo amplio, después de realizar cualquier ajuste, con el objeto de obtener un mejor funcionamiento ya que hacer ajustes en condiciones variables de presión puede dañar el funcionamiento del mismo equipo.

Para una carga dada en el evaporador, alimentado por el refrigerante, hay únicamente una posición correcta en la válvula de expansión automática, esto quiere decir que cuando el serpentín está completamente congelado, si la presión se baja, habrá una disminución de refrigerante y la capacidad de absorción de calor del serpentín se disminuirá, ahora si la presión se sube, habrá un incremento en el flujo de refrigerante, con la posibilidad de inundar con refrigerante líquido la línea de succión con lo que el refrigerante líquido puede llegar al compresor y dañarlo.

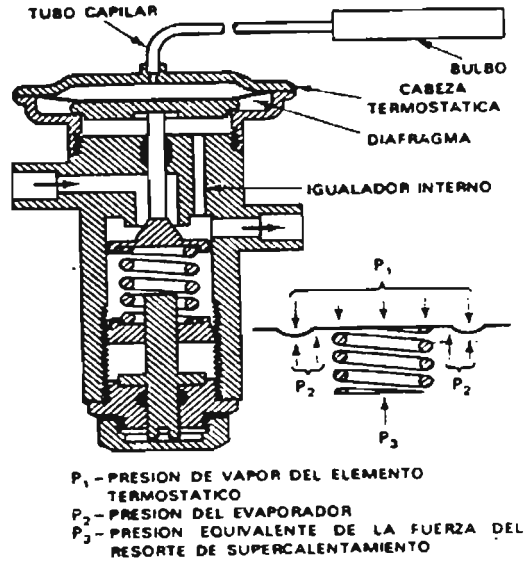


Figura No. 5.113. Válvula de expansión termostática.

A causa de que todas las cargas de refrigeración no permanecen constantes y no se puede estar siempre presente en toda instalación para hacer los ajustes de compensación se ha desarrollado otro tipo de válvula, la *VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA*, figura No.5.113. Como en la válvula de expansión automática, puede ser del tipo de muelle o del tipo de diafragma como se muestra en la imagen anterior, ambas están equipadas con un tubo capilar y un bulbo sensor, los cuales transmiten a la válvula la relación de presión de la temperatura del vapor en la sección donde el sensor se localiza a la salida del evaporador.

El propósito básico de la válvula de expansión termostática es mantener un amplio suministro de refrigerante en el evaporador, sin permitir que el líquido refrigerante pase a la línea de succión y al compresor, cuando el aparato de medición es una válvula de expansión termostática, su operación dependerá del vapor supercalentado al salir del evaporador, ya que una porción del evaporador se usa para supercalentar el vapor de 5° a 10° F, sobre la temperatura correspondiente a la presión de evaporación.

Para realizar un trabajo eficiente en un sistema o ciclo de refrigeración, cada libra de refrigerante en circulación en el sistema debe hacer su porción del trabajo, absorbiendo una cantidad de calor en el evaporador o serpentín de enfriamiento y disiparlo (más el que es añadido en el compresor) al exterior con la ayuda del condensador, ya sea enfriado por aire, agua o evaporación, el trabajo hecho por cada libra de refrigerante cuando viaja por el evaporador se refleja en la cantidad de calor que recoge de la carga de refrigeración principalmente cuando el refrigerante sufre un cambio de estado de líquido a vapor.

En el siguiente figura, se muestra un esquema de un ciclo de refrigeración simple, describiendo estos procesos.

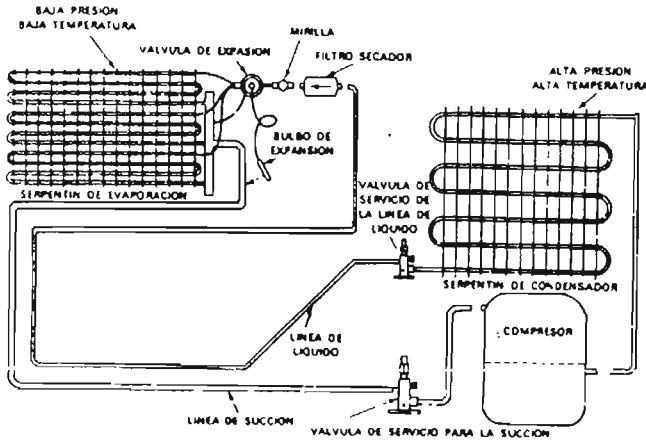


Figura No. 5.114. Diagrama del ciclo de refrigeración simple.

Cuando el refrigerante, como líquido sale del condensador puede ir al recipiente hasta que se necesite en el evaporador; o puede ir directamente a la línea de líquido y de allí al serpentín de evaporación, el líquido que entra al aparato de medición justamente antes del evaporador tendrá cierto contenido de calor (entalpía), el cual depende de la temperatura con la cual entra al evaporador, el vapor a la salida del evaporador, también tendrá un contenido de calor dado (también entalpía). Las diferencias entre estas dos cantidades de contenido de calor, es la cantidad de trabajo realizado por cada libra de refrigerante cuando pasa por el evaporador / toma calor, la cantidad de calor absorbido por cada libra de refrigerante se conoce como el efecto refrigerante del sistema o del refrigerante dentro del sistema.

Este efecto refrigerante se mide en BTU por libra de refrigerante (BTU/lb): si la carga total de vapor se conoce (dada en BTU/h) se puede calcular el número total de libras de refrigerante que se debe hacer circular cada hora de operación del sistema. Esta cifra puede también expresarse en la cantidad que se debe hacer circular cada minuto, dividiendo la cantidad circulada por hora.

En las primeras acepciones descritas en esta área hemos conocido los ciclos de refrigeración, la operación teórica del ciclo, algunos detalles de los componentes y material con los que está constituido un sistema de refrigeración y ahora veremos cómo es que se comportan estos elementos al momento de comenzar a trabajar, primero durante operación normal y luego bajo condiciones anormales.

Un técnico especializado en aire acondicionado, durante cualquier servicio en campo en muchas ocasiones no puede estar apoyándose en diagramas de entalpía o cartas psicrométricas, pero si puede llevar una carta de bolsillo de presión-temperatura como la que se ilustra en la siguiente figura.

CARTA PRESIÓN-TEMPERATURA

PSIG					PSIG				
TEMP.	R-12	R-22	R-500	R-502	TEMP.	R-12	R-22	R-500	R-502
-38	15.4	4.1	—	0.0	35	32.0	92.5	64.1	109.7
-35	13.3	3.7	—	2.0	60	57.7	101.6	71.0	113.6
-30	11.0	0.3	7.9	4.3	65	63.8	111.2	78.1	123.8
-25	8.4	2.3	4.8	6.7	70	70.2	121.4	85.8	136.6
-20	5.5	4.8	1.4	9.4	75	77.0	132.2	93.9	147.9
-15	2.3	7.3	1.1	12.3	80	84.3	143.6	102.5	159.9
-10	0.6	10.1	2.1	15.3	85	91.8	155.6	111.5	172.5
-5	2.4	13.1	5.4	19.0	90	99.8	168.4	121.2	185.8
0	4.5	16.4	7.8	22.8	95	108.3	181.8	131.3	199.7
5	6.7	20.0	10.4	26.9	100	117.2	195.9	141.9	214.4
10	9.2	23.9	13.3	31.2	105	126.6	210.7	153.1	229.7
15	11.8	28.1	16.4	36.0	110	136.4	226.3	164.9	245.8
20	14.6	32.7	19.8	41.1	115	146.8	242.7	177.4	263.1
25	17.7	37.7	23.4	46.6	120	157.7	259.9	190.3	280.3
30	21.0	43.0	27.3	52.4	125	169.1	277.9	204.0	298.7
35	24.6	48.7	31.6	58.7	130	181.0	296.8	218.2	318.0
40	28.5	54.8	36.1	65.4	135	193.5	316.5	233.2	338.1
45	32.6	61.4	41.0	72.6	140	206.6	337.2	248.8	359.2
50	37.0	68.5	46.2	80.2	145	220.3	358.8	—	381.1
55	41.7	76.0	51.8	87.7	150	234.6	381.5	—	404.0
60	46.7	84.0	57.8	96.9					

NUMERALES EN NEGRITA = Pulgadas de Hg bajo 1 ATM.

Figura No. 5.115. Presiones y temperatura de saturación para varios refrigerantes como son; R-12, R-22, R-500 y R-502, los cuales son los de uso más común en sistemas de aire acondicionado.

A cualquier temperatura dada de líquido saturado, el técnico puede determinar la presión equivalente (vacío si es una aplicación a baja temperatura). Ahora veamos el sistema de aire acondicionado para ver lo que sucede realmente.

En la siguiente figura muestra el ciclo refrigerante para un sistema típico enfriado por aire, empleando una válvula de expansión y refrigerante R-500, las relaciones de temperatura y presión (T-P) mostradas se consideran normales para un sistema que opera bajo las siguientes condiciones; la temperatura del aire a la entrada del serpentín del evaporador es de 80° F (27° C) B. S. (Bulbo seco), 67° F (19.5° C) B. H. (Bulbo húmedo), la temperatura del aire a la entrada del condensador es 95° F (35° C) B. S., ya que las presiones mostradas serán afectadas por el diseño del equipo, siempre hay que consultar las cartas de presión-temperatura del fabricante para cada modelo de equipo.

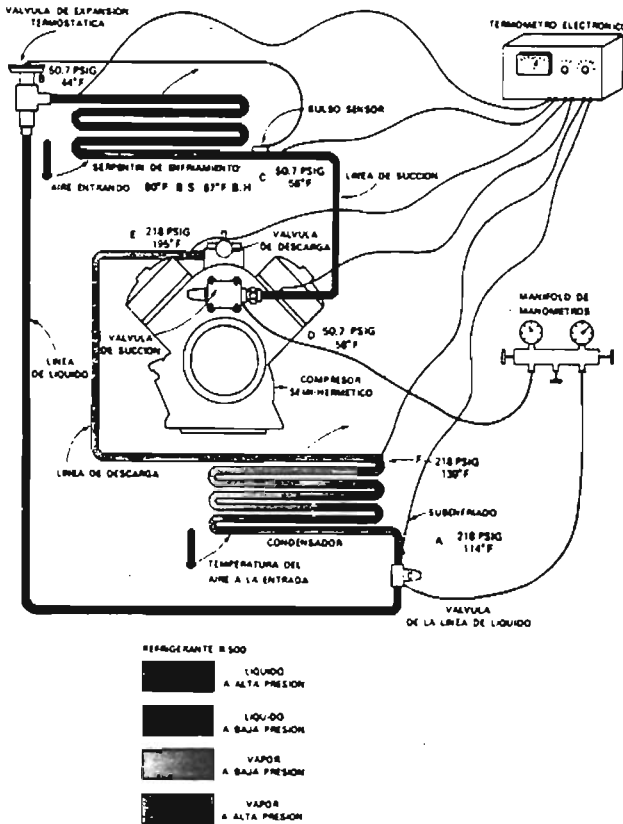


Figura No. 5.116. Diagrama de aplicación de refrigeración de alta temperatura (aire acondicionado) con válvula de expansión termostática.

En lo referente a la carta de capacidades proporcionada por los fabricantes, continuación veremos una figura que muestra un ejemplo de carta de presiones-temperatura donde se muestran las principales características de el equipo marca York, modelo HICA24C 25C que opera con un equipo de manejadora YCP-44 de la misma marca y que está instalado en el edificio de diseño y comunicación dentro de la FES Acatlán. En esta carta se muestran la tabla de la relación presión-temperatura, cabe mencionar que este equipo maneja un refrigerante tipo R-22

COOLING CAPACITIES AND POWER REQUIREMENTS

Capacity	Evaporator Temp. (°F)	Evaporator Superheat (°F)	Temperature Of Air Or Condenser Gas, °F											
			65		75		85		95		105		115	
			Capacity (Tons)	Power (KW)	Capacity (Tons)	Power (KW)	Capacity (Tons)	Power (KW)	Capacity (Tons)	Power (KW)	Capacity (Tons)	Power (KW)	Capacity (Tons)	Power (KW)
100	45	2.0	225	2.3	200	2.7	175	3.1	150	3.6	130	4.2	115	4.8
	50	2.1	215	2.4	190	2.8	165	3.2	140	3.8	120	4.4	105	5.0
	55	2.2	205	2.5	180	2.9	160	3.4	135	4.0	115	4.6	100	5.2
	60	2.3	195	2.6	170	3.0	155	3.5	130	4.1	110	4.7	95	5.4
125	45	2.5	270	2.9	240	3.4	210	3.9	185	4.5	160	5.1	140	5.8
	50	2.6	260	3.0	230	3.5	200	4.0	175	4.6	150	5.2	130	5.9
	55	2.7	250	3.1	220	3.6	190	4.1	165	4.7	140	5.3	120	6.0
	60	2.8	240	3.2	210	3.7	180	4.2	155	4.8	130	5.4	110	6.1
150	45	3.0	315	3.5	285	4.1	255	4.6	225	5.2	195	5.8	170	6.5
	50	3.1	305	3.6	275	4.2	245	4.7	215	5.3	185	5.9	160	6.6
	55	3.2	295	3.7	265	4.3	235	4.8	205	5.4	175	6.0	150	6.7
	60	3.3	285	3.8	255	4.4	225	4.9	195	5.5	165	6.1	140	6.8

100	125	150	175	200
200	250	300	350	400
450	500	550	600	650
700	750	800	850	900

PHYSICAL DATA

Model	Capacity (Tons)	Evaporator Temp. (°F)	Condenser Temp. (°F)	Power (KW)	Weight (lbs)	Height (in)	Depth (in)	Width (in)
HICA24C	100	45	115	4.8	150	48	24	24
HICA25C	125	45	115	5.8	180	56	28	28
HICA30C	150	45	115	6.8	210	64	32	32
HICA35C	175	45	115	7.8	240	72	36	36
HICA40C	200	45	115	8.8	270	80	40	40

Figura No. 5.117. Carta de relación temperatura-presión de equipos de la marca YORK.

Regresando al ejemplo del diagrama, podemos iniciar la descripción de operación en el punto A, el refrigerante líquido se subenfria aproximadamente 16° a 114° F a (-9° C a 45° C) y ejerce una presión de 218 psig, asumiendo una línea de líquido de 25 pies de longitud y dimensionada apropiadamente, la presión en el lado de entrada de la válvula de expansión será aproximadamente 218 psig con la temperatura del refrigerante a un cerca de la misma del punto A es decir 114° F.(46° C).

Después de la válvula de expansión en el punto B, las lecturas T-P serán aproximadamente 44° F (7° C) y 50.7 psig, con las válvulas de expansión regulando el flujo de refrigerante para un supercalentamiento de 12 ° F (-11° C), las lecturas T-P en el punto C serán de 56°F (13° C) y 50.7 psig, las lecturas de presión desprecian la caída de presión nominal del refrigerante a través del evaporador.

En la succión de gas del compresor punto D la relación T-P de 58° F (14° C) y 50.7 psig representa la ganancia de supercalentamiento adicional causado por la línea de succión, ninguna pérdida de presión se muestra a causa de que se asume que el serpentín de enfriamiento y el compresor están razonablemente cerca, en la descarga de gas caliente del compresor punto E las lecturas son 195° F (91° C) y 218psi, el T-P promedio del condensador es 130° F (54° C) y 218 psig en el punto F, el subenfriamiento de 16° F (-8° C) tiene lugar en las últimas dos o tres filas del fondo del condensador y el ciclo se completa en el punto A.

El ejemplo anterior muestra qué puede esperarse durante la operación normal del sistema, esto varía con el refrigerante, el medio condensante (aire, agua o evaporativo) y el tipo de aplicación y también con la marca del equipo, naturalmente la visión completa de diferencias no puede presentarse aquí, pero es muy probable que con la practica y conociendo el funcionamiento de éste y otro tipo de equipos podrán ser familiares.

Independientemente del tipo de sistemas hay algunos problemas comunes de operación y será responsabilidad del supervisor y técnicos de mantenimiento reconocer los síntomas hacer un diagnóstico y tomar las acciones a seguir de manera correcta.

Para evitar reparaciones innecesarias, es importante conocer las posibles fallas que se pueden presentar, por ejemplo en equipos pequeños de refrigeración es muy común que se presenten estos problemas:

- ◆ La unidad opera continuamente sin enfriar suficientemente.
- ◆ La unidad opera por cortos periodos sin enfriar suficientemente.

Las tres condiciones a revisar principalmente en una unidad, que está operando, pero que no está enfriando son:

- ◆ Alta presión.
- ◆ Baja presión de succión.

◆ Alta presión de succión.

Estos problemas pueden detectarse sin la necesidad de entrar al sistema sellado, usando equipo de medición adecuado para estos casos, como manómetros, termómetros entre otras herramientas manuales o eléctricas que son de vital importancia para llevar a cabo las tareas de inspección de un equipo de estas características. Debido a la extensa información al respecto en esta tesis omitiremos la mención de las características de las herramientas a utilizar, pero sabemos que dentro de los sistemas de aire acondicionado se pueden intuir la necesidad de herramientas de tipo mecánico, de tipo eléctrico, de tipo soldaduras (autógena o eléctrica) herramientas para manejo de tubería de cobre o aluminio de alta presión entre otras.

Como lo mencionamos en el párrafo anterior, algunos de los equipos más usados dentro de las actividades de diagnóstico de operación para un sistema de aire acondicionado son los de medición: termómetros y manómetros de presión.

Cuando hablamos de equipos de aire acondicionado, hablamos de sistemas que manejan variables de temperatura y presión dentro del sistema, para ello utilizaremos algunos instrumentos de medición como los que se muestran a continuación.

Figura No 5.118. Se muestra un termómetro de carátula de bolsillo, en la actualidad existen termómetros electrónicos de este tipo.

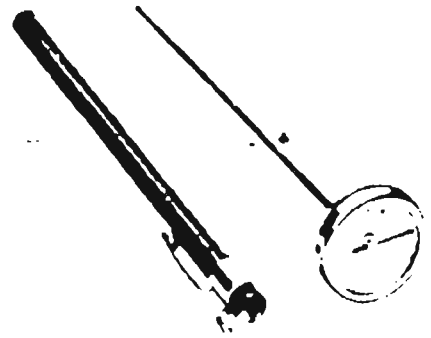
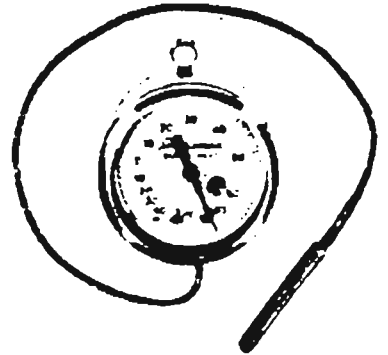


Figura No. 5.119. Se muestra un termómetro de bulbo de expansión. Se usa para medir, calcular, verificar y ajustar el supercalentamiento, temperatura (s) en la línea de succión y su rango de operación es de -40° F a 65° F.



Actualmente existen equipos muy modernos que pueden hacer todas las funciones que uno desee, ya que cuentan con la tecnología electrónica necesaria para poder realizar diversas funciones con sólo intercambiar sondas o cables para poder monitorear toda la información que se requiera, se muestra a continuación un instrumento de medición de la marca DELTA OHM, mostrado en la siguiente figura.

Equipo multifunciones portátil **Delta Ohm DO 9847K** para medición de temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, presión, análisis de iluminación, etc, en un solo equipo con sondas intercambiables.

- Tres canales de entrada.
- Almacenamiento de datos (datalogger).
- Comunicación RS 232 con un software amigable.
- Autoreconocimiento de la sonda a utilizar.
- Impresión de datos inmediata.
- Alimentación con baterías e indicación de batería baja.
- Programas de calibración y medición.



Figura No. 5.120.

Por último, mostramos un equipo de medición indispensable para poder llevar a cabo cualquier tipo de inspección relacionada con el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, nos referimos a los medidores de presión, mejor conocidos como **MEDIDORES DE PRESIÓN (MANIFOLD)**.

Tomar las medidas de temperatura en un equipo de aire acondicionado es por lo regular sencillo y no se requiere de hacer muchas maniobras al mismo, ya que se toman en el exterior del sistema.

Pero cuando se trata de tomar lecturas de presiones el único equipo con el que podemos hacerlo de manera correcta es con el medidor de presiones (manifold), en la figura No. 5.121., vemos que este equipo cuenta con dos manómetros el de baja presión a la izquierda y el de alta presión a la derecha, estos manómetros tienen un rango de operación de 30 a 120 PSI en graduaciones de 1 PSI y 0 a 500 PSI en graduaciones de 5 PSI, respectivamente.

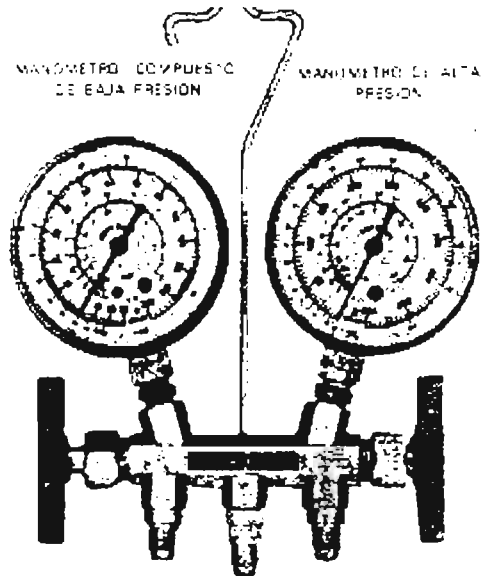


Figura No. 5.121. Equipo de medidores de presión (Manifold)

El primero puede toma lecturas en el lado de baja (presiones de succión) y con esta graduación puede tomar medidas sobre y por debajo de las presiones atmosféricas.

El segundo manómetro toma lecturas del lado de alta o presiones de condensación.

Existen disponibles otros rangos de presión para ambos manómetros, pero estos son los más usados.

En la carátula, hay una escala interna, la cual da la temperatura de saturación correspondiente a una particular presión.⁶ Existen manómetros graduados para distintas presiones y temperaturas, (El manómetro mostrado en la imagen marca la graduación para refrigerantes R-12 y R22) por lo consiguiente hay manómetros disponibles para diferentes refrigerantes y diferentes escalas. Se le llama manifold de manómetros, ya que incluye tanto al manómetro de alta como el compuesto. Este equipo, una vez que se sabe utilizar correctamente, puede ayudar para obtener la siguiente información:

- ◆ Verificación de presiones de operación del sistema.
- ◆ Recargar o descargar refrigerante.
- ◆ Añadir aceite.
- ◆ Hacer purgas no condensables.
- ◆ Hacer derivaciones del compresor (By Pass).
- ◆ Analizar condiciones del sistema sin la necesidad de reemplazar los manómetros.

El manifold de prueba especialmente diseñado para este uso, se ilustra en la figura No. 5.122., a la derecha, este es un equipo que contiene válvulas de servicio, a la izquierda está el manómetro compuesto (succión) y a la derecha el manómetro de alta presión (descarga), en la parte inferior del manifold hay mangueras que conducen a las válvulas de servicio de succión (izq.), tanque de refrigerante (centro) y descarga del equipo o válvula de la línea de líquido (derecha), este equipo se utiliza, frecuentemente para hacer cargas de refrigerante a los sistemas.

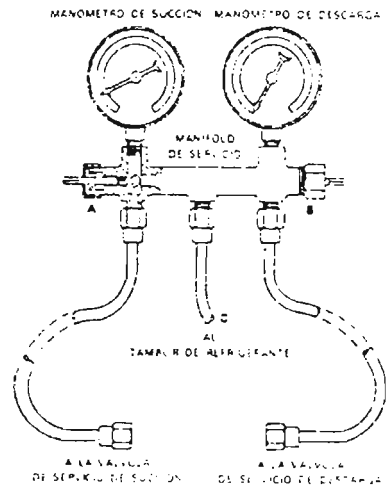


Figura No. 5.122. Manifold a prueba.

⁶ N. del A.: En las páginas 352-354, se mencionó la relación entre presión y temperatura de saturación para un refrigerante determinado.

Muchos fabricantes de manifold, identifican los lados de alta y baja con colores (rojo y azul), respectivamente, tanto en carátulas como en mangueras de uso, así mismo, al centro de este, existe una tercera conexión en donde se ensambla una manguera que normalmente es de color blanca y por esta manguera se conecta el suministro de refrigerante un gancho se utiliza para colgar el conjunto y liberar al operario de sostenerlo.

Abriendo o cerrando las válvulas A y B del refrigerante sobre el manifold como se muestra en la figura No. 5.123., se pueden obtener diferentes flujos del refrigerante, las válvulas están colocadas de tal modo que cuando están cerradas (vistas de frente), el orificio central del manifold está cerrado a los manómetros.

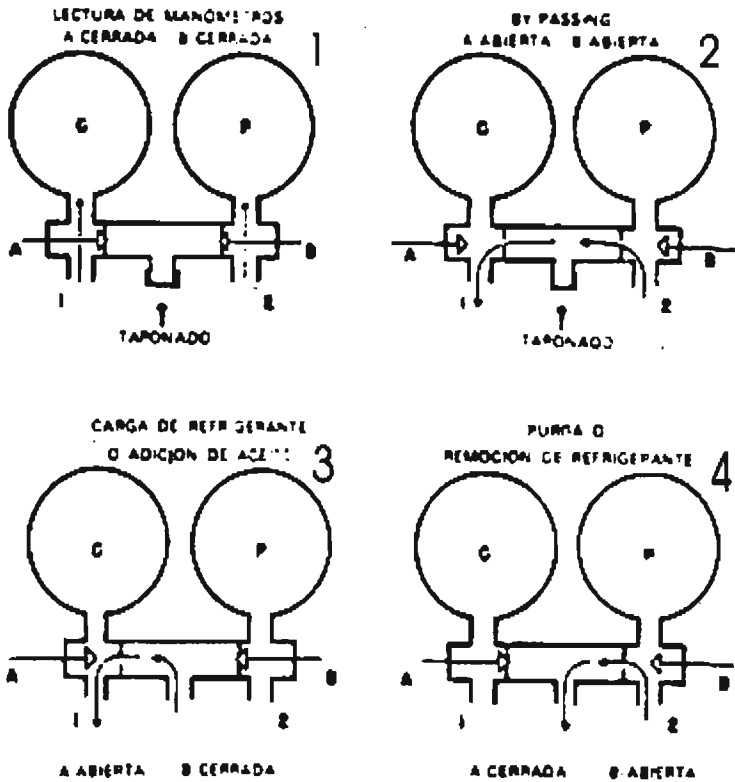


Figura No. 5.123. Operación de válvulas en manifold: C-manómetro compuesto; P-manómetro de presión; 1-línea de medición de servicio de succión; 2-línea de medición al servicio de descarga.

En la imagen número 1, cuando las válvulas están en posición cerrada, los orificios 1 y 2 están abiertos a los manómetros permitiendo que estos registren presiones en el sistema.

Con la válvula del lado de baja (1) abierta y el lado de alta (2) cerrada en la imagen número 2 se permite al refrigerante pasar a través del lado del manómetro de baja de manifold y el orificio central, este arreglo debe usarse cuando se añade refrigerante o aceite al sistema.

La imagen número 3 ilustra el procedimiento para comunicar el refrigerante del lado de alta con el de baja, ambas válvulas están abiertas y el orificio central está taponado, el refrigerante siempre fluirá del área de alta presión al área de baja presión.

En la imagen número 4 se muestra el arreglo de válvulas para purgar o retirar el refrigerante, la válvula del lado de baja está cerrada, el orificio central abierto a la atmósfera o conectado a un tanque de refrigerante vacío, la válvula del lado de alta se abre, permitiendo un flujo de alta presión a través del orificio central.

Mostramos algunas figuras donde se enseña la manera de realizar cuatro pasos para el uso, purgado y conexión del manifold, uso del manifold para pruebas de fuga y purgado del sistema. El método de conexión de un manifold dependerá del estado del sistema, esto es, que debemos entender que no es lo mismo conectar el equipo a un sistema que se encuentra en uso a otro sistema que apenas se esté instalando, en este caso, supongamos que el sistema está en operación y lo primero que hay que hacer es purgar de contaminantes el manifold y las mangueras antes de conectarlo al sistema, figura No. 5. 124.

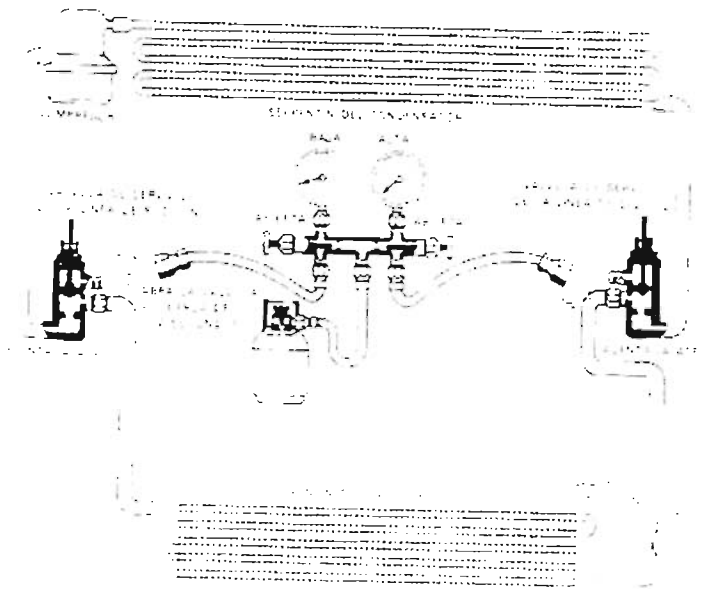


Figura No. 5.124. Diagrama purga de manifold

Los pasos a seguir son:

- ◆ Retirar tapones de vástagos de las válvulas de servicio del equipo, asegurándonos que ambas válvulas están asentadas atrás.⁷
- ◆ Retirar tapones de los orificios de medición de ambas válvulas de servicio.
- ◆ Conectar manguera central del manifold al tanque refrigerante (se sabe que este tanque debe coincidir con las características del usado en el sistema), abriendo ambas válvulas del manifold.
- ◆ Abra la válvula del cilindro del refrigerante cerca de dos segundos y luego ciérrrelas purgando así el manifold y mangueras.
- ◆ Conecte las mangueras del manifold a los orificios de medición, el lado de baja del manifold a la válvula de servicio para la succión y el de alta a la válvula de la línea de líquido
- ◆ Asiente al frente o cierre ambas válvulas en el manifold, gire (sentido horario) ambas válvulas de servicio un vuelta fuera de su asiento, el sistema permite registro en cada manómetro.

El siguiente diagrama muestra como queda conectado el manifold al sistema.

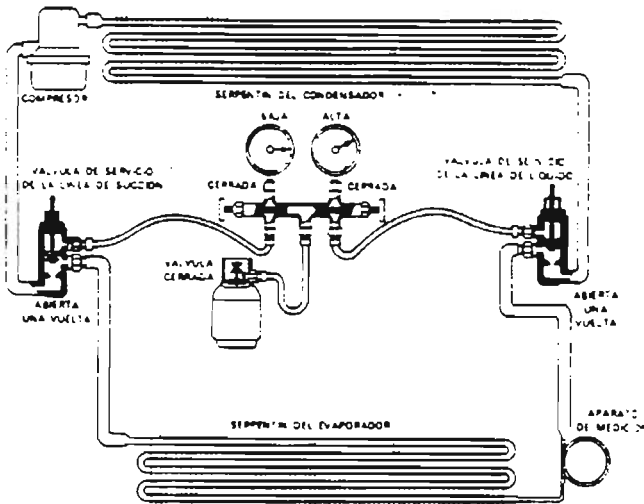


Figura No. 5.125. Diagrama de conexión del manifold.

⁷ N. del A.: Las válvulas tienen un vástago vertical, que sube o baja según se muestra en las imágenes, si la válvula esta arriba completamente dejando el paso del circuito se denomina (asentada atrás), pero si la válvula esta abajo completamente dejando el paso al manifold se denomina (asentada adelante), también puede estar semiabierta, en este caso se tiene la posibilidad de tener conexión entre el circuito completo y el manifold.

Para que un sistema opere correctamente debe estar siempre libre de fugas, es por ello que se realizan pruebas al sistema con este equipo para determinar si existen este tipo de fallas.

En la mayoría de los casos, un refrigerante de baja presión es capaz de levantar suficiente presión en el sistema para buscar fugas, como se ilustra en la siguiente diagrama.

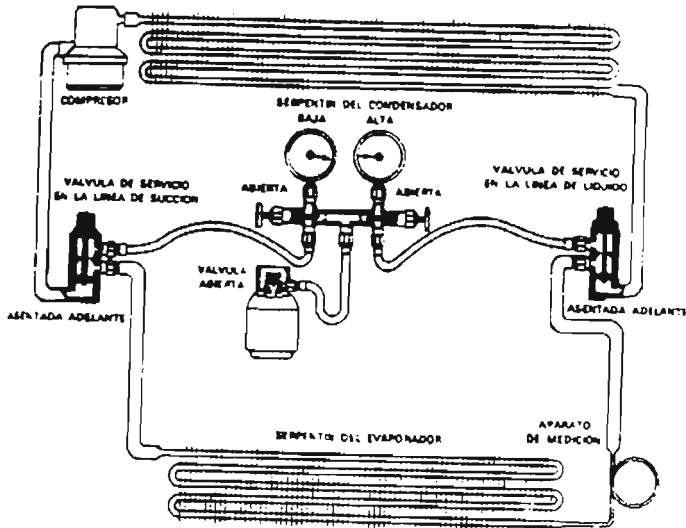
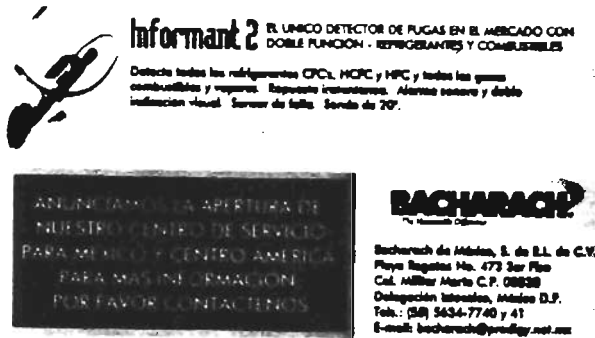


Figura No. 5.126. Diagrama de conexión del manifold para prueba de fuga

Ya conectado el sistema se debe presurizar y por medio de un equipo especial se pueden detectar fugas, en el pasado existían métodos muy simples, frecuentemente para puntualizar una fuga cuando el sistema tiene poco vapor en el aire, la aplicación de una solución agua y jabón es esparcida sobre el área sospechosa, cuando el sistema está bajo presión se formarán burbujas en el área donde exista una fuga, pero existe un inconveniente, si la sección del sistema está bajo vacío este método no debe usarse, ya que la solución podría ser succionada lo que conllevaría a la contaminación del sistema y posiblemente daños mayores.

En la actualidad existen equipos muy modernos, electrónicos que pueden detectar la presencia de gases. Ejemplo de ello es la publicidad de uno de los cientos de fabricantes que hay en el mundo y que distribuyen sus equipos para realizar trabajos limpios y muy profesionales, ahorrando trabajo y dinero.

Como ejemplo hablamos del INFORMANT 2 de la marca BACHARACH, y mostramos en la imagen del catálogo, donde se muestran algunos de los detectores de esta marca, otra ventaja es que este tipo de equipos no solamente pueden detectar gases como los tipos refrigerantes, es posible detectar también combustibles, entre otros.



Informat 2 EL ÚNICO DETECTOR DE FUGAS EN EL MERCADO CON DOBLE FUNCIÓN - REFRIGERANTES Y COMBUSTIBLES

Detecta todos los refrigerantes CFC, HCFC y HFC y todos los gases combustibles y vapores. Respuesta instantánea. Alarma sonora y doble indicación visual. Sensor de falla. Sonda de 70".

BACHARACH
The American Standard

Bacharach de México, S. de R.L. de C.V.
Playa Regatas No. 473 Sur Play
Col. Militar María C.P. 06638
Delegación Iztacalco, México D.F.
Tel.: (52) 5634-7740 y 41
E-mail: bacharach@prodigy.net.mx

ANUNCIAMOS LA APERTURA DE NUESTRO CENTRO DE SERVICIO PARA MÉXICO Y CENTRO AMÉRICA. PARA MÁS INFORMACIÓN, POR FAVOR CONTACTENOS.

Figura No. 5.127. Información de catálogo del detector de gases Informat 2.

Sobre la prueba de fuga de gas que se debe hacer a los sistemas de aire acondicionado, se a dicho que en algunos casos es suficiente la aplicación de presión que proporciona un tanque de gas refrigerante para poder hacer la prueba, pero en algunas ocasiones en donde los requerimientos de calidad de los trabajos demande una prueba por encima de la presión del vapor del refrigerante, puede usarse para la prueba otro gas, por ejemplo el nitrógeno seco, **(PERO POR NINGUNA CIRCUNSTANCIA DEBE UTILIZARSE OXIGENO)**, esto debido a que el oxígeno reacciona violentamente con los compuestos del refrigerante volviéndolo altamente explosivo.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de purgado usual, este procedimiento remueve principalmente el refrigerante que pudiera estar contaminado y algunos posibles elementos contaminantes, como polvos, pelusas y materiales ajenos al sistema.

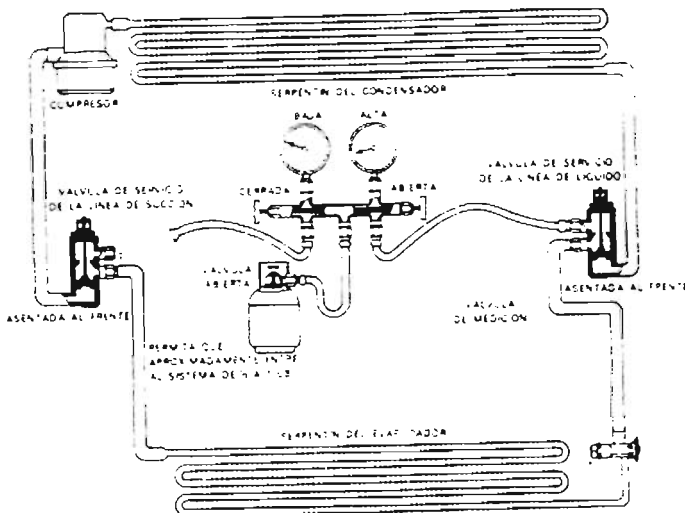


Figura No. 5.128. Diagrama de purgado del sistema.

Siempre que una línea de sistema es abierta por más de 5 minutos se contamina inmediatamente, por tal motivo siempre se debe de realizar una purga, la teoría detrás de las purgas es usar una carga de alta velocidad de refrigerante gaseoso para barrer cualquier contaminante, otra recomendación es realizar un seccionamiento de la parte del sistema que se reparará, por medio de válvulas de servicio para independizar localmente, esto se puede hacer con un trabajo de cambio de válvula de expansión por ejemplo.

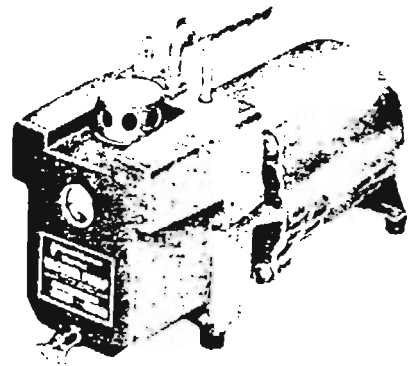


Figura No. 5.129. Bomba de vacío.

Existe otro procedimiento posterior a la purga del sistema y es la evacuación, este procedimiento se lleva a cabo con la finalidad de remover y extraer elementos no condensables (aire, agua y gases inertes) ya que si la tubería por cualquier razón pasó algún tiempo abierto provocaría que estos elementos no condensables se introdujeran en el mismo.

Por tal motivo hay que realizar un trabajo de evacuación del sistema por medio de equipo adecuado como los equipos de vacío figura No.5.129., sabemos que una bomba de vacío trabaja igual que un compresor pero a la inversa y con esa propiedad es capaz de succionar todo elemento que pudiera contaminar al sistema, esto se muestra en las siguientes imágenes

La mayoría de las bombas de vacío son movidas por motores eléctricos o a gasolina, existen diversos tipos y modelos según las necesidades y su diseño, pero para las bombas de campo normalmente portátiles son iguales a la de la imagen de la derecha, las bombas de vacío son clasificadas según su desplazamiento positivo libre de aire en pies cúbicos por minuto o litros por minuto, las especificaciones también dan el grado de vacío que puede alcanzar la bomba, expresada en micrones.

Cuando la presión se aproxima de 29,5 a 30 pulgadas en el manómetro compuesto significa que se está trabajando en la última $\frac{1}{2}$ pulgada de presión, por lo que una lectura más allá de 29,5 pulgadas no es posible, pero se ha creado otra unidad de medida llamada el micrón que es igual a $\frac{1}{25,400}$ de pulgada, se basa en la medida de presión absoluta total, a diferencia de la presión manométrica, la cual puede sufrir cambios según la presión atmosférica. En la siguiente tabla No. 5.14., se muestran medidas que inician con condiciones atmosféricas normales y se extiende a vacío profundo.

PUNTO DE EBULLICIÓN DEL AGUA		UNIDAD DE PRESIÓN ABSOLUTA		UNIDADES DE VACÍO
° F	° C	PSIA	MICRONES DE MERCURIO	PULGADAS DE MERCURIO
212	100	14.7	-----	0
79	26	0.5	25,400	29.0
72	22	0.4	20,080	29.8
32	0	0.09	4,579	29.99
-25	-31	0.005	250	29.99
-40	-40	0.002	97	29.996
-60	-51	0.0005	25	29.999

Tabla No.5.14 Relación de micrones.

El método de vacío profundo único es el medio más positivo de asegurar un sistema libre de aire y agua, toma ligeramente más tiempo, pero los resultados son bastante más positivos, seleccionando la bomba de vacío capaz de producir al menos 500 micrones y un indicador de vacío electrónico confiable y como se muestra en el siguiente diagrama, se puede ver el tipo de conexión que tiene un montaje para la evacuación con vacío profundo.

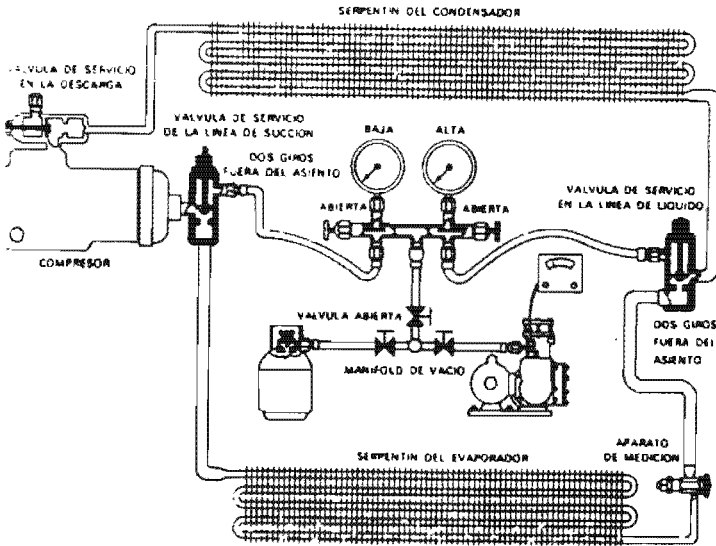


Figura No. 5.130. Diagrama de montaje de evacuación con vacío profundo.

Por último, veremos el tipo de conexión para hacer una carga o recarga con refrigerante en forma de vapor. En el siguiente diagrama se muestra como se tienen que hacer las conexiones necesarias para este proceso.

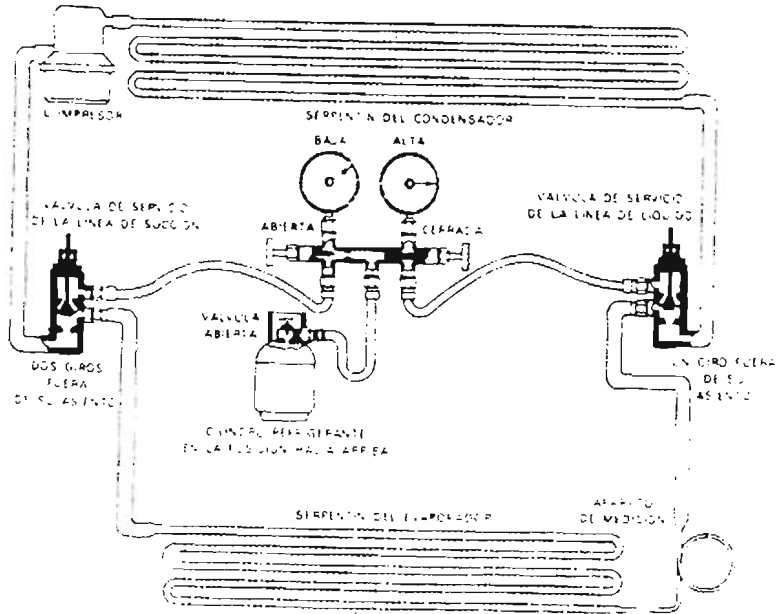


Figura No. 5.131. Diagrama de carga en forma de vapor.

Ahora mostraremos algunas figuras con procedimientos de recarga de refrigerante y de aceite al sistema, posterior a los procesos de purga o drenado que se tienen que hacer a los sistemas de aire acondicionado.

En las siguientes figuras se muestran las conexiones del manifold a las válvulas de servicio del sistema, estas válvulas son de la línea de succión y líquido, puede verse un depósito de aceite lubricante para relleno del sistema.

Figura No. 5.132. Vista del procedimiento de carga de aceite al sistema de aire acondicionado.



En las siguientes figuras se muestra el equipo de compresión que se utiliza para la carga del aceite, este compresor se encuentra adaptado para poder hacer cargas de refrigerante y aceite por medio de un sistema previamente filtrado, en la imagen de la derecha se puede apreciar el motor eléctrico que impulsa al compresor del equipo.

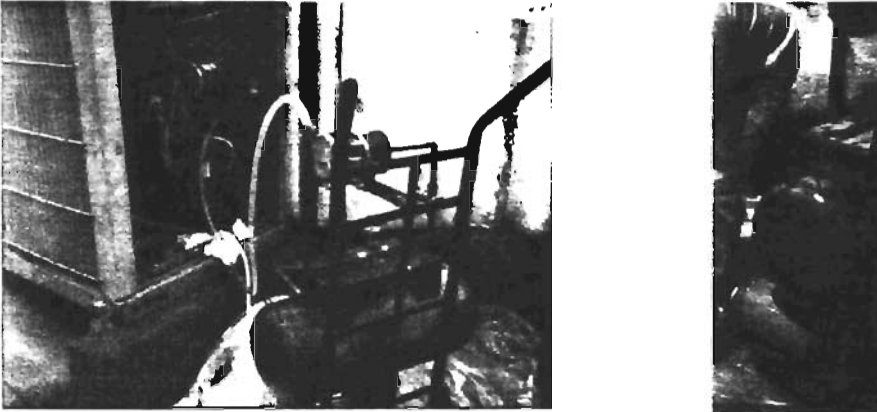


Figura No. 5.133. Vista de barrido de gas refrigerante y aceite.

Hemos hablado de los trabajos que se tienen que realizar al sistema de refrigeración dentro de los quipos de aire acondicionado, pero no debemos olvidar cual es el elemento base del sistema. Estamos hablando del aire del medio ambiente, que es el elemento que el mismo equipo toma del interior de los inmuebles o recintos y succiona por medio de equipos de extracción que tiene el mismo equipo y lo hace circular por los serpentines, ya sea por el condensador y el evaporador en sistemas pequeños como las unidades tipo ventana.

Ahora, para las unidades de mayor capacidad de refrigeración se cuenta con equipos que no sólo enfrían el aire, sino también lo filtran eliminando impurezas del mismo, a través de elementos filtrantes, estos filtros son de diferentes materiales dependiendo el equipo y de diferentes características, en el caso de los equipos de tipo dividido, se utilizan filtros tipo bolsa, que se colocan en las manejadoras de aire y que antes de que el aire pase por el serpentín de evaporación, se pasa por los filtros, esto ayuda a tener un mejor servicio dentro del mismo evaporador ya que el material que pudiera obstruir el sistema es atrapado en el filtro evitando mayores problemas.

Pero en el caso de las unidades de tipo paquete, se utilizan unos filtros tipo lavables que se enmarcan en un cuadro de aluminio y el material filtrante es también malla de aluminio, con lo que se puede hacer una reutilización del material sin la necesidad de cambiar estos elementos como en el caso de los filtros tipo bolsa.

El nivel de filtrado en los dos equipos es del 80% con capacidad de filtrado de hasta micra, ya que las instalaciones no requieren un filtrado muy estricto como pudiera ser por alguna otra área (laboratorios, plantas de alimentos, etc.).

En las siguientes figuras mostramos los elementos filtrantes de los equipos tipo paquete en el de tipo dividido.

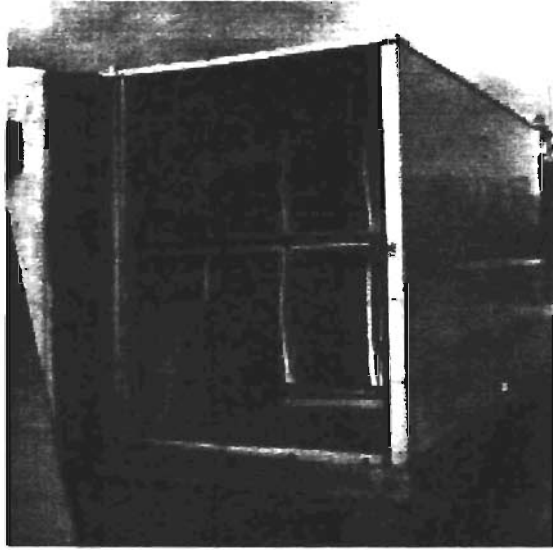


Figura No. 5.134. Vista interior de elementos filtrantes en unidades tipo paquete.



Figura No. 5.135. Cambio de filtros tipo bolsa para equipos de tipo dividido.

Otro sistema de los equipos de aire acondicionado son los sistemas de aire lavado y extracción de aire que se utilizan en el plantel, este tipo de equipos, al igual que los equipos de aire acondicionado, hacen circular aire a través de sus elementos de succión como turbinas, para que se inyecte aire frío y húmedo al recinto en cuestión.

El movimiento o flujo de aire provoca fricción sobre el cuerpo humano lo que deja una sensación refrescante sobre el mismo, en el caso de un equipo de lavado de aire este sistema succiona aire del medioambiente para pasarlo a través de una fibra llamada ASPEN (tipo viruta de madera) que previamente es humedecida con agua por medio de una bomba colocada en un colector de agua (charola) que se mantienen constantemente con agua para el sistema. Esta fibra mojada mantiene una temperatura de (19 a 20° C) y al momento de hacer fricción el aire con la fibra esta absorbe el calor del aire. Este sistema es más barato que los equipos de aire acondicionado y cuando se encuentra operando correctamente es muy eficiente.

En la siguiente figura vemos un equipo de lavadora de aire abierto, en el se pueden observar los elementos internos que lo conforman.

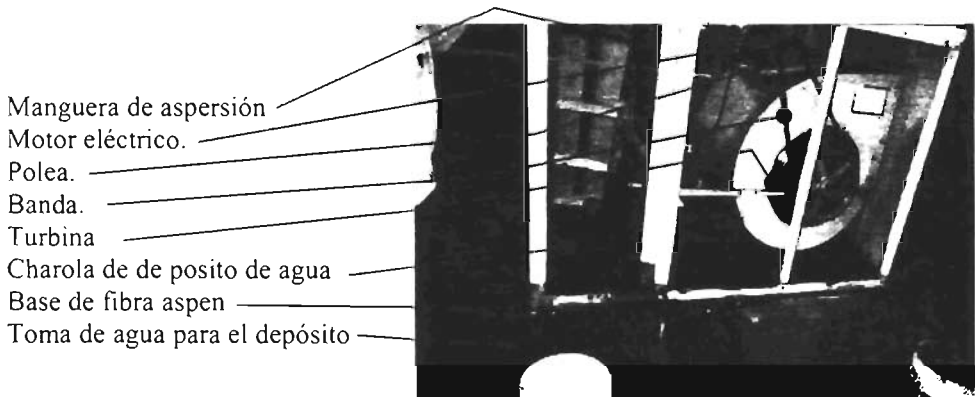


Figura No. 5.136. Equipo de aire lavado abierto para trabajos de mantenimiento.

El manteniendo básico al que deben someterse estos equipos para obtener el mayor beneficio de los equipos es mantener en condiciones de operación los elementos expuestos a la humedad como son: la charola depósito impermeabilizada, bomba de agua en operación, el flotador del deposito, voltaje del motor, lubricación de baleros y chumaceras, banda del impulsor en buenas condiciones, limpieza de fibra aspen y limpieza de toda la unidad, aplicando material anticorrosivo periodicamnete a todo el gabinete.

Hemos visto cuales son los procesos para poder detectar una o algunas de las principales fallas en un sistema de aire acondicionado y aire lavado y para poder programar un buen mantenimiento se hace necesario conocer las fallas que se pueden presentar en todas las áreas que conforman al sistema en su conjunto.

Estamos hablando de la problemas en las etapas de refrigeración, condensación mecánica, ductos de inyección y retorno, área eléctrica, sistemas de control de arranque, etc. fuerza como en la de distribución, por lo que es importante poder mencionar los puntos principales que se deben revisar al hacer un trabajo de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado.

A continuación se enlistan algunas variables que puedan causar problemas en las presiones del sistema:

◆ **Alta cabeza de presión.**

○ **Condensador sucio o parcialmente bloqueado.**

Este tipo de problema se debe principalmente a que el serpentín se encuentra sucio y obstruido, la solución es el lavado del mismo con agua y elementos químicos desincrustantes como el foam 10 para poder eliminar la suciedad dentro de los difusores.

○ **Aire u otros gases no condensables en el sistema.**

Este problema se debe principalmente a la presencia de impurezas dentro del sistema y esto puede acarrear que el equipo se bloquee por alta presión, hay que realizar una purga del sistema como ya se menciona, anteriormente.

○ **Sobre carga del refrigerante.**

Este problema puede ocasionarse cuando no se manejan las medidas de carga y presiones indicadas por los fabricantes de los equipos, si esto sucede hay que liberar al sistema de un poco de refrigerante, cuidando que el sistema mantenga las cargas manejadas por los manuales de fabricante.

○ **Medio de condensación insuficiente (aire, agua, etc.)**

Si el equipo se encuentra en un lugar en donde no circula aire de manera libre o si la colocación de este se hace sin tomar en cuenta el libre paso de aire al condensador, ya sea pegando el equipo a un muro, o encerrándolo en un recinto en donde no haya ventilación.

○ **Alta temperatura del medio condensante.**

Si el medio condensante se encuentra a temperaturas mayores a las requeridas, ya que este tipo de problemas se presenta cuando el aire que se hace circular por el serpentín es más caliente que el propio serpentín entonces no existirá un enfriamiento del refrigerante como se espera y este no condensará adecuadamente.

○ **Línea de descarga restringida.**

La línea de descarga se ve obstruida por un doblamiento del tubo o un machucón en le mismo, este tipo de problemas se pueden presentar al momento de hacer una instalación nueva o al momento de hacer mantenimientos rutinarios, en tal caso se debe sustituir la pieza de inmediato, cuidando que los procedimientos de evacuación y purga se lleven adecuadamente o existe un problema con el elemento filtrante obstruido, una válvula de expansión bloqueada.

○ **Línea de descarga con fuga.**

Este tipo de problema debe repararse inmediatamente con la ayuda de equipo especial para reparaciones de soldadura autógena y aplicación de soldadura de plata en la zona de la picadura.

◆ **Presión de succión baja.**

○ **Insuficiente aire o carga de calor en el serpentín del evaporador.**

Este problema se puede deber a la falta de fluidez del aire en esta parte del sistema, si es así se deben de revisar los elementos filtrantes para lavarlos o sustituirlos si es necesario, así como lavar el serpentín del evaporador.

○ **Distribución pobre de aire sobre el serpentín del evaporador.**

Este problema puede ser causado por una falla sobre la turbina y el motor impulsor de la turbina del evaporador, en este caso, si el motor ha perdido potencia por fallas en el devanado, bajo voltaje en la alimentación, fallas en la banda de tracción, ya sea que se encuentre floja o rota, un problema con el giro del mismo sistema ya que este puede estar operando en sentido contrario, por un cambio de polaridad de fases.

○ **Flujo de refrigerante restringido.**

Este problema se presenta en la válvula de expansión, principalmente, ya sea que se encuentre obstruida o que se encuentre quemada, por otra parte puede ser que el bulbo de senseo de temperatura ya no este operando por desajuste, falla en el compresor, falla en el sistema de filtrado del deshidratador, falla en una tubería doblada.

○ **Merma en la carga de refrigerante.**

Presencia de fuga en la tubería de cobre ya sea en la de succión o descarga, o picaduras en los serpentines de evaporación o condensado, falla en los elementos de sellado del propio compresor, si este es semihermético.

○ **Válvula de expansión o tubo capilar defectuoso.**

Cuando este problema se presenta normalmente el equipo se bloquea automáticamente por falta de gas refrigerante, y es necesario realizar el cambio de estos elementos de control e inmediatamente realizar los trabajos de drenado y purgado.

○ **Cabeza de presión baja.**

Esto puede ser causado por una menor carga de refrigerante o por el resultado de una baja temperatura en el aire que se hace circular por el condensador, esta baja cabeza de presión puede resultar en una menor compresión y por consiguiente decrecer la eficiencia del compresor acompañada de una reducción en la capacidad de la válvula de expansión.

◆ **Presión de succión alta.**

○ **Condiciones de carga pesada.**

Un equipo puede tener una presión de succión alta y aun no tener ninguna parte del sistema fallando, posiblemente las condiciones de carga se incrementaron considerablemente acompañadas por un aumento de las condiciones del aire ambiente que entra en el condensador, en tal caso habría una alta cabeza de presión junto con una presión de succión alta, sin falla en la operación mecánica del sistema, estas condiciones pueden remediarse quitando las causas de la carga excesiva sobre el evaporador.

○ **Ajuste del supercalentador bajo.**

Un equipo de refrigeración que opera con un ajuste de supercalentamiento muy bajo, puede causar una presión de succión alta, el líquido refrigerante sobre fluir y evaporará en la línea de succión puede posiblemente alcanzar al compresor, esto puede conducir a serias complicaciones, por que no solamente habrá una pérdida menor del efecto refrigerante, sino que el compresor puede dañarse también, un ajuste inapropiado en el supercalentamiento de la válvula de expansión debe corregirse, la misma situación puede causarse por otros desajustes de la válvula de expansión o por la localización del bulbo censor.

○ **Ajuste inapropiado de la válvula de expansión.**

Una válvula de expansión que está fija en una posición abierta, o está ajustada para permitir mucho flujo de líquido al serpentín, conducirá una cantidad excesiva de condensación o congelamiento sobre la línea de succión, ocasionalmente la válvula de expansión puede estar sólo ligeramente desajustada y no tener aparentes síntomas serios.

Si la válvula permite únicamente que pase un poco más de líquido del que debería pasar, una pequeña cantidad de condensación puede aparecer sobre la línea de succión.

○ **Instalación inapropiada del bulbo censor.**

Frecuentemente, la válvula de expansión puede abrirse demasiado a causa de que el bulbo térmico no está en buen contacto con la línea de succión, tal contacto pobre puede ser causado por una deficiencia de aislamiento alrededor del bulbo térmico, cuando la temperatura ambiente del bulbo y la línea de succión es extremadamente alta, el montaje del bulbo térmico y su localización son muy importantes, el bulbo debe estar en buen contacto con la salida del serpentín de enfriamiento de tal modo que pueda censar térmicamente y con exactitud lo que está sucediendo en la línea de succión y el evaporador.

○ **Compresor ineficiente.**

Si existe una presión de succión alta en el sistema junto con una cantidad de supercalentamiento normal en el serpentín de enfriamiento y todas las otras posibles causas de esta condición han sido eliminadas, es bastante probable que la ineficiencia del compresor se deba a válvulas defectuosas. El procedimiento para checar las válvulas, dependerá de las recomendaciones del fabricante del equipo en particular, pero generalmente para un compresor de alta velocidad 3600 RPM los productores recomiendan poner en marcha la máquina y capturar el tiempo en un record igualando las presiones cuando este se apague. el tiempo promedio es de 40 segundos, un tiempo menor indica una fuga de válvulas.

Como hemos visto en los datos anteriores sobre la operación de un equipo de un sistema de enfriamiento o refrigeración, de forma general, existen siempre muchas dificultades que se deben sortear para poder tener un equipo funcional y en condiciones adecuadas de operación, por eso se deben considerar las siguientes observaciones generales para localizar fallas en sistemas de aire acondicionado.

Cuando un sistema de aire acondicionado, aire lavado o extracción de aire, falla y no opera correctamente, la razón básica estará generalmente dentro de una de las siguientes categorías:

1. Falla de algún componente.

- ◆ Defectuoso desde fábrica.
- ◆ Expuesto a condiciones de trabajo superiores a su capacidad.
- ◆ Falta de mantenimiento apropiado.

- ◆ Desgaste.

2. Ajuste equivocado.

- ◆ Demasiado aire exterior.
- ◆ Suciedad, óxido, incrustaciones.
- ◆ Controles descalibrados.
- ◆ Balaceo de dampers según la estación del año.

3. Instalación defectuosa.

- ◆ Equipos si posibilidad de acceder a ellos o presentan ruidos
- ◆ Torre o condensador enfriado por aire con ruidos.
- ◆ Tubería de refrigeración mal puesta.
- ◆ Conductos de aire mal instalados.

4. Diseño mal hecho.

- ◆ Equipo falto de capacidad.
- ◆ Sistemas de ductos faltos de capacidad.
- ◆ Mala distribución del aire.
- ◆ Controles escogidos equivocadamente.
- ◆ Cambios en las condiciones de operación.

CAPÍTULO SEXTO

VI. EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Objetivo: En este capítulo se presenta la elaboración del programa de mantenimiento tipo, en base a los conceptos teóricos, sobre el análisis numérico de la ruta crítica y es en éste en donde se presenta la propuesta teórica que mostrará de manera práctica y gráfica la distribución de los trabajos que se tienen que realizar dentro de un periodo de actividades anual y en donde se sabrá como poder llevar a cabo todos y cada uno de los trabajos que se han explicado en el capítulo anterior.

6.1. *Antecedentes del programa.*

Como se mencionó en el capítulo III en donde se habla de los procedimientos que se deben seguir para poder realizar una planeación y programación adecuada de proyectos, de la misma forma se desarrolla en la industria el trabajo de mantenimiento el cual es considerado como parte importante de cualquier actividad que se realice en la misma, comparándolo con los trabajos en líneas de producción, distribución del producto, compra de materias primas, entre otras, en la actualidad esto es darle un beneficio de durabilidad a los activos fijos de una empresa logrando la diferencia entre el éxito o el fracaso de la misma.

Es muy común ver que las actividades a las que se les da mayor importancia son las que crean divisas (ganancias), pero gracias a la conservación de la infraestructura para llevar acabo estas actividades se logra que reciban el mayor beneficio al menor costo. Lo anterior se traduce básicamente al hecho de tener la necesidad de elaborar un programa de mantenimiento adecuado y funcional para las empresas, instituciones o instalaciones que brinden un servicio.

He definido cuales son la herramientas más adecuadas para llevar acabo este tipo de metodología dentro de esta, definiendo los trabajos de mantenimiento que se realizarán dentro del plantel, del mismo modo se debe hacer una correcta coordinación del los materiales que se utilizarán.

Como parte importante de los datos para poder hacer un programa de mantenimiento adecuado, diremos que el tomar en cuenta las estimaciones sobre los costos de materiales y mano de obra utilizando métodos como las estimaciones aproximadas que se basan en la experiencia práctica de otros trabajos que se han hecho en el pasado son una base práctica en el caso de la FES Acatlán. Por otro lado tomando la información de órdenes de trabajo clasificadas en diferentes categorías, estimaciones de datos históricos tomadas en base a la experiencia acumulada y las normas de trabajo marcadas por los organismos reguladores del mantenimiento en la ingeniería complementan los parámetros más adecuados para su elaboración.

Las actividades programadas desde el punto de vista técnico-administrativo bajo un control de trabajo, comprenden el análisis en cuatro fases:

- ◆ Detección de fallas.
- ◆ Planeación del trabajo.
- ◆ Estimación de la mano de obra.
- ◆ Estimación de materiales.

Estas actividades deben considerarse como parte fundamental del inicio de un programación integral de trabajo de mantenimiento por realizarse y se deben entender como todas aquellas actividades que se llevaran acabo por un lado las de tipo individual y por otro las de tipo en conjunto.

Como referencia a lo anterior las actividades antes mencionadas se describen en el punto 3.4.2 del capítulo III. Así mismo conociendo los trabajos podemos determinar si estos se ejecutan de forma individual, como es el caso la toma de muestras para realizar el análisis químico del agua de los equipos de calderas o los trabajos de buró administrativo que puede ser la elaboración de catálogos de conceptos, mercadeo de materiales o refacciones para poder conocer costos y tener un parámetro real al hacer el análisis de precios unitarios, al revisar un presupuesto.

Del mismo modo podemos conocer los trabajos que requieren de un proceso en conjunto y del cual se sabe que estos se realizarán con un equipo de mano de obra calificado en el plan de su competencia, con la finalidad de lograr que se cumplan todos los trabajos solicitados dentro de un contrato previamente requisitado y autorizado.

Cabe mencionar que en cualquiera de los dos casos es importante conocer los puntos clave como son mano de obra, materiales y tiempo requerido necesario para llevarlos a cabo para poder determinar el mejor balance de estos rubros y no incurrir en gastos innecesarios o excesivos.

El personal encargado de valorar estos puntos debe tener la experiencia necesaria para poder determinar una acción de trabajo conociendo los pasos a seguir, los tiempos establecidos para ejecutarlos, los imponderables que se pueden presentar en un proceso de trabajo y las capacidades que pueden tener los equipos o sistemas para soportar un paro o desvío de las actividades, mientras se realizan los trabajos.

Existen otros puntos importantes que deben estar en consideración permanente para poder hacer una correcta programación de los trabajos, hablamos de las prioridades que se deben valorar para la toma de decisiones al momento de llevarse a cabo.

Una prioridad en los trabajos de mantenimiento dentro de instalaciones que conforman la FES Acatlán, son aquellas que por su naturaleza y causa-efecto de servicio pueden repercutir con las actividades sustantivas dentro de las instalaciones que mantiene en operación la UNAM. Sabemos que una de las áreas con prioridad número uno es la de suministro de energía eléctrica. Esto nos lleva a valorar que importante es el contar con alumbrado eléctrico dentro de las aulas de clase, o contar con energía eléctrica en instalaciones de laboratorios, ya que la falta de esta podría bloquear la continuidad de toda actividad académica.

Otro punto importante es el tener la disponibilidad de la mano de obra para llevar a cabo trabajos de mantenimiento.

Una norma sobre la mano de obra es que ésta se subordina a la prioridad del trabajo y esto se hace tomando una decisión según el criterio que se tenga para poder valorar los alcances del mismo problema y resolverlo.

Pero en éste proceso se pueden presentar varios problemas aun si el programa de mantenimiento esta bien hecho. Si las cargas de trabajo son irregulares o el personal de trabajo no puede variarse al ritmo de la carga de trabajo que se requiere o en un caso crítico como es el no contar con personal capacitado para realizar estos trabajos, el resultado de esta falta de sincronía es tener que echar mano de tiempo extra para el mantenimiento, contrataciones temporales por trabajo u obra determinada y utilización de contratistas externos.

Los trabajos que se realizan dentro del área de obra electromecánica requieren de personal capacitado y calificado con los perfiles adecuados para ejecutarlos. Pero desafortunadamente no en todas las dependencias de la UNAM se cuenta con personal de trabajo que cubra con estos requisitos. En la FES Acatlán, se tiene personal de mantenimiento clasificado como de base que cubre con algunos de los perfiles teórico-prácticos básicos para poder realizar algunos trabajos de tipo general o menor en áreas como la eléctrica (baja tensión), hidráulica (plomaría) entre otros, pero aun cuando se sabe que existen trabajos de mayor alcance dentro del área electromecánica que este tipo de personal puede y debe realizar, es muy lamentable saber que en la realidad casi todos los trabajos dentro del DOE son asignados a contratistas y personal externo.

Aun cuando se tiene contemplado en los estatutos que rigen los lineamientos administrativos dentro de la UNAM el manejo de personal calificado para las labores que se desarrollan en el área de mantenimiento electromecánico, indicado en el Catálogo de Puestos del Personal Administrativo emitido por la Dirección General de Personal de la UNAM, en donde se marcan las labores que debe desempeñar el personal de base que se desempeña en áreas afines al DOE y donde se establece claramente cuales son las funciones y requisitos que debe cubrir la persona en dicho puesto, no es raro ver cuales han sido los usos y costumbres a los que se han derivado las actividades de este personal. Es muy lamentable encontrar actualmente que el personal que se dice capacitado para un puesto determinado, no cuenta con la capacidad técnica adecuada y que aun cuando debería conocer y manejar los equipos e instalaciones perfectamente para evitar complicaciones mayores, se toma la decisión en la mayoría de los casos que el mantenimiento del área electromecánica sea elaborado con personal externo.

Demos un ejemplo, en la **CÉDULA DE IDENTIFICACIÓN** de la Rama: **ET**; Puesto: **20**; Especializada Técnica. **Oficial electricista**, que nos indica las funciones que debe realizar un electricista de este nivel.

Funciones:

- 1. Interpretar, planos, diagramas y proyectos e instalar alumbrado y energía eléctrica de acuerdo a las especificaciones de los mismos.*
- 2. Instalar y repara líneas eléctricas, aéreas y subterráneas, de alta y baja tensión; equipo de ventilación y calefacción.*

3. *Proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo a los sistemas a alumbrado y energía eléctrica.*
4. *Instalar cableado y reparar conductores, tableros de conexión, cajas de fusible, conmutadores, arrancadores, y equipo de control, puntos de luz y energía sólida y demás partes de los sistemas eléctricos tanto de alta como de baja tensión, e sistemas monofásicos, bifásicos y trifásicos.*
5. *Ramificar muros y entubar conforme a planos: salidas de centros de carga, apagadores y contactos.*
6. *Operar y proporcionar mantenimiento a plantas generadoras de emergencia.*
7. *Efectuar reparaciones a equipos especiales.*
8. *Operar subestaciones reductoras y distribución de cualquier tipo.*
9. *Elaborar planos y diagramas de instalaciones eléctricas que no excedan de 5 kv.*
10. *Orientar, auxiliar y vigilar al personal en el trabajo que realiza.*
11. *Distribuir y coordinar los trabajos encomendados supervisando su ejecución.*
12. *Solicitar y controlar el uso de la herramienta, equipos y materiales que les se proporcionado para la ejecución de los trabajos.*
13. *Realizar todas aquellas actividades inherentes al puesto que apruebe la comisión mixta de tabuladores.*

Requisitos:

1. *Secundaria y carrera técnica de electricista.*
2. *Un año en puesto similar.*
3. *Exámenes teóricos y prácticos del área.*
4. *Saber manejar equipo técnico como: Probador de corriente, voltímetro, pinzas, desarmadores, martillo, amperímetro y similares.*

Lo anterior nos muestra cuales deben ser los perfiles laborales que un oficial electricista debe cubrir para desempeñar bien su trabajo, pero desafortunadamente entre los tiempos de ejecución, los usos y costumbres y la falta de planeación de la que ha carecido la dependencia por parte de los mandos superiores, en todos los proyectos que se han desarrollado dentro de las instalaciones de la FES Acatlán los trabajos que desempeña un oficial electricista se han tenido que desfasar a un plano de tareas de menor grado de complejidad y responsabilidad. Por lo que se han hecho vicios y costumbres que a la fecha han costado una gran cantidad de recursos económicos a la UNAM, ya que en todos los casos de mantenimiento se ha tenido que echar mano de compañías que cuenten con personal externo calificado para realizar estos trabajos.

* **Catálogo de puestos del personal administrativo de base.** Secretaría Administrativa D.G.P. Coordinación de asuntos laborales. UNAM. 1998 p- 74.

Por otro lado no es imposible pensar en la posibilidad de un adecuado sistema de capacitación al personal de mantenimiento ya que solo se debe contar con la voluntad de las autoridades correspondientes para poder brindar al personal de base la posibilidad de actualizar sus conocimientos técnicos por medio de la asistencia a talleres, platicas y conferencias de capacitación, adecuadas al mismo, para que sus actividades sean calificadas y determinadas en otro nivel de tal manera que se pueda alcanzar una autosuficiencia paulatina y eficaz en el mantenimiento a equipos que no requieren de un técnico calificado costoso para la propia dependencia.

La disposición de materiales y los adecuados suministros de estos son otro punto importante para poder realizar los trabajos de manera pronta siempre que se realice un proyecto, es importante considerar todos y cada uno de los materiales que se utilizaran y con los cuales se deberá contar en tiempo y forma. Esto nos lleva a la elaboración de un adecuado inventario de los recursos que se tienen y es en ese momento cuando al conocer estos datos se sabe que pasos hay que realizar para tener todo lo necesario. Si acaso no se cuenta con el material es de vital importancia realizar los tramites administrativos para poder solicitarlos. Esto será posible si se cuenta con el apoyo de los Departamentos de Adquisiciones y Presupuesto que son los que realizan los trámites directos para poder disponer de todo lo requerido en tiempo y forma, de no ser así se corre el riesgo de atrasos en el proyecto.

Es importante que cualquier tipo de programación de los trabajos contemple disponer de los espacios o áreas en donde se llevaran acabo los trabajos y si se trata de un equipo específico existente tener la disponibilidad de ponerlo en paro para realizar las maniobras adecuadamente. Esto quiere decir, que debe existir una coordinación adecuada para poder empalmar las diversas actividades que se quieran realizar con la finalidad de no interrumpir ningún tipo de actividad académica de investigación o extensión a la cultura antes, durante y después de realizar los trabajos de mantenimiento.

6.1.1. Diagrama general.

El buen resultado de un programa se logrará gracias a una adecuada calendarización y coordinación de las actividades tanto académicas como de mantenimiento. Un estudio claro en este tema podrá hablarnos de que tan importante es este rubro. Para esto hemos desarrollado una grafica que mostramos en la figura No. 6.1., donde se pueden observar una serie de datos que nos hablan de lo que es un periodo de actividades de mantenimiento en un año académico.

En la figura No. 6.1., se muestran dos tipos de gráficas un de tipo gráfica de Gantt No. (I) y otra tipo ruta crítica No. (II), que nos muestran una secuencia de actividades de mantenimiento que tienen que realizarse durante un periodo de un año, es importante saber que estas actividades se llevan paralelamente a las actividades académicas y mucho más importa es saber que las actividades de mantenimiento no deben interferir unas con otras.

Para ello se ha pensado llevar acabo un calendario que haga factible el poder hacer lo anterior partiendo que un año escolar cuenta con tres periodos vacacionales, con varios días de descanso académico, hablamos de los meses de Diciembre, Abril y Julio.

Del mismo modo podemos decir que todas las actividades que se realizan dentro de área de mantenimiento desde el punto de vista técnico, las hemos dividido en tres grande rubros:

- Inspección de los equipos.
- Contratación de los servicios.
- Ejecución de los trabajos.

Dentro de la gráfica 6.1., estos rubros se identifican con símbolos de flechas que muestran el periodo de tiempo que lleva el desarrollar las actividades de mantenimiento desde su inicio hasta su terminación. En el mismo sentido en que la gráfica se desarrolla se marcan las actividades que pueden realizarse de manera paralela a las ya iniciadas. Comenzamos la descripción en donde la línea de color azul identifica las actividades de inspección dentro de intervalo con No.1 y 2. Esto se desarrolla en un periodo de tiempo indicado en la gráfica como de cuatro semanas.

Podemos ver en la gráfica que se han marcado las actividades de tal manera que solamente se hace referencia de ellas en forma general, pero lógicamente sabemos que toda actividad que se realiza tiene una serie de pasos a seguir y debido a esto se puede desglosar cada actividad tan detalladamente como queramos, pero por el tamaño del formato que se colocó dentro del texto no es posible tener una gráfica más detallada.

Por tal motivo se tomo la decisión de hacer una descripción de los pasos que se siguen en cada actividad en un formato de lista, en donde se muestra la relación de cada actividad en sus diversas etapas como son: *inspección, contratación y ejecución*, para cada uno de los equipos. Como se describió en el capítulo V, en cada áreas de mantenimiento existe una serie de pasos distintos entre ellos. Esto nos lleva a poner dentro de la gráfica del programa los pasos más representativos. Con esto trato de ejemplificar de manera resumida la gama tan amplia que pudiera tener cada una de estas actividades ya que podemos hacer una secuencia de pasos tan detallada como queramos, pero para efecto del tema que interesa señalar en esta tesis es suficiente hacerlo con esta información. Veamos la siguiente tabla.

Act.	Concepto.	Pasos a seguir.
A	Inspección de equipos de aire acondicionado.	1°.-Apertura de equipos. 2°.-Inspección de componentes internos y accesorios. 3°.-Pruebas de operación. 4°.-Elaboración de catálogos de conceptos.
B	Contratación de equipos de aire acondicionado.	1°.-Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.-Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.-Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.

VI. El programa de mantenimiento.

		<p>4°.-Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.-Selección de presupuesto ganador. 6°.-Elaboración de contrato a contratista.</p>
C	Inspección de equipos de subestaciones eléctricas No. 1 y 6.	<p>1°.-Apertura de equipos. 2°.-Inspección de componentes y accesorios. 3°.-Pruebas de operación interior. 4°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p>
D	Ejecución de trabajos a equipos de aire acondicionado.	<p>1°.-Poner fuera de operación al equipo. 2°.-Realizar trabajos de limpieza. 3°.-Corrección de fallas en sistemas presurizados. 4°.-Corrección de fallas en componentes eléctricos. 5°.-Substitución de piezas dañadas. 6°.-Carga de los sistemas de refrigeración. 7°.-Calibración del equipo. 8°.-Pruebas de funcionamiento.</p>
E	Contratación de trabajos a subestaciones eléctricas No. 1 y 6.	<p>1°.-Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.-Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.-Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.-Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.-Selección de presupuesto ganador. 6°.-Elaboración de contrato a contratista.</p>
F	Inspección de equipos de plantas de emergencia CC y CCA.	<p>1°.-Apertura de equipos. 2°.-Inspección de niveles. 3°.-Inspección de componentes. 4°.-Pruebas de operación y transferencia. 5°.-Pruebas de sistemas de protección. 6°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p>
G	Ejecución de trabajos a equipos de subestaciones eléctricas. No. 1 y 6.	<p>1°.-Toma de lecturas de carga y demanda. 2°.-Poner fuera de operación al equipo. 3°.-Llevar acabo trabajos de limpieza. 4°.-Apriete de elementos de conducción. 5°.-Substitución de piezas dañadas 6°.-Pruebas dieléctricas a equipos de potencia, conductores, toma de muestras y pruebas de laboratorio 7°.-Calibración de equipos. 8°.-Adecuación de cargas balanceo y redistribución.</p>
H	Contratación de trabajos a equipos de plantas de emergencia CC y CCA.	<p>1°.-Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.-Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.-Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.-Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.-Selección de presupuesto ganador. 6°.-Elaboración de contrato a contratista.</p>

I	Inspección de equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumático No. 1 y 2	<p>Para equipo de subestaciones: 1°.-Apertura de equipos. 2°.-Inspección de componentes y accesorios. 3°.-Pruebas de operación. 4°.-Elaboración de catálogos de conceptos. Para los equipo de bombeo: 5°.-Pruebas con carga y en vacío de bombas. 6°.-Revisión de parámetros eléctricos, en bombas y tableros de control. 7°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p>
J	Ejecución de trabajos de plantas de emergencia, CC y CCA.	<p>1°.-Poner fuera de operación al equipo. 2°.-Cambios de fluidos. 3°.-Llevar a cabo trabajos de limpieza. 4°.-Substitución de piezas dañadas 5°.-Calibración de sistema de arranque automático. 6°.-Calibración del equipo generador. 7°.-Pruebas de funcionamiento. 8°.-Trabajos de mantenimiento mayor según bitácora.</p>
K	Contratación de trabajos a equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumático No. 1 y 2.	<p>1°.-Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.-Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.-Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.-Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.-Selección de presupuesto ganador. 6°.-Elaboración de contrato a contratista.</p>
L	Ejecución de trabajos a equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumático No. 1 y 2.	<p>Para equipo de subestaciones: 1°.-Poner fuera de operación al equipo. 2°.-Llevar a cabo trabajos de limpieza. 3°.-Apriete de elementos de conducción. 4°.-Substitución de piezas dañadas 5°.-Toma de muestras y pruebas de laboratorio. 6°.-Pruebas dieléctricas a equipos de potencia y conductores. 7°.-Calibración de equipos. 8°.-Adecuaciones de cargas, balanceos y redistribuciones. Para equipos de bombeo: 9°.-Desarmado de equipo. 10°.-Cambio de piezas dañadas. 11°.-Colocación de sellos y empaques. 12°.-Armado de equipo. 13°.-Revisión de secuencia de operación. 14°.-Cambio de elementos dañados en tableros de control. 15°.-Calibración de tablero de control. 16°.-Pruebas de operación.</p>

VI. El programa de mantenimiento.

M	Inspección de equipos de calderas No. 1 y aire acondicionado.	<p>Para equipo de caldera: 1°.-Paro del equipo. 2°.-Apertura de equipo. 3°.-Inspección de componentes internos y accesorios. 4°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p> <p>Para equipo de aire acondicionado: 5°.-Apertura de equipos. 6°.-Inspección de componentes internos y accesorios. 7°.-Pruebas de operación. 8°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p>
N	Inspección de equipos de plantas de emergencia del CC y CCA.	<p>1°.-Apertura de equipos. 2°.-Inspección de niveles. 3°.-Inspección de componentes. 4°.-Pruebas de operación y transferencia. 5°.-Pruebas de sistemas de protección. 6°.-Elaboración de catálogos de conceptos.</p>
Ñ	Contratación de trabajos a equipos de calderas No. 1 y aire acondicionado.	<p>1°.-Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.-Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.-Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.-Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.-Selección de presupuesto ganador. 6°.-Elaboración de contrato a contratista.</p>
O	Ejecución de trabajos a equipos de calderas No. 1 y aire acondicionado.	<p>Para equipo de caldera: 1°.-Apertura de caldera. 2°.-Limpieza general del equipo. 3°.-Cambio de material dañado. 4°.-Corrección de fallas al sistema eléctrico, hidráulico, combustible, medición, calentamiento y dosificación de producto químico. 5°.-Protección del equipo contra corrosión. 6°.-Calibración del equipo. 7°.-Pruebas de funcionamiento.</p> <p>Para equipos de aire acondicionado: 8°.- Poner fuera de operación al equipo. 9°.- Realizar trabajos de limpieza. 10°.- Corrección de fallas en sistemas presurizados. 11°.- Corrección de fallas en componentes eléctricos. 12°.- Substitución de piezas dañadas. 13°.- Carga de los sistemas de refrigeración. 14°.- Calibración del equipo. 15°.- Pruebas de funcionamiento.</p>

P	Contratación de trabajos a equipos de plantas de emergencia del CC y CCA.	1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.- Selección de presupuesto ganador. 6°.- Elaboración de contrato a contratista.
Q	Inspección de equipos de pozo profundo, subestaciones eléctricas No. 3 y 4 y caldera No.2.	Para equipo de pozo profundo: 1°.- Revisión de sistema eléctrico, sistema de lubricación y sistema de arranque. 2°.- Aforo a columna de pozo. 3°.- Revisión de parámetros de gasto. Para equipo de subestaciones: 4°.- Apertura de equipos. 5°.- Inspección de componentes y accesorios. 6°.- Pruebas de operación. 7°.- Elaboración de catálogos de conceptos. Para equipos de caldera: 8°.- Paro del equipo. 9°.- Apertura de equipos. 10°.- Inspección de componentes internos y accesorios. 11°.- Elaboración de catálogos de conceptos.
R	Ejecución de trabajos a equipos de plantas de emergencia CC y CCA.	1°.- Poner fuera de operación al equipo. 2°.- Cambios de fluidos. 3°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza. 4°.- Substitución de piezas dañadas. 5°.- Calibración de parámetros de sistema automático de arranque. 6°.- Calibración del equipo generador. 7°.- Pruebas de funcionamiento. 8°.- Trabajos de mantenimiento mayor según bitácora.
S	Contratación de trabajos a equipos de pozo, subestación eléctrica No. 3 y 4 y caldera No. 2	1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas. 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas. 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos. 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos. 5°.- Selección de presupuesto ganador. 6°.- Elaboración de contrato a contratista.
T	Ejecución de trabajos a equipos de pozo, subestaciones eléctricas No. 3 y 4 y caldera No.2.	Para equipos de pozo profundo: 1°.- Desmontaje de la columna. 2°.- Cepillado de la columna. 3°.- Cambio de accesorios dañados. 4°.- Calibración de equipo. 5°.- Pruebas de funcionamiento.

Para equipo de subestaciones:

- 6°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 7°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza.
- 8°.- Apriete de elementos de conducción.
- 9°.- Substitución de piezas dañadas.
- 10°.- Toma de muestras y pruebas de laboratorio.
- 11°.- Pruebas dieléctricas a equipos de potencia y conductores.
- 12°.- Calibración de equipos.
- 13°.- Adecuación de cargas, balanceo y redistribución.

Para equipo de caldera:

- 14°.- Apertura de caldera.
- 15°.- Limpieza general del equipo.
- 16°.- Cambio de material dañado.
- 17°.- Corrección de fallas al sistema eléctrico, hidráulico, de combustible, de medición, calentamiento y dosificación de producto químico.
- 18°.- Protección del equipo contra corrosión.
- 19°.- Calibración del equipo.
- 20°.- Pruebas de funcionamiento.

Tabla No. 6.1. Lista de actividades, conceptos y pasos a seguir.

En la gráfica de la figura No. 6.1., se muestran las etapas en las que hemos dividido cada uno de los trabajos que se realizarán durante un periodo de labores (un año) de las cuatro áreas que conforman el área electromecánica en el Departamento de Obra Electromecánica (DOE) de la FES Acatlán. Sabemos que estas actividades están formadas de una serie de pasos subsecuentes, a continuación se describen las actividades comenzando por la primer actividad dado el orden en el que se han organizado.

6.1.2. Diagramas por actividades.

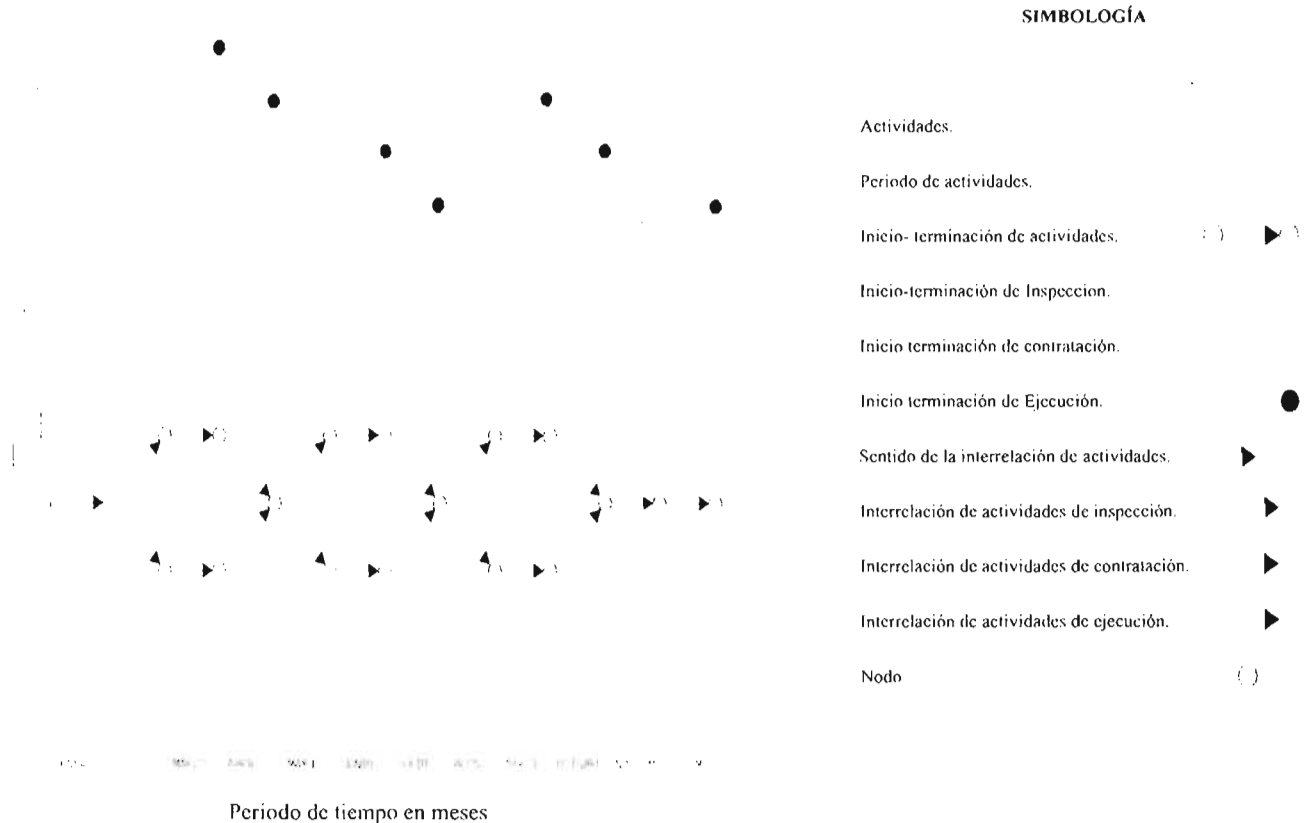
Actividad "A". Inspección de equipos de aire acondicionado.

Esta actividad se ha colocado en primer lugar por el tipo de equipos con los que se cuenta. Sabemos que el aire acondicionado es un servicio del cual en la dependencia no se puede presidir en las áreas en donde se proporciona éste.

¿Por que empezamos con estos sistemas?, no es difícil imaginar que en los meses de enero a marzo el clima en la zona donde se encuentra ubicada la FES Acatlán se mantiene templada. Gracias a eso y a la poca actividad académica dentro de las instalaciones durante este periodo no existe ningún inconveniente para poner fuera de servicio estos equipos y así hacer una inspección completa y adecuada, es por ello que se decidió llevar acabo esta actividad al principio del año.

Diagrama de actividades de mantenimiento del Departamento de Obra Electromecánica.

Figura No. 6.1. Diagrama de ruta crítica general.



Como se indica en la tabla de actividades No. 6.1., en donde los cuatro pasos a seguir de la actividad "A" corresponden a la "Inspección de equipos de aire acondicionado", es posible hacer la gráfica que muestra el periodo de tiempo que lleva el realizar estos cuatro pasos en los mismos equipos.

- 1°.- Apertura de equipos.
- 2°.- Inspección a componentes internos y accesorios.
- 3°.- Pruebas de operación.
- 4°.- Elaboración del catálogo de conceptos.

A continuación se muestra esta gráfica y sus principales características.

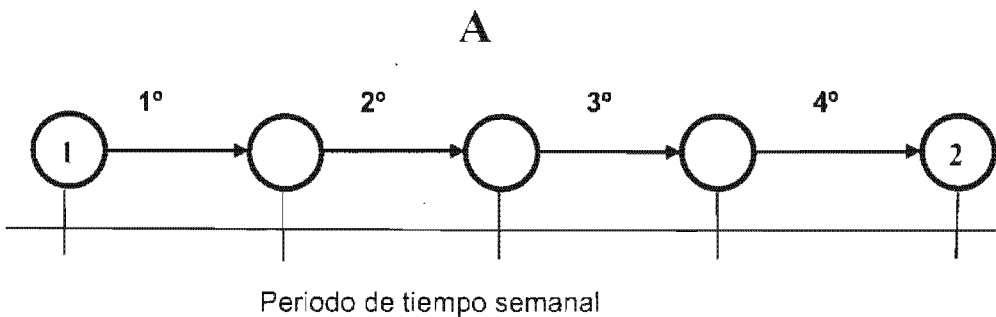


Figura No. 6.2. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "A".

El periodo en el que se realizan estas actividades es de 4 semanas y se puede ver que cada una de estas actividades se lleva a cabo en un periodo de 1 semana. Las actividades están marcadas como 1°, 2°, 3° y 4°. El inicio de la actividad es en (1) y termina en (2) los pasos a seguir se delimitan en su termino e inicio intermedio con los puntos (a, b y c). Algo importante para llevar a cabo una correcta programación de actividades es el tiempo que puede llevar el realizar una revisión completa y precisa a los equipos, dependiendo de la disponibilidad de mano de obra y cumplimiento de los tiempos del programa.

Por otra parte en la mayoría de los trabajos que se realizan dentro del DOE en la FES Acatlán, los trabajos son contratados y realizados por personal externo. Por tal motivo se tiene que elaborar un formato que describa en partidas los conceptos que describen los pasos a seguir en un proceso de mantenimiento incluyendo las características del equipo de que se trate. Este formato se denomina catálogo de conceptos y además este documento puede contener planos, croquis y detalles técnicos los cuales forman parte la documentación que se debe entregar a un contratista para su cotización.

Estos documentos son elaborados por el personal que ha realizado la inspección al equipo o sistema. A continuación se muestra un catalogo de conceptos para el mantenimiento preventivo y correctivo de la subestación No.2

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N°
FECHA 25-ABRIL-2001 1 M 7

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION NO. 2						
UBICACION:						
PARTIDA	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (SIN I.V.A.) NUMERO	CON LETRA	TOTAL
1.-	SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A EQUIPOS Y COMPONENTES DE LA SUBESTACION NO. 2 (MANTENIMIENTO No. 1) DE TIPO COM-PACTO CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:					
	MARCA: SEIENS					
	CAPACIDAD: 23,874 V					
	VOLTAJE NOMINAL: 20/23 KV					
	CORRIENTE NOMINAL: 500 AMP.					
	TIPO DE INTERRUPTOR: ALUONI					
	TRANSFORMADOR: ACRITE 750 KVA					
	MARCA: IUSA					
	CONEXION: DELTA-ESTRELLA 440 V					
	RESERVAS: (3)					
	MARCA: SW MULTIBLOC COMPA--NY					
	CORRIENTE NOMINAL: (1) 70 A.					
	(2) 72 A					
	(3) 74 A					

Figura No. 6.3.a

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N°
FECHA 25-ABRIL-2001 2 DE 7

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION No. 2						
UBICACION:						
PARTIDA	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (SIN I.V.A.) NUMERO	CON LETRA	TOTAL
	INCLuye:					
A	LIMPIEZA INTERIOR Y EXTERIOR DE EQUIPOS - INTERRUPTIVOS, RUPTOFUSIBLES, TRANSFORMADOR.	LOTE	3			
B	LIMPIEZA DEL LOCAL DONDE HUBO, PASILLOS, PUERTAS Y VENTANAS QUEDEN LIBRES DE POLVO.	LOTE	1			
C	LUBRICACION DE INTERRUPTORES, CUCHILLAS Y RUPTOFUSIBLES.	LOTE	1			
D	AJUSTE DE SUS, PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (3 PRUEBAS POR FASE)	LOTE	1			
E	PRUEBAS DE AISLAMIENTO ELECTRICO A INTERRUPTORES, CUCHILLAS, RUPTOFUSIBLES, APRIETE DE CONEXIONES.	PRUEBA	1			
F	PRUEBAS A LA RED DE TIERRAS FISICAS, APRIETE DE CONEXIONES, MEDICION DE RESISTENCIA.	PRUEBA	1			
G	MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y DETERMINACION DEL INDICE DE POLARIZACION DE EL DEVIADO DE BAJA Y ALTA TENSION	PRUEBA	1			
H	REVISION DE OPERACION DE AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS.	PLA.	2			

Figura No. 6.3.b

VI. El programa de mantenimiento.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N° 3 DE 7
FECHA 25-ABRIL-2001

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION No. 2						
UBICACION:						
PARTE	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	PRECIO UNITARIO (EN L.V.A.) CON LETRA	TOTAL
I	REGENERACION DE ACEITE MINERAL DEL TRANSFORMADOR. (CAPACIDAD 750 KVA)	LITR.	1155			
J	PRUEBAS DE ACEITE, COLOR, ACIDEZ, TENSION INTERFACIAL, RIGIDEZ DIELECTRICA, FACTOR DE POTENCIA A 25° C Y 100°C.	PRUEBA	1			
K	PAPAO FILTRO PARA REGENERACION DE ACEITE	LITR.	1			
L	RELLENO AL TRANSFORMADOR CON ACEITE MINERALIZADO DE LAS MISMAS CARACTERISTICAS DEL EXISTENTE (SI ASI SE REQUIERE)	LITR.	100			
M	PRUEBAS A LOS CABLES DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR DE BAJA TENSION, PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.	PRUEBA	1			
2.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO S.E. No. 2						
N	REPARACION DE PUNAS DE ACEITE EN LAS BOQUILLAS INTERNAS EN LAS LINEAS DE ENTRADA DEL PRIMARIO (LADO DE ALTA TENSION DEL TRANSFORMADOR) QUE INCLUYE:	PZA.	1			
CAMBIO DE EMPAQUES DE LAS BOQUILLAS. ESTOS TRABAJOS DEBERAN REALIZARSE UNA VEZ QUE EL NIVEL DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR SEA EL ADECUADO)						

Figura No. 6.3.c

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N° 4 DE 7
FECHA 25-ABRIL-2001

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION No. 2						
UBICACION:						
PARTE	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	PRECIO UNITARIO (EN L.V.A.) CON LETRA	TOTAL
	herramienta y mano de obra especializada necesaria hasta la perfecta terminacion de los trabajos.					
D)	COLOCACION DE CIENAS DIELECTRICAS PARA SUSTENTAR EL CABLEADO DE ALTA TENSION EN EL SECCIONADOR (D) SALIDA A SUBESTACION No. 1, 4, 5, 6. (VER CROQUIS).	PZA.	1			
INCLUYE:						
SUMINISTRO DE CIENAS Y MATERIALES NECESARIOS PARA SU PERFECTA COLOCACION AL INTERIOR DEL SECCIONADOR DE ALTA TENSION. ESTAS CIENAS DEBERAN ESTAR COLOCADAS A LO LARGO DEL GABINETE Y SOLDADO EN SUS EXTREMOS CON TORNERIA A LA ESTRUCTURA DEL GABINETE, HERRAMIENTA NECESARIA Y MANO DE OBRA HASTA LA PERFECTA TERMINACION DE LOS TRABAJOS.						
C)	COLOCAR AL INTERIOR DE UN GABINETE METALICO DE TABLERO AUTOSOPORTADO, EN TRANSFORMADOR TIPO SECO, CON CAPACIDAD DE 112.5 KVA CON DIMENSIONES DE .70 MTS. DE LARGO .60 MTS. DE ANCHO Y .50 MTS. DE ALTURA.	PZA.	1			
INCLUYE:						
DESCONECION DE CABLEADO PREVIA IDENTIFICACION						

Figura No. 6.3.d

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N° 5 DE 7
FECHA 25-JUNIO-2001

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION No. 2						
UBICACION:						
PARTIDA	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	PRECIO UNITARIO (SIN I.V.A.) CON LETRA	TOTAL
	CION DE CIRCUITOS.					
	AJUSTE DE LAS BARRAS DE SOPORTE DEL TRANSFORMADOR DENTRO DEL GABINETE, CORTAR SOBRESALIENTES SI ASI SE REQUIERE.					
g)	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BARRA DE COBRE DE 300 AMP. CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 1.0 MTS., COLOCANDOLA DENTRO DEL GABINETE METALICO DEL MISMO TABLERO, LA BARRA SE DEBERA FIJAR SOBRE AISLANTES EN SUS EXTREMOS, CON TORNILLERIA A LA ESTRUCTURA DEL TABLERO. ASI MISMO SE DEBERA CONECTAR LA BARRA DE TIERRA FISICA A LA RED DE TIERRA FISICA DE LA MISMA SUBESTACION, POR MEDIO DE CABLEADO DE COBRE DESNUDO CALIBRE NO. 6 Y CONECTORES TIPO ZAPATAS DE CONEXION MECANICA PARA EL MISMO CALIBRE DEL CABLE. CABLE MARCA COMUMEX. ORDENADO DE CABLEADO, DENTRO DEL GABINETE DE LOS CABLES DE ALIMENTACION Y DE DISTRIBUCION, COLOCANDO EL CABLEADO DENTRO DEL MISMO TABLERO, POR MEDIO DE CINTURONES DE NYLON FIJADOS A LA ESTRUCTURA METALICA. COLOCAR CORRECTAMENTE LOS INTERRUPTORES DEMANOMETRICOS QUE SE ENCUENTRAN MAL INSTALADOS, SE DEBERAN COLOCAR CORRECTAMENTE A LAS BARRAS DE DISTRIBUCION DEL TABLERO, SE DEBERAN FIJAR CON TORNILLERIA ADECUADA	PZA.	1			

Figura No. 6.3.e

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

HOJA N° 6 DE 7
FECHA 25-JUNIO-2001

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION No. 2						
UBICACION:						
PARTIDA	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	PRECIO UNITARIO (SIN I.V.A.) CON LETRA	TOTAL
	Y CON ACCESORIOS ADECUADOS AL TABLERO.					
	INCLUDE:					
	SUMINISTRO DE HERRAMIENTA, MATERIAL NECESARIO Y MANO DE OBRA ESPECIALIZADA PARA COMPLETAR CORRECTAMENTE LOS TRABAJOS.					
g)	SUMINISTRO Y COLOCACION DE BARRA DE TIERRA FISICA DE 600 AMP. DE CAPACIDAD CON UNA LONGITUD APROXIMADA DE 2.5 MTS. Y COLOCANDOLA DENTRO DE LOS GABINETES QUE ALOJAN INTERRUPTOR PRINCIPAL Y TABLERO DE DISTRIBUCION, DE BAJA TENSION CON LOS NÚMEROS (1) (2) RESPECTIVAMENTE, LA BARRA SE DEBERA FIJAR SOBRE AISLANTES EN SUS EXTREMOS Y TORNILLERIA A LA ESTRUCTURA DEL TABLERO. ASI MISMO SE DEBERA CONECTAR LA BARRA DE TIERRAS FISICAS A LA RED DE TIERRAS FISICAS DE LA SUBESTACION, POR MEDIO DE CABLEADO DE CALIBRE DE 4/0 DE COBRE DESNUDO Y CONECTORES TIPO ZAPATAS DE CONEXION MECANICA PARA EL MISMO CALIBRE DEL CABLE. CABLE MARCA COMUMEX. INCLUDE:	PZA.	1			
	SUMINISTRO DE MATERIAL Y HERRAMIENTA NECESARIAS, MANO DE OBRA ESPECIALIZADA PARA COMPLETAR CORRECTAMENTE LOS TRABAJOS.					

Figura No. 6.3.f

VI. El programa de mantenimiento.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
SUPERINTENDENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
CATALOGO DE CONCEPTOS

FECHA 25 JUNIO 2001 HOJA N° 7 DE 7

OBRA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO A SUBESTACION NO. 2						
UBICACION:						
PARTIDA	ENUNCIADO DEL CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	NUMERO	PRECIO UNITARIO (EN L.V.A.) CON LETRA	TOTAL
	SE DEBERA ENTREGAR ANEXO A LA CERTIFICACION DE ESTE CATALOGO DE CONCEPTOS, EL ANALISIS DE FUNCION INSTALACION DE LOS SISTEMAS CON SUS DESCRIPCIONES EN EL ASI MISMO SE DEBERA ENTREGAR LA INFORMACION SELLADA Y FIRMADA POR EL REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA.					
	TODOS LOS TRABAJOS DEBERAN REALIZARSE DENTRO DEL TIEMPO ESTIPULADO A LA FIRMA DEL CONTRATO, SE DEBERAN REALIZAR TRABAJOS DE LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL DE DESHECHO FUERA DE LAS INSTALACIONES DEL PLANTIL DE YAL FORMANDO LAS AGUAS TERMINADAS DEBERAN QUEDAR PERFECTAMENTE LIMPIAS AL CANCELARSE LOS TRABAJOS.					
	SE DEBERA ENTREGAR UN REPORTE FINAL DE TODAS LAS PRUEBAS REALIZADAS, ASI MISMO UN REPORTE FOTOGRAFICO DETALLADO DEL PROCESO DE LA OBRA.					
	DE LA MISMA FORMA SE DEBERA ENTREGAR DE CUALQUIER ANEXILLA DETECTADA EN LOS SISTEMAS Y LA CUAL NO SE ENCUENTRE CONTENIDA DENTRO DEL CATALOGO, PARA SER VALORADA Y AL MISMO TIEMPO COTIZADA PARA SU POSIBLE APROBACION.					

Figura No. 6.3 g

En las figuras anteriores podemos observar como se describen los equipos en un catálogo de conceptos y como se tienen que ir describiendo cada uno de los conceptos que conforman los pasos a seguir para llevar a cabo el mantenimiento a los equipos de la subestación No. 2.

Describiendo la figura No. 6.3.a, en esta hoja se escriben las características generales de los equipos, en la figura No. 6.3.b se muestran los conceptos que inician los trabajos, es muy importante tomar en cuenta que una descripción completa y detallada puede ayudar a entender estos datos, pero es mayormente útil el ordenar en forma progresiva y con un orden lógico la secuencia de los pasos a seguir, de tal manera de no revolver los conceptos y llegar a confundir a la persona que lea este documento e interprete equivocadamente la idea que se quiera dar. Para poder completar la información es necesario anexar detalles esquemáticos como son: planos y croquis en donde se pueden describir con precisión los detalles técnicos que en muchos casos tendría que utilizarse muchas palabras para una aplicación muy sencilla.

En las siguientes figuras se describen los procesos que se tienen que realizar bajo las especificaciones necesarias y las cuales las deben cumplir las compañías que participen dentro del concurso de selección para realizar los trabajos, la cuantificación de los conceptos es determinada en base a los reportes realizados previamente.

Otro punto que debe tomarse en cuenta es el tipo de unidad que debe usarse en e cuantificación, en muchos casos es importante recordar que las normas que rigen este tipo de procedimientos nos indican cuales deben ser las unidades que se utilizarán en un trabajo determinado y considerar todas las partes que forman esa unidad para que sea debidamente contemplado dentro de un análisis de precios unitarios de manera adecuada.

Veamos el siguiente ejemplo de lo dicho anteriormente.

En el en la partida 2, inciso a (Figura 6.3.c) dice:

	Unidad	Cantida
Reparación de fugas de aceite en las boquillas internas de la línea de entrada del primario (lado de alta tensión del transformador) que incluye: Cambio de empaques de las boquillas (estos trabajos deberán realizarse una vez que el nivel de aceite del transformador sea el adecuado) Herramienta y mano de obra especializada y necesaria hasta la perfecta terminación de los trabajos.	P7A	3

Se debe saber que para poder llevar a cabo el trabajo anterior es necesario primeramente realizar el procedimiento de desenergizado del equipo, posteriormente colocar los sistemas a tierra para hacer la descarga de cargas estáticas de los devanados de alta y baja tensión por medio de puesta a tierra de las fases y colocar un equipo recirculador de aceite que consta de mangueras, conectores, bombas, filtros y depósitos de almacenamiento de aceite para poder bajar el nivel del mismo dentro del transformado por debajo del nivel de las boquillas de alta tensión, posteriormente entrar al gabinete de alta tensión para realizar la desconexión de las terminales del transformador con las barras, aflojar la tornillería de cada boquilla y desmontarla hasta sustraer el empaque de la misma, para poder revisarlo y posteriormente sustituirlo por uno nuevo.

Podemos ver que el procedimiento es bastante largo y complicado ya que en muchos casos se tienen que realizar trabajos que llevan de manera implícita muchos procesos que se pueden considerar como conocidos, para el caso de los conceptos de los trabajos de mantenimiento a los equipos del área electromecánica es muy importante saber que las empresas que realizarán estos trabajos tienen los conocimientos y la infraestructura necesarios para poder llevar a cabo todos los procesos técnicos adecuados y completos.

Por lo cual es muy común tener que generalizar el concepto en una unidad con la cual se pueda definir el trabajo de forma clara, precisa y con esto no tener que referirnos a muchos pasos en particular.

Continuando con la descripción de las actividades que se presentan en la gráfica No. 6.1., a continuación hacemos referencia de la actividad B, donde se describe el proceso de contratación.

Actividad “B”. Contratación de trabajos a los equipos de aire acondicionado.

La etapa de contratación de cualquier trabajo que se realiza en la FES Acatlan esta a cargo del Departamento de Supervisión Técnica, adscrito a la Superintendencia de Obras y Mantenimiento(SOM) y es importante puntualizar que dentro de las funciones que el DOE tiene con respecto a este punto existe una relación de actividades que apoyan a este departamento y viceversa, de este modo se debe saber que el DOE no hace la contratación directamente a ninguna de las empresas que trabajan dentro del plantel ya que su función es la de coadyuvar a realizar dicha labor, llevando a cabo los pasos a seguir dentro de las actividades de contratación, estos pasos son los siguientes:

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas.
- 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.

En esta lista de pasos se hace referencia a trabajos que se realizan en el ámbito administrativo, donde se tienen que realizar labores en conjunto con otros Departamentos, como el de Supervisión Técnica (DST), al que se entrega copia de los catálogos de conceptos de trabajos por realizarse, se proporciona fechas de inicio y terminación de los trabajos, visto bueno de autorización en los contratos del DOE, entre otros. En lo referente a la toma de decisiones sobre la asignación de los trabajos a los contratistas, esto se hace en base a la elaboración del cuadro comparativo que contiene los datos valorados en costo-beneficio para el plantel y una vez que se tienen todas las propuestas técnicas y económicas de los contratistas participan en este tipo de licitación restringida se les informa a todos los participantes sobre el fallo que se ha tomado al respecto. Un punto importante que debe aclararse es que toda autorización en lo referente a lo que se le ha denominado como selección del ganador del concurso, es llevado a cabo por el comité de obra del plantel, el cual está conformado por la Secretaría Administrativa (SA), la SOM y el DOE, quienes en conjunto valoran las propuestas recibidas por los contratistas, tomando en cuenta que cumplan con los requisitos indicados en las normas universitarias, en donde se estipulan las características y obligaciones que debe cumplir cualquier prestador de servicios ante la UNAM.².

A continuación se muestra la gráfica en donde se ve el seguimiento sobre la contratación de los servicios de mantenimiento a los equipos de aire acondicionado.

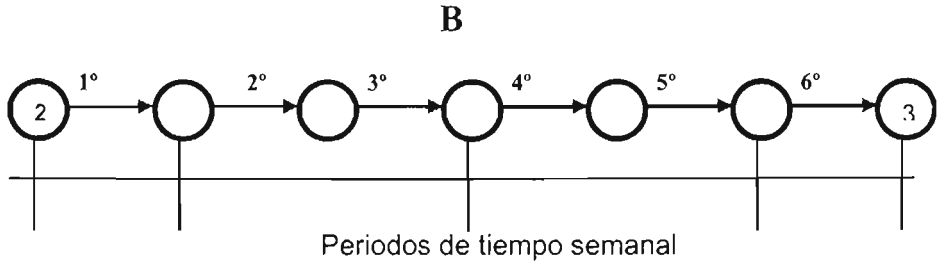


Figura No. 6.4. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "B"

En esta gráfica las actividades que se desarrollan entre los periodos (2) y (3) muestra una serie de 6 pasos que se desarrollan dentro de la actividad que hemos definido como de buró administrativo.

Actividad "C". Inspección de equipos de subestaciones eléctricas No. 1 y 6.

Para realizar esta actividad en este tipo de equipos es importante considerar la realización de estas en un momento donde un corte de energía general a las instalaciones no provoque paro de las actividades académicas. Lo que nos lleva a pensar que esto solamente se puede realizar durante uno periodo de fin de semana en el que no exista ningún inconveniente.

Como este tipo de reportes es muy similar al de los equipos de aire acondicionado. Se tienen los pasos siguientes:

- 1°.- Apertura de equipos.
- 2°.- Inspección de componentes y accesorios.
- 3°.- Pruebas de operación.
- 4°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

Dando como resultado la siguiente gráfica.

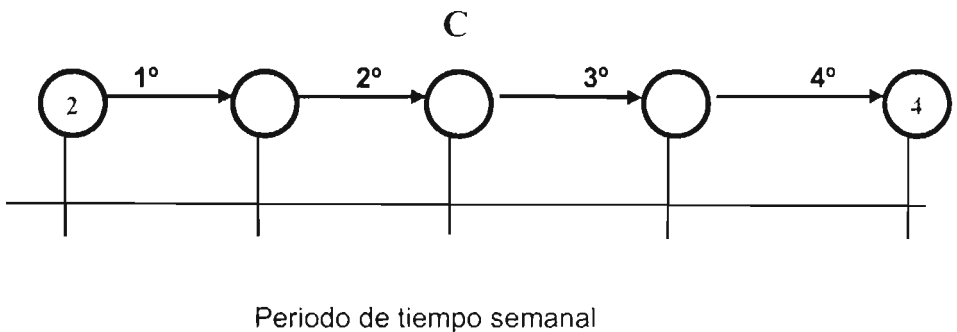


Figura No. 6.5. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "C"

Actividad "D". Ejecución de trabajos a equipos de aire acondicionado.

En esta actividad en donde se desarrollan los trabajos propios al mantenimiento para los equipos de aire acondicionado, se observa que es la primera actividad que se ejecuta dentro del programa de mantenimiento. Como parte del proceso de mantenimiento es necesario contemplar que estos trabajos se llevan a cabo durante el mes de marzo cuando todavía se pueden realizar paros de los equipos sin afectar las actividades académicas, gracias al clima que se tiene durante estas fechas haciendo muy favorable el terminar con estos mantenimientos de manera rápida y adecuada.

Siguiendo los pasos correspondientes a esta actividad:

- 1°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 2°.- Realizar trabajos de limpieza.
- 3°.- Corrección de fallas al sistema presurizado.
- 4°.- Corrección de fallas en componentes eléctricos.
- 5°.- Substitución de piezas dañadas.
- 6°.- Carga de los sistemas de refrigeración.
- 7°.- Calibración del equipo.
- 8°.- Pruebas de funcionamiento.

En la figura No. 6.5., se presenta el desarrollado de los pasos a seguir para realizar el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado.

D

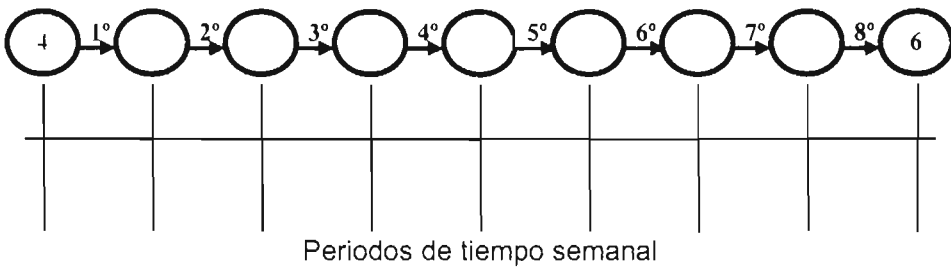


Figura No. 6.6. Grafica de pasos a seguir en la actividad "D".

Es claro que durante este proceso de mantenimiento se visualizan los pasos a seguir de manera consecutiva y analizando los conceptos que se describen en la lista de actividades vemos que estos pasos tratan de englobar un catálogo de conceptos que en la mayoría de los casos contiene un número considerable de partidas muy extenso como lo vimos en el ejemplo de la figura No. 6.2.a-g donde se muestran los formatos que integran el catálogo de conceptos que describe un mantenimiento a los equipos de la subestación No. 2 y donde se pueden encontrar descripciones tan amplias como sea necesario.

Por tal motivo y con la finalidad de poder proporcionar datos que ayuden a entender objetivo real de este programa de mantenimiento, se ha tomado la decisión de condensar información de todos los conceptos que puede contener un catálogo de conceptos transformándolo en varios puntos básicos que se han considerado como los de mayor relevancia para entender como se llevan a cabo las actividades para cada equipo

Actividad “E”. Contratación de trabajos a subestaciones eléctricas 1 y 6.

Como se ha dicho en la actividad B donde se habla de la contratación del mantenimiento a los equipos de aire acondicionado, en este caso no se difiere en nada al procedimiento de contratación ya mencionada, si se observa la gráfica de la figura No. 6.1., se podrá observar que la actividad E continua después de la B y esto puede beneficiar la continuación de los trabajos agilizando los procesos administrativos ya que no existirá una interrupción entre ellos

Se espera que con este tipo de enlaces de actividades aun cuando se trata de diversos equipos se logre la optimización del tiempo en su duración.

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas.
- 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.

En la siguiente figura se muestra la gráfica que describe esta actividad:

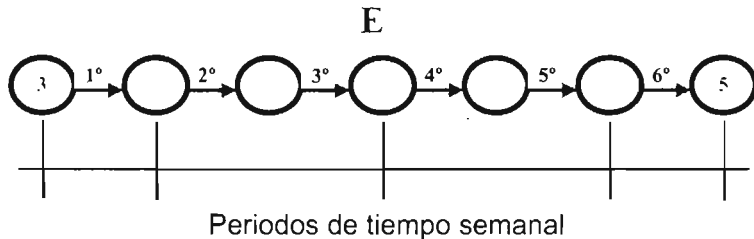


Figura No. 6.7. Gráfica de pasos a seguir de la actividad “E”

Actividad “F”. Inspección de equipos de plantas de emergencia CC y CCA.

Para revisar este tipo de equipos podemos valorar un porcentaje menor de complicación, ya que este tipo de equipos es considerado como de uso alterno, por lo que si se programa bien la ejecución se podrá llevar a cabo el mantenimiento sin mayores complicaciones.

Esto quiere decir que el proceso de inspección se podrá hacer durante los periodos de actividades, ya que se presume que en caso de una falla de energía eléctrica el equipo ya se encuentre revisado.

Por que nos atrevemos a pronosticar estos sucesos, es muy sencillo debido a que en los periodos de tiempo en los que se presentan las inspecciones son temporadas en que las fallas eléctricas son menos frecuentes, ya que se ha comprobado que en los meses de primavera verano en donde no existen lluvias, las interrupciones eléctricas son menos probables de efectuarse y esto permite que se puedan llevar acabo sin mayor problema.

Los pasos a seguir de esta actividad se enlistan a continuación:

- 1°.- Apertura de equipos.
- 2°.- Inspección de niveles.
- 3°.- Inspección de componentes.
- 4°.- Pruebas de operación y transferencia.
- 5°.- Pruebas de sistemas de protección.
- 6°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

De la misma forma se presenta en la siguiente figura la gráfica donde se muestran los pasos a seguir.

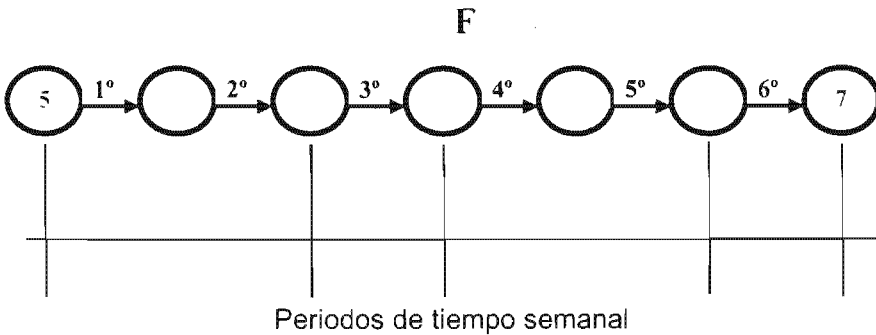


Figura No. 6.8. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "F"

Actividad "G". Ejecución de trabajos a equipos de subestaciones eléctricas No. 1 y 6

Esta actividad fue programada en este periodo de tiempo debido a que para poder realizar estos trabajos es necesario llevar acabo una desenergización completa de las instalaciones del plantel.

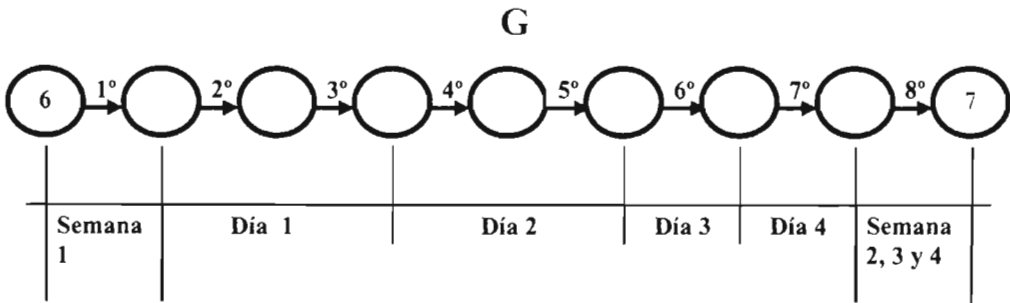
Para proceder a ejecutar este tipo de mantenimientos se contempla que se lleven a cabo durante el periodo vacacional del mes de abril, con el que se cuenta con cuatro días para poder realizar la desconexión, aún cuando se ha considerado un mes completo de trabajos el resto del tiempo se considera para llevar a cabo mediciones de los parámetros eléctricos a las instalaciones y como esta previsto contar con tan poco tiempo para hacer el trabajo, se considero que se hiciera en equipos que tienen menor cantidad de componentes, así como menor tamaño comparándolos con el resto de los cuartos de subestaciones.

La ejecución de los trabajos nos lleva a poder valorar los alcances que tienen las instalaciones existentes y así valorar las posibilidades de expansión y crecimiento del mismo. Sacar un reporte detallado de las condiciones de carga y demanda ya que esto se puede hacer desde la subestación principal.

A continuación se muestran los pasos a seguir en las actividades de ejecución de los trabajos de mantenimiento.

- 1°.- Toma de lecturas de carga y demanda.
- 2°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 3°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza.
- 4°.- Apriete de elementos de conducción.
- 5°.- Substitución de piezas dañadas.
- 6°.- Pruebas dieléctricas a equipos de potencia, conductores toma de muestras y pruebas de laboratorio.
- 7°.- Calibración de equipos.
- 8°.- Adecuación de cargas balanceo y redistribución.

La gráfica que mostramos a continuación indica los tiempos en los que se deben de realizar los trabajos a los equipos en las subestaciones.



Periodos de tiempo en semanas y días
Figura No. 6.9. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "G"

Actividad “H”. Contratación de trabajos a equipos de plantas de emergencia.

Como se ha mencionado en la actividad de inspección este tipo de equipos pueden tener mantenimiento sin que se vean afectadas las actividades que se desarrollan dentro del plantel, ya que la mayoría de los eventos de mantenimiento se llevan a cabo durante los periodos de tiempo cuando existen menos problemas de fallas de energía eléctrica de tipo general durante el año.

Basándose en estadísticas hechas por el mismo Departamento, se ha calculado que la mayor cantidad de interrupciones de energía eléctrica se tienen durante los meses de octubre y noviembre.

Por lo que es muy probable que exista una gran posibilidad de poder trabajar en los mantenimientos de los equipos sin que se presenten fallas eléctricas generales y que esto afecte las instalaciones, ya que al momento de llevarse a cabo estos trabajos de mantenimiento se tienen desprotegidas las áreas

A continuación se muestra la lista de pasos a seguir y la figura de la gráfica que representa este tipo de actividad.

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos.
- 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.

H

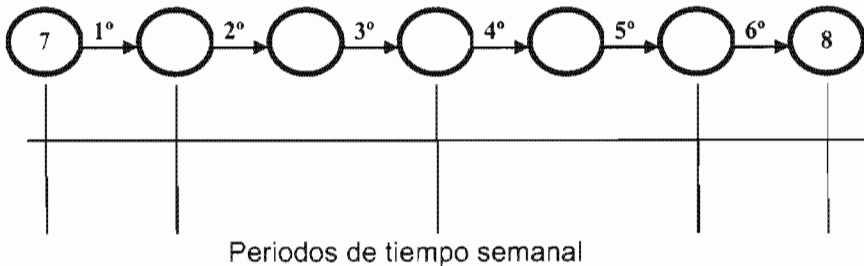


Figura No. 6.10. Gráfica de pasos a seguir de la actividad “H”

Actividad “I”. Inspección de equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumático No. 1 y 2.

Debe considerarse que dentro de este tiempo de inspección se está tomando en cuenta un proceso de inspección a los equipos de subestaciones eléctricas e hidroneumáticos, es muy importante saber que mientras mas pasos a seguir se tengan que desarrollar durante una actividad, más tiempo se necesitará para poder completar las inspecciones de manera completa y detallada.

Es muy importante poder desarrollar todos los catálogos de conceptos de forma adecuada y precisa por lo que se deben considerar laborar durante los periodos de tiempo en los que se pueda proceder sin afectar las actividades académicas como ya se ha mencionado anteriormente.

Se muestra a continuación la lista de actividades y la gráfica que muestra los pasos a seguir durante esta inspección.

Para equipo de subestación.

- 1°.- Apertura de equipos.
- 2°.- Inspección de componentes y accesorios.
- 3°.- Pruebas de operación.
- 4°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

Para los equipos de bombeo.

- 5°.- Hacer pruebas con carga y en vacío en bombas.
- 6°.- Revisión de parámetros eléctricos, en bombas y tableros de control.
- 7°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

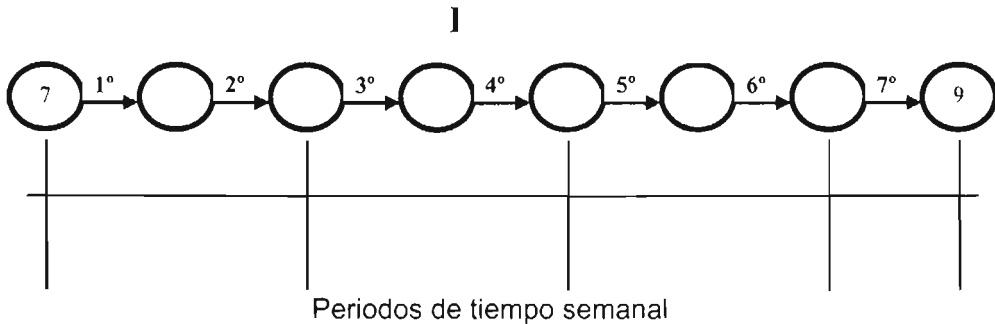


Figura No. 6.11. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "I"

Actividad "J". Ejecución de trabajos de plantas de emergencia CC y CCA.

Como se dijo durante el proceso de inspección podemos valorar un porcentaje menor de complicación en estos equipos ya que son considerados como de uso alterno, por lo que se podrá llevar a cabo el mantenimiento sin mayores complicaciones.

Estos trabajos se podrán llevar a cabo durante los periodos de actividades académicas ya que se presume que en caso de una falla de energía eléctrica los trabajos ya estarán concluidos.

Por que nos atrevemos a pronosticar estos sucesos, es muy sencillo debido a que en los periodos de tiempo en los que se presentan la ejecución de los trabajos de mantenimiento son temporadas en que las fallas eléctricas son poco frecuentes, ya que se ha visto que en los meses de primavera-verano en donde no hay precipitaciones pluviales, las interrupciones eléctricas son menos frecuentes y esto permite que se puedan llevar a cabo los trabajos sin mayor problema.

Los pasos a seguir de esta actividad se enlistan a continuación:

- 1°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 2°.- Cambios de fluidos.
- 3°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza.
- 4°.- Substitución de piezas dañadas
- 5°.- Calibración de sistema de arranque automático.
- 6°.- Calibración del equipo generador.
- 7°.- Pruebas de funcionamiento.
- 8°.- Trabajos de mantenimiento mayor según bitácora.

De la misma forma se presenta en la siguiente figura la gráfica donde se muestran los pasos a seguir.

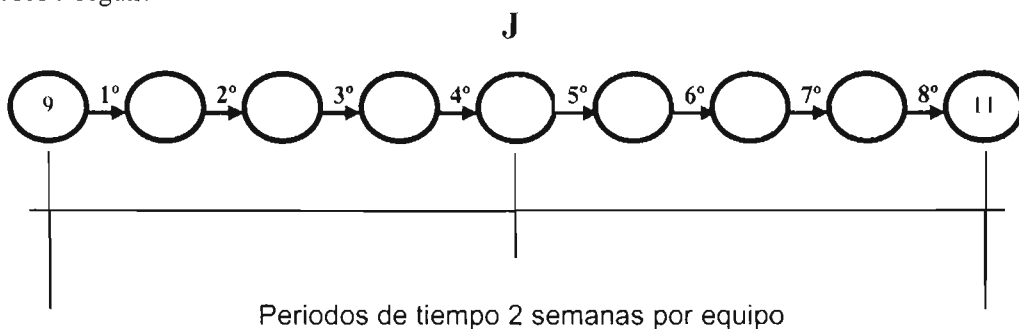


Figura No. 6.12. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "J"

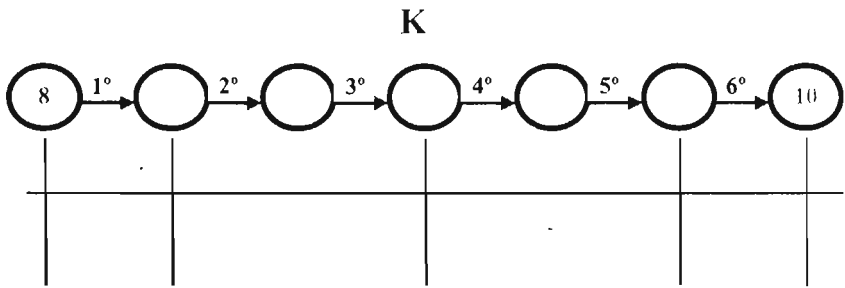
Actividad "K". Contratación de trabajos a equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumático No. 1 y 2.

Para este tipo de actividad se ha decidido llevar a cabo los procesos de contratación durante el mes de junio con la finalidad de poder programar la ejecución en el mes de julio, el cual es el mes con el periodo vacacional con el mayor número de días de asueto.

Por otra parte la razón por la cual se determinó que se lleven a cabo los trabajos de mantenimiento para los equipos de las subestaciones No. 2 y 5 e hidroneumáticos No. 1 y 2 es en primer lugar que los equipos son los considerados como de mayor tamaño y en segundo término, que los equipos de hidroneumáticos se encuentran ubicados en los mismos cuartos de máquinas.

Como podemos observar a continuación se muestran los pasos a seguir y la gráfica que muestra los mismos.

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas.
- 2°.- Recepción de propuestas económica de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.



Periodos de tiempo semanal

Figura No. 6.13. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "K"

Para este tipo de procedimientos se ha considerado que el tiempo conveniente para poder realizar estas actividades es de por lo menos de cuatro semanas debido a la burocracia que tienen los trámites administrativos que se tienen que llevar a cabo.

Actividad "L". Ejecución de trabajos de equipos de subestaciones eléctricas No. 2 y 5 e hidroneumáticos No. 1 y 2.

Hemos mencionado que los pasos a seguir que se desarrollan en la actividad L fueron programadas para el periodo vacacional del mes de julio, gracias a la posibilidad de aprovechar los días de asueto de los mismo, pero algo importante que se debe puntualizar es el hecho de poder realizar los trabajos de forma simultanea a los equipos sin la necesidad de interrupción uno con otro.

El poder realizar los trabajos de manera simultanea se basa en el hecho de que para cada uno de los procedimientos que se llevan a cabo en los dos mantenimientos no existe una dependencia uno del otro.

Ya que para los procesos de mantenimiento de cada caso no se depende de ningún procedimiento en los equipos de las subestaciones con el trabajo en los equipos de las bombas hidráulicas. Pero en caso de que se requiriera llevar a cabo un procedimiento o trabajo con equipos que operen con energía eléctrica se deberán considerar la utilización de equipo generador autónomo para poder llevar a cabo los trabajos sin interrupciones. A continuación se muestran los pasos a seguir y la gráfica que desarrolla los pasos a seguir de la lista de actividades.

Para equipo de subestaciones:

- 1°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 2°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza.
- 3°.- Apriete de elementos de conducción.
- 4°.- Substitución de piezas dañadas.
- 5°.- Toma de muestras y pruebas de laboratorio.
- 6°.- Pruebas dieléctricas a equipos de potencia y conductores.
- 7°.- Calibración de equipos.
- 8°.- Adecuación de cargas, balanceo y redistribución.

Para equipos de bombeo:

- 9°.- Desarmado de equipo.
- 10°.- Cambio de piezas dañadas.
- 11°.- Colocación de sellos y empaques.
- 12°.- Armado de equipos.
- 13°.- Revisión de secuencia de operación.
- 14°.- Cambio de elementos dañados en tableros de control.
- 15°.- Calibración de tableros de control.
- 16°.- Pruebas de operación.

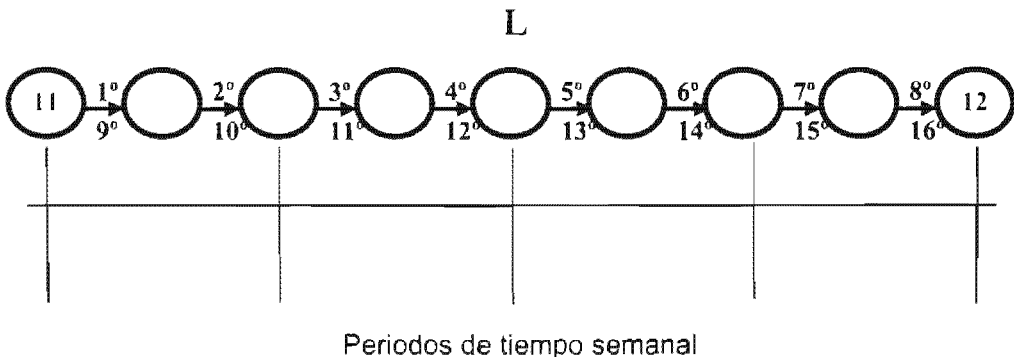


Figura No. 6.14. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "L"

Actividad "M". Inspección de equipo de caldera No. 1 y aire acondicionado.

Para llevar acabo esta actividad hemos tomado la decisión de colocarla en el program de mantenimiento donde se puede desarrollar en un periodo de inactividad, ya que est proceso requiere que los equipos de calderas se encuentren completamente parados co anticipación.

El poner una caldera fuera de operación requiere de una planeación completa, u proceso que sitien no puede llevarse a cabo con el sistema con poco tiempo de habers parado, ya que el proceso de enfriamiento de estos equipos es largo y de no tomarse la medidas adecuadas para poder llevarlo a buen termino, desde el momento del paro hasta e momento en el que se puede abrir completamente sin ningún riesgo para los operadores y la personas que vallan a realizar la inspección.

A continuación de muestra la lista de pasos a seguir y la figura en donde se muestra l gráfica de los mismos.

Para equipos de calderas.

- 1°.- Paro de equipo.
- 2°.- Apertura de equipo.
- 3°.- Inspección de componentes internos y accesorios.
- 4°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

Para equipo de aire acondicionado.

- 5°.- Apertura de equipos.
- 6°.- Inspección de componentes interinos y accesorios.
- 7°.- Pruebas de operación.
- 8°.- Elaboración de catálogo de conceptos.

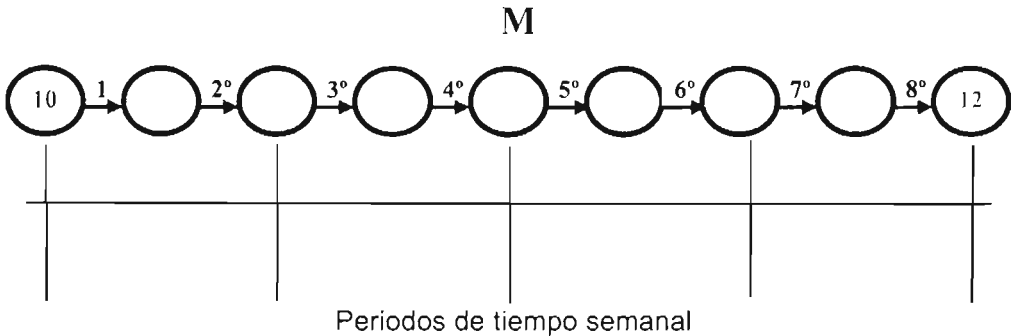


Figura No. 6.15. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "M"

Actividad "N". Inspección de equipos de plantas de emergencia CC y CCA.

El proceso se vuelve a repetir igual que en la actividad F en donde los equipos los podemos valorar un porcentaje menor de complicación, ya que es considerado como de uso alterno, por lo que si se programa bien la ejecución se podrá llevar a cabo el mantenimiento sin mayores complicaciones.

Se ha determinado que se realice este segundo periodo debido a que estos equipos requieren de un procedimiento de mantenimiento semestral y viendo que el periodo de inspección se realizó en el mes de abril se ha previsto continuar con la inspección en los meses de otoño-invierno. Se considera que para este momento los trabajos que se realicen sean menores, ya que el equipo tiene poco tiempo que se ha revisado y no se contempla un problema mayor el llevar a cabo este tipo de inspecciones.

Los pasos a seguir de esta actividad se enlistan a continuación:

- 1°.- Apertura de equipos.
- 2°.- Inspección de niveles.
- 3°.- Inspección de componentes.
- 4°.- Pruebas de operación y transferencia.
- 5°.- Pruebas de sistemas de protección.
- 6°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

De la misma forma se presenta en la siguiente figura la gráfica donde se muestran los pasos a seguir.

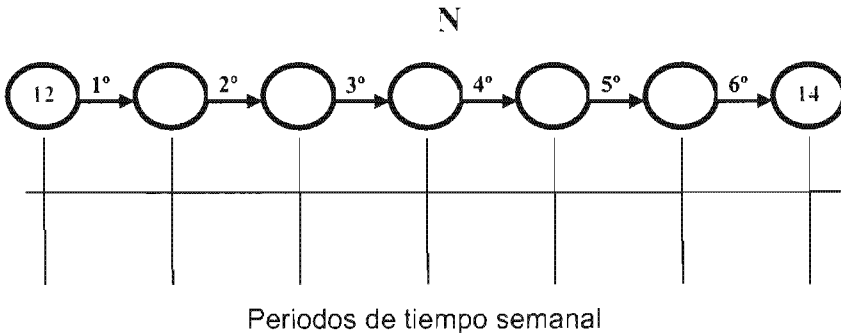


Figura No. 6.16. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "N"

Actividad "Ñ". Contratación de trabajos a equipos de calderas No. 1 y aire acondicionado.

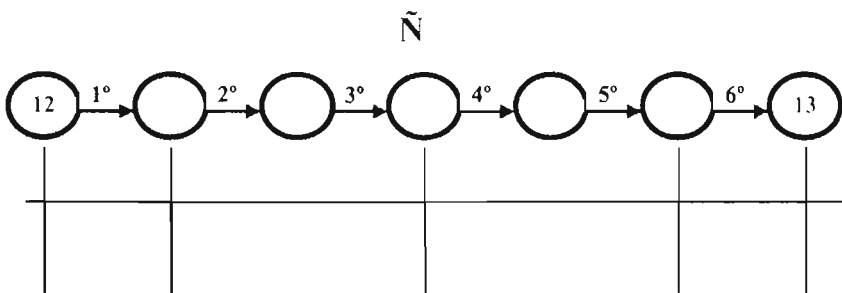
En este momento del programa vemos que se comienzan a repetir las actividades de programa para los equipos de aire acondicionado y esto se debe a que este tipo de equipos a los que se les ha proporcionado mantenimiento, se han definido como equipos que deben contar con un mantenimiento semestral debido a las condiciones ambientales en las que operan.

Por otra parte, ya se ha comenzado por proporcionar una inspección a los equipos de calderas los cuales están divididos en dos, con este tipo de arreglo podemos valorar el tiempo que realizar el mantenimiento a un equipo primero y posteriormente a el segundo. De esta forma hemos llegado a la actividad de contratación para los trabajos de mantenimiento a los equipos de caldera y aire acondicionado.

Estos procedimientos se han programado en este periodo de tiempo debido a que se debe dar continuidad al programa de mantenimiento y con la finalidad de no retrasar cualquier procedimiento a realizar, se procede a llevar a cabo la contratación para poder ejecutar los trabajos en el mes de septiembre.

En seguida se enlistan los pasos a seguir sobre la actividad de contratación y posteriormente se muestra la figura con la gráfica de esta actividad.

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos a contratistas.
- 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.



Periodos de tiempo semanal

Figura No. 6.17. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "Ñ"

Actividad "O". Ejecución de trabajos a equipos de caldera No.1 y aire acondicionado.

Para la ejecución de los trabajos se puede proceder a realizarlos simultáneamente, ya que en ningún momento se podrá interferir uno con otro, en cuanto a las actividades que pudieran afectar las interrupciones de los servicios, diremos que para los equipos de calderas, los trabajos no afectarán ya que el sistema cuenta como ya se ha mencionado con dos generadores de vapor y en cualquier caso el servicio puede ser proporcionado por el segundo equipo, mientras se concluyen los trabajos del primero.

Por otra parte en cuanto a las actividades que pudieran afectarse con los equipos de aire acondicionado, se sabe que en el mes de septiembre las actividades académicas son de menor intensidad, ya que por un lado se está en un periodo de regreso de vacacional y la afluencia académica es menor y por otro lado existe un periodo administrativo de inscripción al inicio de semestres académicos y es factible llevar a cabo estos trabajos sin mayores complicaciones.

A continuación se presentan la lista de pasos a seguir y en la figura se muestra la gráfica que describe el programa correspondiente a esta actividad.

Para equipo de caldera:

- 1°.- Apertura de caldera.
- 2°.- Limpieza general del equipo.
- 3°.- Cambio de material dañado.
- 4°.- Corrección de fallas al sistema eléctrico, hidráulico, combustible, medición, calentamiento y dosificación de producto químico.
- 5°.- Protección del equipo contra corrosión.
- 6°.- Calibración del equipo.
- 7°.- Pruebas de funcionamiento.

Para equipos de aire acondicionado:

- 8°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 9°.- Realizar trabajos de limpieza.
- 10°.- Corrección de fallas en sistemas presurizados.
- 11°.- Corrección de fallas en componentes eléctricos.
- 12°.- Substitución de piezas dañadas.
- 13°.- Carga de los sistemas de refrigeración.
- 14°.- Calibración del equipo.
- 15°.- Pruebas de funcionamiento.

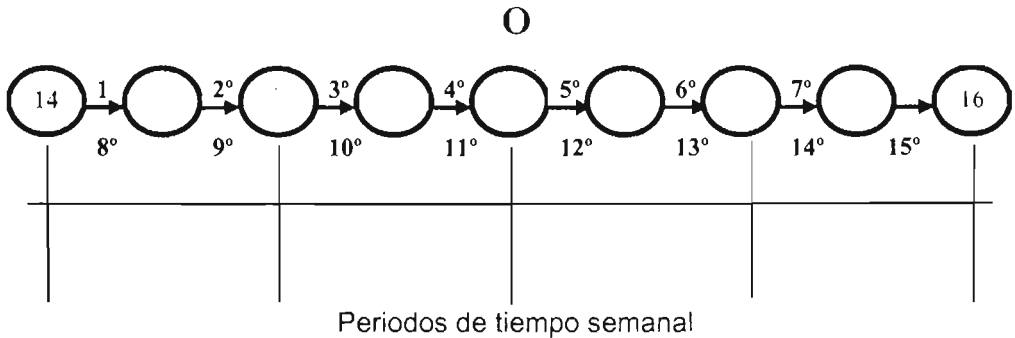


Figura No. 6.18. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "O"

Actividad "P". Contratación de trabajos a equipos de plantas de emergencia de CC y CCA.

Como se ha mencionado en la actividad de inspección este tipo de equipos pueden tener mantenimiento sin que se vean afectadas las actividades que se desarrollan dentro del plantel, ya que la mayoría de los eventos de mantenimiento se llevan a cabo durante los periodos de tiempo cuando existen menos problemas de fallas de energía eléctrica de tipo general durante el año.

Basándose en estadísticas hechas por el mismo Departamento, se ha calculado que la mayor cantidad de interrupciones de energía eléctrica se tienen durante los meses de octubre y noviembre.

Por lo que es muy probable que exista una gran posibilidad de poder trabajar en los mantenimientos de los equipos sin que se presenten fallas eléctricas generales y que esto afecte las instalaciones, ya que al momento de llevarse a cabo estos trabajos de mantenimiento se tienen desprotegidas las áreas.

A continuación se muestra la lista de pasos a seguir y la figura de la gráfica que representa este tipo de actividad.

- 1º.- Entrega de catálogos de conceptos.
- 2º.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3º.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4º.- Análisis de precios unitarios a presupuestos.
- 5º.- Selección de presupuesto ganador.
- 6º.- Elaboración de contrato a contratista.

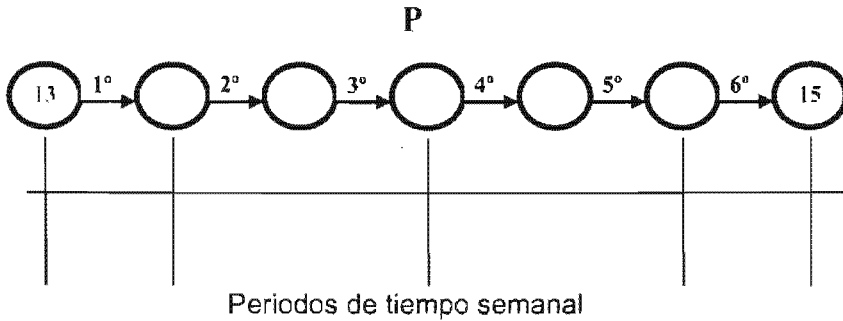


Figura No. 6.19. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "P"

Actividad "Q". Inspección de equipos de pozo profundo subestaciones eléctricas No. 4 y 3 y caldera No.2.

Para la actividad de inspección de estos equipos se ha considerado llevarlo a cabo en este periodo de tiempo dentro del programa de mantenimiento, ya que se han considerado tener preparados todos los elementos que se requieran para ejecutarlos en el periodo vacacional del mes de Diciembre.

Del mismo modo debido a que los procedimientos de trabajos que necesitan llevarse a cabo con estos equipos son considerados como los de mayor duración de ejecución, ya que se han considerado los equipos de subestaciones de mayor tamaño dentro del plantel.

Por otro lado el equipo del pozo profundo requiere de una preparación muy compleja para que los trabajos se lleven a cabo ya que se está previendo el desmontaje de la columna de agua, maniobra que es compleja y tardada.

Por último se ha considerado realizar el procedimiento de inspección a los equipos de caldera No.2, mismos que se ejecutarán en el momento en que se concluyan los trabajos en la caldera No. 1.

A continuación se muestra la lista de pasos a seguir y la figura de la gráfica que muestra esta actividad.

Para equipo de pozo profundo:

- 1º.- Revisión de sistema eléctrico, sistema de lubricación y sistema de arranque.
- 2º.- Aforo a columna de pozo.
- 3º.- Revisión de parámetros de gasto.

Para equipo de subestaciones:

- 4º.- Apertura de equipos.

- 5°.- Inspección de componentes y accesorios.
- 6°.- Pruebas de operación.
- 7°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

Para equipos de caldera:

- 8°.- Paro del equipo.
- 9°.- Apertura de equipos.
- 10°.- Inspección de componentes internos y accesorios.
- 11°.- Elaboración de catálogos de conceptos.

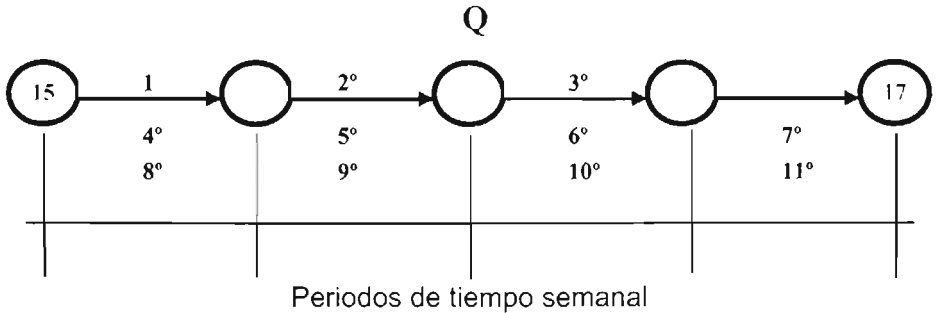


Figura No. 6.20. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "Q"

Actividad "R". Ejecución de trabajos de plantas de emergencia CC y CCA.

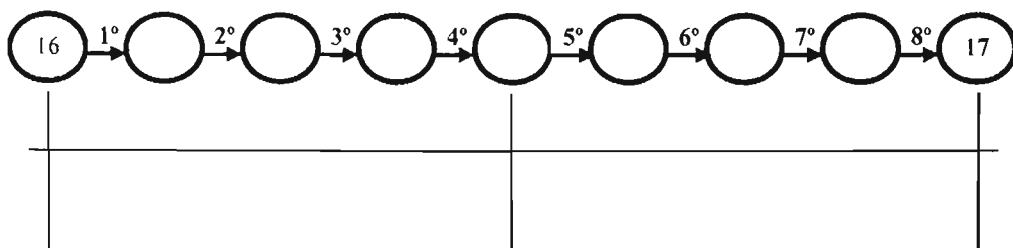
En esta actividad se llevan a cabo los trabajos de mantenimiento a los equipos de plantas de emergencia y para considerar poder hacerlo se ha previsto el realizarlos durante un periodo de tiempo fines de semana, en donde no se afecte ninguna actividad académica, por otra parte en estos meses se han previsto que los periodos de cortes de energía no se presentan con frecuencia, lo que facilita el procedimiento de mantenimiento.

Los pasos a seguir de esta actividad se enlistan a continuación:

- 1°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 2°.- Cambios de fluidos.
- 3°.- Llevar acabo trabajos de limpieza.
- 4°.- Substitución de piezas dañadas
- 5°.- Calibración de sistema de arranque automático.
- 6°.- Calibración del equipo generador.
- 7°.- Pruebas de funcionamiento.
- 8°.- Trabajos de mantenimiento mayor según bitácora.

De la misma forma se presenta en la siguiente figura la gráfica donde se muestran los pasos a seguir.

R



Periodos de tiempo 2 semanas por equipo

Figura No. 6.21. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "R"

Actividad "S". Contratación de trabajos a equipos pozo, subestaciones eléctricas No. 3 y 4 y calderas No.2.

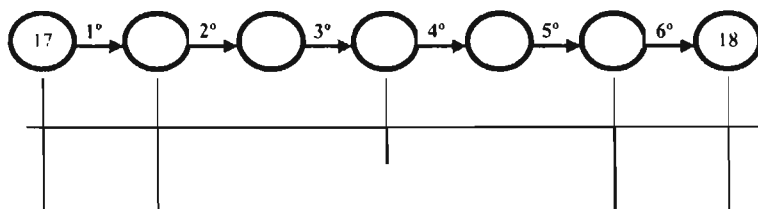
Esta actividad se lleva a cabo una vez que se ha realizado la inspección correspondiente a los equipos y esta programada en estas fechas para poder ejecutarla en el siguiente periodo de actividades que es el mes de diciembre.

Debido a que estos equipos son considerados como los de mayor tamaño y complejidad se requiere que estos puedan llevarse a cabo durante el mayor periodo vacacional.

A continuación se muestra la lista de pasos a seguir y la figura de la gráfica que representa este tipo de actividad.

- 1°.- Entrega de catálogos de conceptos.
- 2°.- Recepción de propuestas económicas de contratistas.
- 3°.- Elaboración de cuadros comparativos de presupuestos.
- 4°.- Análisis de precios unitarios a presupuestos.
- 5°.- Selección de presupuesto ganador.
- 6°.- Elaboración de contrato a contratista.

S



Periodos de tiempo semanal

Figura No. 6.22. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "S"

Actividad "T". Ejecución de trabajos a equipos de pozo, subestaciones eléctricas No. 3 y 4 y caldera No.2.

Por último se presentan las actividades sobre los trabajos que se ejecutarán durante el último periodo de tiempo del programa de mantenimiento elaborado para ser ejecutado por DOE en la FES Acatlán, en este contexto se debe puntualizar que las acciones de trabajo pueden llevar a cabo de manera adecuada sin que se afecten las actividades entre los mismos ya que al desarrollar este programa se ha tomado en cuenta que las instalaciones no dependen entre si de manera técnica.

Las interrupciones eléctricas que se llevaran a cabo en las subestaciones, no afectarán ningún área donde se trabajará de manera paralela de tal manera que son totalmente independientes entre si.

Los pasos a seguir sobre esta actividad se enlistan a continuación así como la figura que muestra la gráfica que describe las mismas:

Para equipos de pozo profundo:

- 1°.- Desmontaje de la columna.
- 2°.- Cepillado de la columna.
- 3°.- Cambio de accesorios dañados.
- 4°.- Calibración de equipo.
- 5°.- Pruebas de funcionamiento.

Para equipo de subestaciones:

- 6°.- Poner fuera de operación al equipo.
- 7°.- Llevar a cabo trabajos de limpieza.
- 8°.- Apriete de elementos de conducción.
- 9°.- Substitución de piezas dañadas.
- 10°.- Toma de muestras y pruebas de laboratorio.
- 11°.- Pruebas dieléctricas a equipos de potencia y conductores.
- 12°.- Calibración de equipos.
- 13°.- Adecuación de cargas, balanceo y redistribución.

Para equipo de caldera:

- 14°.- Apertura de caldera.
- 15°.- Limpieza general del equipo.
- 16°.- Cambio de material dañado.
- 17°.- Corrección de fallas al sistema eléctrico, hidráulico, de combustible, de medición, calentamiento y dosificación de producto químico.
- 18°.- Protección del equipo contra corrosión.
- 19°.- Calibración del equipo.
- 20°.- Pruebas de funcionamiento.

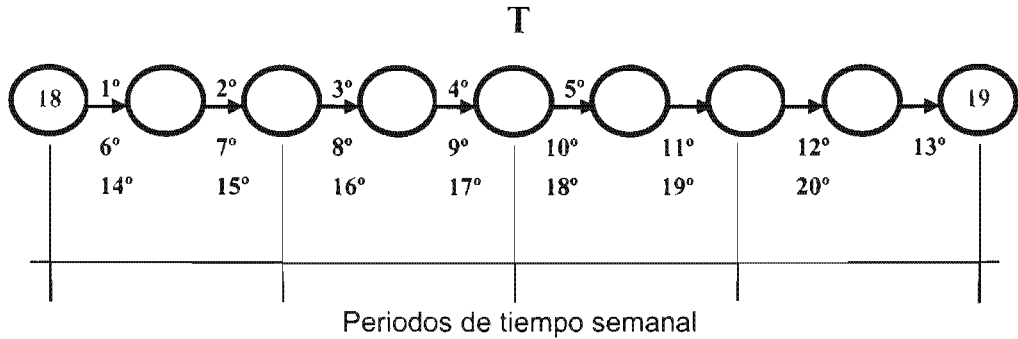


Figura No. 6.23. Gráfica de pasos a seguir de la actividad "T"

Vemos en la gráfica anterior que los tres trabajos se desarrollan de tal manera que durante la primera semana comienzan los trabajos en los tres equipos, en los puntos 1°, 6° y 14°.

Se indican de la misma forma los trabajos que se deben hacer en forma paralela con los otros dos equipos.

Y así de manera simultánea, llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento a cada uno de los equipos que se han descrito en esta última actividad

CONCLUSIONES

Se ha visto a lo largo del desarrollo de esta tesis la importancia que cobra el contar con toda la información verídica y completa sobre todos los rubros de los cuales se habla en la misma y que se desea dar a conocer para poder hacer uso de una herramienta que coadyuve a la mejoría de la infraestructura con la que cuenta en la FES Acatlán.

Se habla del programa de mantenimiento del área electromecánica para el Departamento de Obra Electromecánica (DOE) de la FES Acatlán, desde sus inicios la facultad ha ido transformándose dentro del ámbito académico, creciendo a lo largo del tiempo en infraestructura y población, lo que ha desarrollado nuevos retos que se tienen que sortear para poder continuar con las actividades académicas que día con día se desarrollan en estas instalaciones.

Y uno de estos retos a los cuales se ha enfrentado cualquier administración a cargo del manejo del plantel ha sido la programación adecuada de los mantenimientos a la misma infraestructura, por esta razón se han creado órganos administrativos propios para dar solución a cada uno de estos problemas, esto se refiere a la creación del DOE, mismo que desde el inicio de sus actividades recavo la información técnica y física necesaria de cada uno de los equipos que estuvieran bajo su responsabilidad.

Bajo los preceptos anteriores se infiere que el objetivo del DOE es recopilar toda la información técnica y además desarrollar los proyectos de mantenimiento y trabajos de instalaciones nuevas que se suman a la lista de actividades administrativas que se realizan por parte del mismo departamento. Además de ser necesario contar con inventarios de equipos, también fue establecido el procedimiento para coordinar los procedimientos de inspección, contratación y ejecución de los trabajos en el ámbito del mantenimiento.

Es por tal motivo que se establece la necesidad de poder contar con un documento que aporte además de información técnica, un procedimiento adecuado lógico y funcional que pueda utilizarse de forma cotidiana para poder ordenar correctamente todos los procedimientos administrativos y técnicos para mantener en operación constante los equipos que se tienen bajo la administración del DOE.

Como se mencionó al principio de la tesis, se planteó una necesidad, posteriormente se fijaron objetivos y se comenzó a trabajar en el procedimiento más adecuado para poder llevar a buen término la investigación desarrollada, sobre los equipos era importante referir las características de cada uno de ellos y no solo las características que pudieran definir los mismos fabricantes o los mismos manuales de operación de los sistemas, sino describir las características de los equipos y sistemas ya instalados (existentes), conocer cuales son los principios de operación su ubicación y el porque de esta, conocer como se pueden desarrollar actividades sobre cada uno de ellos dependiendo el uso que se le da y como afecta el medio ambiente a cada uno de ellos en su operación.

Se definen los procedimientos sobre el como se tienen que realizar los trabajos de mantenimiento, específicamente sobre cada uno de ellos en base a las especificaciones que hacen los propios fabricantes y como se puede lograr el máximo beneficio al menor costo si se logran optimizar las características de la mano de obra.

Se considera que este punto en particular es de gran relevancia, ya que en caso de existir la disposición y voluntad para la implementación de soluciones a los problemas técnico-administrativos, por parte de los sujetos involucrados en esta situación, se refiere a los mandos administrativos y personal de base sindicalizado, será posible sacar ventaja a todos los imponderables que puedan presentarse, ya que por un lado el personal de base siempre ha exigido mejores sueldos y prestaciones y por el otro los directivos siempre han exigido cumplimiento y calidad en las labores que desempeñan los trabajadores. Primero hacer propuestas constructivas a las dos partes, por un lado hacer extensiva la invitación al personal de base a una superación y mejora del conocimiento técnico, para poder realizar trabajos con personal interno capacitado y bien remunerado, segundo que exista la posibilidad de llevar acabo ascensos en el escalafón por meritos de superación y por último realizar trabajo con la confianza de saber que la calidad de mano de obra es la requerida y el costo beneficio es el más adecuado para la propia institución.

Por otra parte los órganos administrativos verán reflejado en las cuentas monetarias del presupuesto ventajas sustentables y reales, ya que la posibilidad de tener ahorros económicos en las partidas presupuestales es uno de los objetivos de cualquier administrador con capacidad.

Del mismo modo se podrá brindar un respiro a los órganos administrativos, logrando así la redistribución de los recursos sobrantes a nuevos proyectos que beneficien en mayor medida las actividades sustantivas de las cuales la UNAM es precursora, la investigación, la docencia y la extensión de la cultura.

Como conclusión establecemos que el programa de mantenimiento es creado con la finalidad de brindar un beneficio de actualización y modernización al sistema administrativo que actualmente se lleva acabo en la FES Acatlán y de esa forma se cubra el objetivo de mantener en operación constante los equipos que conforman el área electromecánica del Departamento de Obra Electromecánica.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Generalidades.

Acometida Eléctrica:	Se denomina así a las canalizaciones, conductores y equipo utilizados por la Compañía de Luz o Comisión Federal de Electricidad, para suministrar la energía eléctrica hasta el medio de desconexión general. Instalación eléctrica especial que realiza la compañía suministradora de electricidad, para dar diferentes servicios a los usuarios (en alta tensión, en baja tensión, monofásica, trifásica, en delta, en estrella etc.).
Carga Eléctrica:	Potencia eléctrica demandada por uno o varios equipos conectados a un circuito eléctrico.
Carga instalada:	La suma de las potencias nominales de los equipos y aparatos que consumen energía eléctrica conectados a un circuito o sistema.
Equipo eléctrico:	Accesorios, dispositivos, artefactos, luminarias, aparatos y similares que se usan como partes de las instalaciones eléctricas o conectadas a ellas.
Diagrama unifilar:	Es el que indica mediante una sola línea y símbolo el orden en que se encuentran conectados los dispositivos, componentes o partes de un circuito eléctrico o un sistema de circuitos.
Planos:	Representaciones gráficas a escala que aprobadas por la dependencia definen las características y ubicación de una obra.
Proyecto:	Conjunto de planos especificaciones, documentos y datos.
Simbología:	Es la representación gráfica de conductores, conexiones, aparatos y otros elementos que integran un proyecto.

Alumbrado de emergencia:	Es aquel que está conectado a otra fuente de energía independiente a la de la Compañía de Luz y su finalidad es mantener la iluminación en locales y accesos determinados permitiendo a los ocupantes salir en caso de que falle el sistema de alumbrado normal.
Alumbrado exterior:	Alumbrado que se destina a áreas abiertas.
Alumbrado interior:	El alumbrado que se destina a áreas cubiertas para actividades cotidianas.
Alumbrado normal:	Es el alumbrado conectado a la compañía suministradora de energía eléctrica.
Caja de conexión eléctrica:	Elementos que permiten acomodar las llegadas de los distintos tubos no metálicos; con el propósito de empalmar cables y proporcionar salidas para contactos, apagadores, lámparas y luminarias en general.
Arrancador:	Aparato que conecta y desconecta eléctricamente repetidas veces un motor eléctrico y además lo protege de sobrecargas o una falla en las líneas que lo alimentan.
Centro de control de motores:	Es uno o varios gabinetes metálicos donde se concentran los aparatos de arranque y protecciones de motores eléctricos.
Motor de inducción:	Es un motor eléctrico en el cual solamente una parte del rotor o el estator se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética.
Motor eléctrico:	Máquina para convertir energía eléctrica en energía mecánica.
Motor síncrono:	Es un motor eléctrico que puede ser inductivo, que mantiene su velocidad constante ante la variación de la carga.

Motor trifásico:	Es un motor eléctrico que puede ser inductivo que utiliza tensión trifásica.
Protección térmica:	Dispositivo para ser usado con el motor, protege contra sobre calentamiento peligroso debido a sobre cargas o falla en el arranque.
Circuitos derivados:	Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobre corriente que protege el circuito y la (s) carga (s) conectada (s).
Circuito derivado para servicios:	Es aquel que suministra energía eléctrica a uno o más tableros a los cuales se conectan los aparatos y equipos para servicios tales como aire acondicionado, elevadores y alumbrado exterior.
Circuito derivado de uso general:	Circuito derivado que alimenta contacto para equipo de oficina, equipo de limpieza, etc.
Corriente a plena carga:	Es el valor de cálculo permisible en los conductores de un circuito derivado.
Corriente de selección del circuito derivado refrigeración y aire acondicionado:	Es el valor en amperes que se tomará en lugar de la corriente nominal al determinar la capacidad normal de los conductores del circuito derivado del motor, medios de conexión, controles y dispositivos de protección de corto circuito y de la falla a tierra donde quiera que el dispositivo de protección en sobre carga permita una corriente sostenida mayor que el porcentaje especificado de la corriente normal del equipo.
Capacidad de corriente:	Corriente nominal que puede conducir un conductor eléctrico expresado en amperes, bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación.
Banco de baterías:	Dos o más celdas conectadas entre sí para formar una fuente de corriente directa.

Equipo de transferencia:	Equipo para realizar la transferencia manual o automática del sistema de energía eléctrica de la compañía suministradora llamado "Sistema Normal" a otra fuente de suministro, propiedad del usuario llamado "Sistema de emergencia" y viceversa.
Fuente de alimentación ininterrumpible:	Fuente de alimentación auto soportada por un banco de baterías para suministrar energía eléctrica a los servicios esenciales de una instalación con duración limitada (UPS).
Servicio de emergencia:	Es el proporcionado por el sistema de emergencia propiedad de la UNAM.
Planta eléctrica de emergencia:	Equipo generador de energía eléctrica accionado por motores de combustión interna que se emplea cuando se suspende el suministro normal de energía.
Tablero de control: (Transferencia)	Conjunto de aparatos de medición, protección y sincronización de una planta generadora o de un circuito de energía eléctrica.
Gabinete:	Es un recinto o envoltente que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo y con objeto de prevenir a las personas de un contacto accidental con partes energizadas; caja de lámina metálica, diseñada para montaje de superficie o embutido previsto de un marco o pestaña en el cual se pueden colocar o hay puertas de bisagra.
Tablero:	Gabinete metálico que contiene los componentes y dispositivos necesarios para el control y la distribución de la energía eléctrica.
Tablero de alta tensión:	Es aquel que se utilizar para manejar voltajes mayores a 600V.
Tablero de baja tensión:	Es aquel que se utiliza para manejar voltajes menores a 600V.
Tablero de distribución:	Es aquel que distribuye la energía eléctrica para alimentar tableros derivados.

Apartarrayo:	Dispositivo protector que limita los voltajes transitorios descargando o puentando la onda producida a tierra, permaneciendo capaz de repetir estas funciones.
Equipo de protección:	Se describe como la ropa, calzado y accesorios, destinados a proteger la vida de los operarios de cualquier cuarto de maquinas (Subestaciones).
Fusibles:	Dispositivo de protección contra sobre corriente, con una parte que se funde cuando se calienta con el paso de la sobre corriente, que circula a través de ella e interrumpe el paso de la corriente cuando existe en esta línea un corto circuito provocado por cualquier falla o anomalía en los circuitos que alimenta.
Subestación eléctrica:	Conjunto de equipos y aditamentos eléctricos de alta tensión que se alojan dentro de gabinetes metálicos de alta tensión, transformadores de alta tensión y tableros de baja tensión cuyas funciones principales son: Transformar tensiones que la compañía suministradora de energía proporciona, a instituciones o usuarios y estas transformaciones de energía se hacen como ya se dijo con transformadores reductores de alta tensión en tensiones mas usuales de bajo voltaje y derivar de ellas a circuitos de potencia.
Transformador:	Máquina estática que puede transferir energía eléctrica de un circuito de corriente alterna a otro por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una transformación de voltajes o de corrientes entre los circuitos sin haber contacto eléctrico entre los dos.
Acidez:	Representa la cantidad de dióxido de carbono libre, ácidos minerales y sales (especialmente sulfatos o hierro y aluminio) que se hidrolizan para dar iones de hidrógeno en el agua; se mide por miliequivalentes por litro de ácido o ppm de acidez como el carbonato de calcio, o pH que es la medida de la concentración de hidrógeno.
Agua bruta:	Agua de alimentación no tratada.

Agua dura:	Agua que contiene calcio o magnesio en una cantidad que requiere una gran cantidad de jabón para formar espuma.
Ataque de oxidación:	Corrosión o picado en una caldera producida por el oxígeno.
Boquilla:	Tobera en la cual se descarga un líquido combustible en forma de pulverizado (parte del quemador).
Brida:	Chapa circular, taladrada o roscada para acoplarse al extremo de un tubo con otra brida gemela en la cara del tubo adjunto.
Brida ciega:	Se fabrica para colocar en un colector, chapa, tubo o válvula para hacer una terminación estanca.
British Thermal Unit:	El significado de BTU es 1/180 de calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua desde 32° a 212° F a la presión atmosférica constante. Es aproximadamente igual a la cantidad de calor requerido para elevar 1 lib de agua 1° F su temperatura (251,957 cal. o 1054.35 Julios).
Calcio:	Elemento formador de incrustaciones y presente en algunas aguas de alimentación de calderas.
Caldera:	Recipiente cerrado, en el que se calienta agua, se genera vapor se sobrecalienta el vapor o bien una combinación de todo ello, bajo presión o vacío por la aplicación del calor provocado por la quema de combustibles, electricidad, o energía nuclear. El término no incluye aquellas instalaciones o partes de una unidad de proceso continuo, pero incluye los quemadores o calentadores o líquidos vaporizadores además del agua donde estas unidades están separadas de los sistemas del proceso y están completas en su conjunto.
Caldera de alta presión de vapor:	Es una caldera en la que se genera vapor a presión superior de 15 psi- 1.05 kg/cm ² .

Choque o barrido de llama:	El punto de incidencia de una llama en movimiento contra partes de la caldera produciendo un sobrecalentamiento local.
Choque térmico:	Súbito desarrollo, de un paso o salto del gradiente térmico de temperatura que produce elevadas tensiones dentro del material a partir de una rápida dilatación o contracción.
Columna de agua:	Cámara hueca vertical situada entre la caldera y el nivel de vidrio con objeto de facilitar y estabilizar el nivel de agua en el nivel de vidrio mediante un depósito de capacidad de la columna. También la columna sirve para eliminar la obstrucción de las conexiones de menor diámetro del nivel y sirve como cámara de sedimentación.
Combustión:	Combinación química del combustible (La parte que arde con el oxígeno del aire suministrado al proceso, las temperaturas pueden estar entre 1850 y más de 3000° F (1000 y 1650° C).
Condensado:	Agua condensada resultante de la eliminación del calor latente del vapor.
Convección:	Es la transmisión del calor por la circulación de un líquido o gas como el aire. La convección puede ser natural o forzada.
Corrosión:	Desgaste y desprendimiento de material como consecuencia de una acción química. En una caldera usualmente está producida por la presencia de O ₂ , CO ₂ , o algún ácido.
Corrosión externa:	Deterioro químico del metal en el lado de fuego de las superficies de calefacción de calderas.
Corrosión galvanizada:	Corrosión acelerada de un metal en contacto con otro metal más noble o conductor no metálico, cuando se trata de corrosión electrolítica.

Corrosión por fatiga:	Grietas producidas por la acción combinada de tensiones repetitivas o fluctuantes y de un ambiente corrosivo, que produce la rotura o el agrietamiento a menores niveles de tensión o menores ciclos de esfuerzos que los que tendría lugar si no estuviese presente el ambiente corrosivo.
Corte por bajo nivel de agua:	Dispositivo para cortar el quemador en condiciones inseguras del nivel de agua de calderas, o de cualquier equipo que opere en base a un depósito de agua.
Costra de laminación:	Recubrimiento de óxido de hierro formado sobre la superficie de una chapa de acero por enfriamiento y exposición de la chapa al aire, justo después de haber sido laminada en caliente a altas temperaturas.
Crepitación:	La tensión o esfuerzo dependiente del tiempo, fuertemente influida por la temperatura de un material sometido a tensión.
Deformación plástica:	Distorsión permanente de un metal al aplicar tensión para estirarlo y que lleva al metal más allá de su límite elástico.
Dispositivo de alta presión:	Dispositivo para monitorear la presión de un líquido, gas o vapor dispuesto para abrir y/o cerrar contactos eléctricos cuando se excede el vapor de la presión de consigna.
Ductilidad:	Propiedad plástica del metal para soportar la deformación sin rotura.
Dureza (agua):	Medida de la cantidad de sales de calcio y magnesio en el agua de caldera. Normalmente expresada en gramos por galón (o gramos por litro, partes por millón como CaCO_2).
Eficiencia o rendimiento:	De la operación de la caldera: La salida de unidades térmicas divididas por la entrada en unidades térmicas. El número BTU contenido en todo el vapor evaporado, es la salida útil. El número de BTU contenido en el combustible suministrado a la caldera de entrada.

Entalpía:	Propiedad térmica de un flujo (fluido) que es una función de estado y se define como la suma de la energía mecánica potencial almacenada y la energía interna se expresa generalmente como BTU / lib (Kcal / kg) de fluido o Julio / kg;
Erosión:	Desgaste del refractario o piezas de metal por la acción de las escorias o cenizas volantes que hacen fricción sobre las superficies de las mismas.
Evaporador.	Recipiente de presión usado para evaporar agua por medio de un intercambiador de calor. El vapor se condensa por medio de intercambiadores de agua de refrigeración y esta agua destilada se usa como agua de aportación a las calderas.
Fatiga:	El fenómeno de un material que experimenta rotura bajo tensiones repentinas o fluctuantes teniendo un máximo valor menor que la tensión de rotura del material.
Fatiga térmica:	Gradiente de temperatura que varía con el tiempo de tal manera que producen tensiones cíclicas que dan por resultado una grieta o fractura.
Fuel oil:	Producto líquido derivado del petróleo que precisa un menor refinamiento para utilizarse como combustible para las calderas de vapor, usando los siguientes términos para describir sus propiedades: A) Punto de ignición, indicación de la máxima temperatura a la cual puede almacenarse y manipularse sin riesgo serio de incendio. B) Punto de goteo, Indicación de la más baja temperatura a la cual un fuel oil puede almacenarse y ser capaz de fluir con muy poco esfuerzo. C) Viscosidad, medida de resistencia a fluir, es altamente significativa en el fuel oil ya que indica la relativa facilidad de flujo o bombeo y facilidad de atomización.
Grifo de prueba:	Una de las tres válvulas montadas en una columna de agua dentro del rango visible del nivel de vidrio y utilizadas para comprobar el nivel de agua de la caldera.

Ignitor:	Quemador más pequeño que el principal y que se enciende por chispa eléctrica u otra fuente estable e independiente de ignición y que suministra energía de ignición segura necesaria para el inmediato encendido del quemador principal.
Inyector:	Dispositivo para alimentar agua al interior de una caldera haciendo uso del principio de alta velocidad, trabajando contra la presión de caldera y utilizando el vapor de la misma presión.
Límite de fatiga:	Medida de la capacidad de un material para soportar repetidas inversiones de tensión sin romper o dañar su estructura cristalina. Un trozo de hilo de acero suave puede romperse fácilmente a mano cuando se dobla o flexiona atrás y adelante una pocas veces, su límite de fatiga es bajo, por el contrario, un trozo de muelle de acero puede flexarse muchas miles de veces sin mostrar ningún signo de peligro de rotura, en este caso el límite de fatiga es alto, esta propiedad es de especial valor en el caso de construcción de calderas.
Límite de rotura:	Tensión máxima por debajo de la cual se supone que un material es capaz de soportar un número infinito de ciclos de tensión.
Límite elástico:	Máxima carga tensora a la cual puede someterse un metal sin quedar deformado permanentemente después de que la carga cese.
Limpieza de ácido:	Es el proceso de limpieza de las superficies interiores de las unidades generadoras de vapor, rellenando la unidad con ácido diluido acompañado de un inhibidor para evitar la corrosión y seguida por un drenado, lavado y neutralizado de la acidez con agua alcalina.
Magnesio:	Un elemento formador de incrustaciones que se halla en muchas aguas de alimentación de calderas.

Nivel de agua de vidrio:	Indicador visible del nivel de agua en vidrio, cerrado para calderas, muchos niveles de vidrio son tubulares pero la práctica moderna de alta presión y de las locomotoras de ferrocarril, usan dos tiras planas de vidrio atornilladas entre bridas planas, con el agua y el vapor entre los vidrios.
pH:	Concentración de ión de hidrógeno en el agua que denota la acidez o alcalinidad según se defina la ausencia o presencia de éste, un pH 7 es neutro, uno por encima de 7 es alcalino, mientras uno por debajo de este es ácido. Este número de pH es el exponente negativo de 10 que representa la concentración del ión de hidrógeno en gramos por litro, por ejemplo, un pH de 7 representa 10^{-7} g / l.
Presión:	Fuerza ejercida por líquido o gas sobre la unidad de superficie, pueden distinguirse tres presiones: manométrica, atmosférica y de vacío, presión por debajo de la atmosférica usualmente expresada en columna de agua, de mercurio o kg / cm ² .
Presión absoluta:	Es la presión por encima de cero, igual a la presión manométrica más la presión atmosférica.
Presión y temperatura crítica:	Son las correspondientes al punto en el que la diferencia entre el estado líquido y el estado de vapor desaparecen para el agua.
Presión de diseño:	Presión utilizada en el diseño de una caldera con el objeto de determinar el espesor mínimo de la lámina de acero admisible o las características físicas de las diferentes partes de la calderas.
Presión de trabajo admisible:	Máxima presión para la cual se ha diseñado y construido la caldera; la máxima presión manométrica de una caldera, y la base para ajustar y tarar los dispositivos de descarga de presión que protegen a la caldera.
Presión manométrica:	Presión por encima de la atmosférica 14.7 psi (1.03 kg/ cm ²) a nivel del mar o la presión absoluta menos 14.7 psi a nivel del mar.

Prueba hidrostática:	Prueba de presión por agua a temperatura ambiente aplicada a una caldera para determinar su seguridad, como comparación de reparaciones o para detectar fugas si hay sospechas.
Purga:	Conexión a drenaje incluyendo tuberías y la válvula que hay en la parte inferior de la caldera o a la altura de nivel normal de agua en el caso de purga superficial, la cantidad de agua que se purga también recibe esta denominación.
Quemador presurizado:	Un quemador en el que todo el aire para la combustión se suministra con un ventilador que vence la resistencia a través del quemador para entregar la cantidad de aire y combustible necesario para la combustión.
Sílice:	Elemento formador de incrustaciones que se halla en algunas aguas de alimentación de calderas.
Soldadura:	Unión de dos hojas o superficies de metal por aplicación de calor.
Soldadura de fusión:	Usada para soldar los bordes o superficies de metal al sobre pasar la temperatura de fusión y adición de un metal de aportación o relleno (de las mismas características del metal que está siendo soldado) a la misma temperatura.
Soldadura de sellado:	Soldadura usada principalmente para obtener estanqueidad y evitar fugas.
Tubo de humos (fluxes):	Tubo de una caldera que tiene agua por su exterior y que transporta los productos de la combustión interior.
Unidad generadora de vapor:	Unidad a la que se le suministra agua, combustible, aire o calores residuales y en la cual se genera vapor. Puede constar de un hogar y un equipo de combustión y puede incluir como componentes menores pantallas de tubos sobre calentador, recalentador, economizador, calentador de aire o una combinación de ambos.

Válvula antiretorno (check):	Válvula diseñada para evitar el flujo en sentido inverso, sólo permite el flujo en una dirección.
Válvula de compuerta:	Válvula de corte que utiliza el principio del doble asiento, puede ser usada para contener el fluido conteniendo algunos sólidos, ya que cuando está abierta totalmente opera con una corriente recta, tienen una pequeña tendencia a obstruirse.
Válvula de globo:	Válvula de corte que usa el principio de disco y asiento, utilizada donde el fluido controlado es comparativamente limpio.
Válvula de seguridad:	Válvula que se abre automáticamente cuando la presión excesiva pueda hacer estallar la caldera.
Válvula de corte de seguridad:	Válvula cerrada automáticamente por el sistema de control o por un dispositivo de emergencia para cortar completamente el suministro de combustible al quemador.
Vapor:	Vapor de agua producido por la evaporación, el vapor saturado seco no contiene humedad y está a una temperatura específica para cada presión; no tiene color, la apariencia blanquecina del vapor de escape es debida a la condensación a temperatura inferior; es el vapor de agua que parece blanco.
Vapor seco:	Vapor que no contiene humedad, comercialmente, el vapor seco no contiene más de 0.5% de humedad.
Vapor sobre calentado:	Vapor calentado a una temperatura elevada que la que corresponde a la temperatura equivalente a su presión.
Vapor vivo:	Vapor que no ha sido expandido ni ha realizado trabajo alguno para el que ha sido generado.
Ventilador de tiro forzado:	Ventilador que suministra aire a presión al equipo de combustión de las calderas.

BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Anthony L. Kohan, Manual de calderas, ed. Mc. Graw Hill, Vol. I y II, 2000.
- ◆ Air Conditioning and Refrigeration Intitute, Aire acondicionado y refrigeración, ed. PHH Prentice Hall, U.S.A., 1972.
- ◆ Catalytic Construction Company, Método del camino de la ruta crítica, ed. Diana 2ª edición, 1970.
- ◆ Diego Onesimo Becerril L., Datos prácticos de instalaciones hidráulicas y sanitarias, 7ª edición, UNAM.
- ◆ Edward F. Obert, Motores de combustión interna, ed. CECSA, 1ª edición, 1966.
- ◆ Hernández Goribar, Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración, ed. LIMUSA, 21ª edición, 2003.
- ◆ Irving L. Kosow, Máquinas eléctricas y transformadores, ed. PHH Prentice Hall, 2ª edición, 1993.
- ◆ J. M. de Azevedo, Manual de hidráulica, ed. Harla, 1976.
- ◆ John J. Bertín, Mecánica de fluidos para ingenieros, ed. PHH Prentice Hall, 1986.
- ◆ Luis Postigo, Química general aplicada, ed. Sopena, 1978.
- ◆ Manuel Viejo Zubicaray, Bombas teoría, diseño y aplicaciones, ed. LIMUSA, 2003.
- ◆ Robert C. Rosales, Manual del ingeniero de planta, ed. Mc. Graw Hill, Vol. I y II, 1998.
- ◆ Tyler G. Hicks, Bombas su selección y aplicación, ed. CECSA, 1990.

- ◆ Dirección General de Obras y Conservación, UNAM, Norma Universitaria de Diseño de Ingeniería Electromecánica, Vol. I, II, III, y V. NUDE- 01-DG-99, Junio 2003.
- ◆ Instituto Politécnico Nacional, Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas (utilización), NOM-001-SEDE-1999, ed. Alfa-Omega, 2001.
- ◆ Facultad de Estudios Superiores, Acatlán, UNAM, Manual de Procedimientos del Departamento de Obra Electromecánica, Superintendencia de Obras y Mantenimiento, Departamento de Obra Electromecánica, 1995.
- ◆ Facultad de Estudios Superiores, Acatlán, UNAM, Inventario de Áreas Geográficas, Superintendencia de Obras y Mantenimiento Departamento de Supervisión Técnica, 1999.
- ◆ Barber Coleman Company, Thechnical Manual Automatic Start Manual. DYN3-10250 model 520, Aerospace & Power Control Division, DYNA243, DYNA Product Grup.
- ◆ Productos eléctricos ELMEX S.A. de C.V., Instructivo de Operación y mantenimiento para subestaciones eléctricas, México, 2000.
- ◆ Prolec S.A., Instrucciones de instalación y operación de transformadores tipo pedestal, México, 2000.