



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica-Eléctrica**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS, EN EL
SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN
JUAN DE DIOS**

Doroteo Pascual Tzul Tzul

Asesorado por el Ing. Elwin Elías Gramajo

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS, EN EL SISTEMA
ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

DOROTEO PASCUAL TZUL TZUL

ASESORADO POR EL ING. ELWIN ELIAS GRAMAJO

AI CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELÉCTRICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia Garcia Soria
VOCAL II	Ing. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ágel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

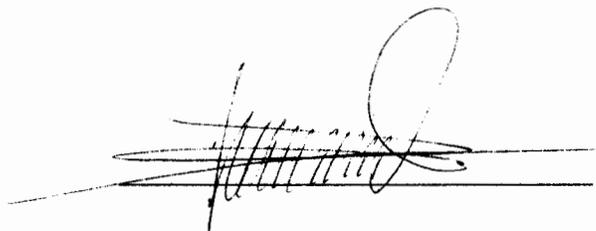
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS, EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS,

tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica- Eléctrica, el 05 de septiembre de 2005.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Doroteo Pascual Tzul Tzul', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Doroteo Pascual Tzul Tzul

TELEFONOS

20318

23741-44

530423-32

530443-49

24834

Hospital General "San Juan de Dios"

Guatemala, G. A.

CABLE

"HOSPGRAL"

GUATEMALA

OFICIO N.º _____

Guatemala 01 de agosto de 2006.

Ing. Ángel Roberto Sic
Coordinador de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Sic

En calidad de asesor del estudiante universitario Doroteo Pascual Tzul Tzul doy por finalizada y aprobada la revisión del trabajo de ejercicio profesional supervisado titulado, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS EN EL SISTEMA ELECTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, en las instalaciones del hospital general, cumpliendo con el contenido y objetivos fijados.

Esperando que se le de el tramite correspondiente,

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente;



Ing. Elwin Elías Gramajo
Jefe de Mantenimiento
Hospital General San Juan de Dios
Teléfono: 22530449.



Guatemala, 6 de noviembre 2007.

Señor Director
Ing. Mário Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE
MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS EN EL SISTEMA
ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS,**
del estudiante; Doroteo Pascual Tzul Tzul, por considerar que cumple
con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Romeo Nefitali López Orozco
Revisor de EPS Mecánica Eléctrica

RNLO/sro



Guatemala, 08 de septiembre de 2006
Ref. EPS. C. 499.09.06

Ing. Angel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

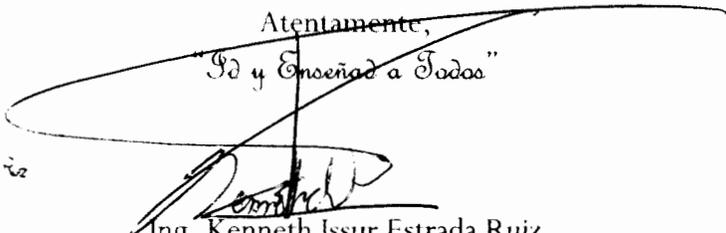
Estimado Ingeniero Sic García.

Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, **DOROTEO PASCUAL TZUL TZUL**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"**.

Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todas"

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica - Eléctrica

KIER/jm



Guatemala, 08 de septiembre de 2006
Ref. EPS. C. 499.09.06

Ing. Renato Escobedo
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Escobedo.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS"**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **DOROTEO PASCUAL TZUL TZUL**, quien fue asesorado por el Ing. Elwin Elías Gramajo y supervisado por el Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la **APROBACION DEL MISMO** por parte del asesor y supervisor, **ESTA COORDINACION TAMBIEN APRUEBA SU CONTENIDO**; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"D y Enseñad a Todos"

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS

ARSG/jm



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Doroteo Pascual Tzul Tzul titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS,** procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR

GUATEMALA, 8 DE NOVIEMBRE 2,007.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO Y BALANCE DE CARGAS, EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS**, presentado por el estudiante universitario **Doroteo Pascual Tzul Tzul**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Reinos
DECANO



Guatemala, noviembre de 2007

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS** Fuente de toda sabiduría y creador del Universo.
- A MIS PADRES** Basilio Tzul Barreno y Paula
Francisca Tzul Ixcaquic de Tzul
Por el sacrificio que hicieron para que este sueño se hiciera realidad y por traerme al mundo
- A MIS HERMANOS** Eusebia, Marcelo, Andrea, Micaela, Jorge
Francisco, Magdalena, Julio, Teresa, Gerardo y Miguel Ángel. Por su apoyo incondicional
- A MIS AMIGOS** Por los mementos de lucha y sacrificio
- A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS** Por ser la fuente de conocimientos técnicos y científicos.
- A USTED** Muy especialmente

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO, EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS	
1.1. Modo de operación de la subestación eléctrica.....	1
1.1.1 Ubicación de la planta eléctrica transformadores y tableros.....	2
1.1.2. Descripción del proceso.....	3
1.2. Descripción del tipo de subestación eléctrica y transformadores.....	3
1.2.1. Servicio normal y de emergencia.....	4
1.2.2. Servicio de transferencia.....	4
1.2.3. Seccionador.....	5
1.2.4. Transformador.....	7
1.2.5 Banco de capacitares.....	9
1.2.6 Supresor de picos.....	11
1.3 Diagnostico de la situación actual del sistema eléctrico.....	13
1.3.1. Subestación eléctrica.....	14
1.3.1.1. Tipo de mantenimiento actual.....	19

1.3.1.2. Personal de planta actual.....	25
1.3.1.3. Procedimiento de mantenimiento actual	16
1.3.2. Transformadores.....	16
1.3.2.1. Placa de datos.....	19
1.3.2.2. Identificación de devanados.....	20
1.3.2.3 Pruebas de relación de transformación.....	22
1.3.2.4 Conexión en transformadores.....	24
1.3.2.5 Coordinación de aislamiento.....	27
1.3.3. Tableros industriales.....	27
1.3.3.1. Resultados de estudio decampo.....	28
1.3.3.2. Tipo de mantenimiento actual en tableros eléctricos.	39

2. SEGURIDAD ELÉCTRICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL

2.1. Seguridad industrial.....	41
2.1.1. Normas básicas de seguridad para trabajar en hospitales....	43
2.1.2. Enfoque sistémico.....	45
2.1.3. Señalización.....	46
2.1.4. Seguridad vial.....	47
2.1.5. Equipo Contra incendio.....	49
2.1.6. Equipo de Protección personal.....	53
2.2. Higiene industrial en el área eléctrica en el hospital general.....	52
2.2.1. Condiciones de ambiente laboral.....	52
2.2.1.1. Ruido.....	52
2.2.1.2. Polvo y mota.....	54
2.2.1.3. Temperatura.....	55

3. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

3.1. Recomendación de conservación.....	57
3.1.1 Tipos de mantenimiento para la recomendación de conservación.....	59
3.1.1.1. Mantenimiento para usuario.....	60
3.1.1.2. Mantenimiento correctivo.....	60
3.1.1.3. Mantenimiento preventivo.....	62
3.1.1.4. Mantenimiento predictivo.....	64
3.1.1.5. Mantenimiento preventivo total (TPM)	65
3.1.1.6. Método de implementación de gestión de mantenimiento.....	67
3.1.2. Sistema de combustible.....	68
3.1.3. Sistema de transferencia.....	69
3.1.3.1 Sistema de emergencia.....	70
3.1.3.2 Sistema de corte de puntas.....	77
3.1.3.3 Sistema de cogeneración.....	77
3.1.4 Planta de emergencia.....	79
3.1.4.1 Componentes del sistema.....	80
3.1.4.2 Planta de emergencia con motor de combustión interna...	80
3.1.4.3 Detector de planta de emergencia.....	83
3.1.4.4. Tablero de transferencia.....	86
3.1.5 Cálculo de sistema de ventilación.....	89
3.2. Cálculo baterías y tipos.....	91
3.2.1. Baterías tipo acidas.....	91
3.2.2. Baterías tipo alcalinas.....	93
3.2.3. Rutinas de mantenimiento para baterías.....	94
3.3. Rutinas de mantenimiento para plantas eléctricas, transformadores y tableros eléctricos.....	98
3.3.1. Plantas eléctricas.....	98
3.3.1.1. Procedimientos de mantenimiento.....	98

3.3.1.2. Personal de planta.....	101
3.3.1.3. Períodos de servicio.....	101
3.3.2. Transformadores.....	103
3.3.2.1. Procedimientos de mantenimiento.....	103
3.3.2.1.1. Factores que intervienen la prueba de aislamiento.....	105
3.3.2.2 Períodos de servicio	110
3.3.3. Tableros Industriales.....	111
3.3.3.1. Procedimientos de mantenimiento.....	111
3.3.3.2. Períodos de servicio.....	112
4 DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO	
4.1. Diseño de formato de control de mantenimiento.....	113
4.1.1. Diseño de programa de mantenimiento.....	113
4.1.2. Diseño de programa de prueba de plantas eléctricas	115
4.1.3. Diseño de programa de mantenimiento para tableros	126
5 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS	
5.1. Nivel de tensión.....	117
5.2. Potencia total.....	117
5.3. Energía entregada.....	118
5.4. Demanda.....	118
5.5. Gráfica de barras.....	119

5.5.1. Gráfica de barras de voltaje.....	119
5.5.2. Gráfica de barras de corriente.....	120
5.5.3. Gráfica de barras de potencia.....	121
5.6. Sumario.....	122
5.7. Fasores.....	122
5.8. Armónicos.....	124

6 ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Estudio económico de transformadores.....	129
6.2 Costo aproximado de operaciones de mantenimiento preventivo para un transformador tipo seco.....	140
6.3 Estudio económico de mantenimiento de unidades generadoras instaladas en el hospital general San Juan de Dios.....	141
6.4 Cálculos.....	143
6.4.1 Cálculo de des-balance de tensión en servicios trifásicos.....	143
6.4.2 Análisis de circuitos trifásicos balanceados.....	145
6.4.3 Cálculo de regulación de tensión.....	147
6.4.4 Cálculo para mejorar el factor de potencia.....	148
6.4.4.1 Control de factor de potencia, artículo 50 según la NTSD.....	152
6.4.5 Solución alternativa para corregir el factor de potencia en el hospital general San Juan de Dios.....	153
6.4.5.1 Pruebas de vida en capacitores.....	159
6.4.6 Criterios de decisión en la compra de transformadores, cálculos.....	160
6.4.6.1 Costo de operación en motores.....	162
6.4.6.2 Cálculo de potencia dado cambio de velocidad.....	163
6.4.6.3 Demanda.....	164

CONCLUSIONES.....	167
RECOMENDADINES.....	169
BIBLIOGRAFÍA.....	171
ANEXOS.....	173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama unifilar de transferencia.....	5
2	Seccionador tripolar.....	6
3	Celda de transformador geafol.....	8
4	Banco de condensadores.....	10
5	Situación actual de transformadores.....	22
6	Ubicación de transformadores con problemas.....	23
7	Características de transformadores tipo seco.....	25
8	Diagrama de fuerza de transformadores.....	26
9	Termografía de ducto central.....	37
10	Termografía en centro de carga de lavandería.....	38
11	problemas observación en tableros.....	39
12	Criterios de gestión de mantenimiento.....	58
13	Clasificación de fallas.....	58
14	Tipos de mantenimiento.....	60
15	Diagrama solución de problemas en transformadores.....	67
16	Parámetros de motor.....	84
17	Parámetros de generador.....	85
18	Gráfica de barras de voltaje.....	119
19	Gráfica de barras de corriente.....	120
20	Gráfica de barras de potencia.....	121

21	Fasores.....	123
22	Armónicos de tensión en la fase Va.....	124
23	Armónicos de tensión en la fase Vb.....	125
24	Armónicos de tensión en la fase Vc.....	125
25	Armónicos de tensión en V4.....	126
26	Armónicos de corriente en la fase Ia.....	126
27	Armónicos de corriente en la fase Ib.....	127
28	Armónicos de corriente en la fase Ic.....	127
29	Factor de potencia vrs tiempo.....	131
30	Potencia instantánea vrs tiempo.....	131
31	Relación entre potencia y factor de potencia vrs tiempo.....	132
32	Curva de intensidades debido a diversas cargas	134
33	Curvas de I e I max de un transformador en servicio.....	135
	Anexo.....	173
34	AR,5 visión.....	173
35	Gráfica de voltajes en cada fase.....	174
36	Gráficas de corrientes en cada fase.....	176
37	Gráficas de potencia activa en cada fase.....	177
38	Gráficas de potencia reactiva inductiva en cada fase.....	179
39	Gráficas de potencia reactiva capacitiva en cada fase.....	180
40	Gráficas de factor de potencia en cada fase.....	182
41	Gráfica de frecuencia.....	183
42	Gráficas de armónicos de la 1era a 30va armónica.....	184
43	Gráficas de armónicos y formas de onda.....	185

TABLAS

I	Instalación de supresores.....	12
II	Transformadores situación actual.....	22
III	Ubicación de transformadores con problemas.....	23
IV	Situación actual de tableros eléctricos con problemas.....	28
V	Intensidad de ruido.....	53
VI	Efectos de ruido sobre el sistema auditivo.....	54
VII	Comparación de baterías acidas y alcalinas.....	95
VIII	Comparación de eficiencia en las baterías.....	96
IX	Comparación en régimen horario en las baterías.....	96
X	Ventajas y desventajas en conexiones en trafos.....	109
XI	Programa de mantenimiento para unidades generadoras.....	114
XII	Pruebas semanales de las plantas eléctricas.....	115
XIII	Programa de mantenimiento para tableros industriales.....	116
XIV	Nivel de tensión entre fases y corriente de fase.....	117
XV	Potencia total.....	117
XVI	Energía entregada.....	118
XVII	Factor de potencia.....	118
XVIII	Demanda entregada.....	118
XIX	Demanda pico.....	119
XX	Sumario.....	122
XXI	Valores magnitudes de tenciones y corrientes.....	123
XXII	Relación entre potencia, factor de potencia, corriente y tiempo.....	130
XXIII	Costo aproximado por procedimientos de mantenimiento en transformadores.....	140
XXIV	Costo aproximado por procedimientos de mantenimiento de unidades generadoras.....	142
XXV	Detalles y generalidades para tableros eléctricos.....	198

GLOSARIO

Acometida	Conductores y equipo para dar energía desde un sistema de suministro eléctrico hasta la carga servida.
Armónica	Componente senoidal de una onda periódica la cual tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la frecuencia fundamental de una onda no senoidal.
Breaker	Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.
Capacidad de interrupción	Máximo valor eficaz de corriente que es capaz de interrumpir un interruptor con toda confianza y sin deterioro apreciable de sus contactos. Generalmente se expresa en Kiloamperios a la tensión nominal.
Carga	Es la potencia (o corriente) que consume un circuito eléctrico.
Confiabilidad	Es la seguridad que un dispositivo realice su propósito durante el tiempo designado, bajo condiciones dadas.

Cortocircuito	Es el contacto directo entre sí o con tierra de los conductores energizados correspondiente a distintas fases.
Diagrama Unificar	Representación simbólica de un sistema trifásico equilibrado y sus elementos más importantes utilizando un solo hilo (como un circuito monofásico).
Fallas simétricas y asimétricas	Condición que impide continuar la operación de uno o más componentes de un sistema causado por cortocircuitos trifásicos (falla simétrica) o por cortocircuitos entre fases o entre fase y tierra (falla asimétrica).
F.e.m.	Fuerza electromotriz o voltaje producido por un circuito eléctrico.
Frecuencia	Para una onda, número de ciclos completos por segundo.
Frecuencia media de Interrupciones (F)	Es la medida que nos permite conocer el número promedio de veces que se interrumpe el servicio de energía eléctrica en un período dado.

Nodo	Punto de unión entre dos o más conductores eléctricos.
Selectividad	Es la característica de un sistema de protección que le permite determinar la localización de una falla para despejarla, retirando del sistema únicamente la parte afectada por la falla.
Subestación	Conjunto de dispositivos, aparatos y circuitos que tiene por función modificar parámetros de la potencia eléctrica, proteger los distintos elementos del sistema de potencia y poseer un medio de interconexión y despacho entre las diferentes líneas de transmisión.
Sobrecarga	Exceso de carga sobre lo normal, que soporta un circuito o conductor, si sobrepasa un 10% provoca serios daños o destrucción total
Transformador	Es una máquina eléctrica que eleva o baja el voltaje de corriente alterna de la fuente original.
Tablero	Un panel o paneles individuales en donde se incluyen barras, dispositivos de protección contra sobre corrientes e interruptores para controlar circuitos eléctricos u otras cargas.

Valor por unidad	Relación del valor real de cualquier cantidad determinada al valor base de la cantidad.
Valor rms o eficaz	Es el valor promedio de una onda periódica que produciría la misma potencia de una onda con valor constante.
Generador	Máquina utilizado para convertir energía mecánica en energía eléctrica por medio de la inducción electromagnética.
Resistencia	Cualidad de un material de oponerse al paso de una corriente eléctrica. La resistencia depende de la longitud del conductor, su material, de su sección y de la temperatura del mismo.
Tensión	Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V), y vulgarmente se la suele llamar voltaje.
Tensión nominal	Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento

RESUMEN

La calidad de energía en un hospital y la continuidad del servicio eléctrico son factores de primera necesidad, en los centros hospitalarios, es necesario que se cuente con la seguridad mínima para evitar que el paciente como el trabajador no sufran de la falta de atención por la falta de servicio eléctrico.

Por tal motivo, el presente trabajo de graduación contiene los procedimientos de mantenimiento y el estudio de prácticas de mantenimiento preventivo a ser ejecutado por operadores.

Este estudio se realizó con un análisis del tipo de mantenimiento realizado en tres centros de carga haciendo énfasis en subestaciones eléctricas, sistema de transferencia, transformadores y tableros industriales, de los cuales dos presentaron necesidad de mantenimiento preventivo y correctivo, después de estudios realizados se encontró que estos no presentan deficiencias en operaciones normales.

Al tomar termografías se observó que transformadores barras y bornes presentan sobrecarga y debilitamiento de aislante, por tanto, en este trabajo de graduación se presenta las debidas medidas de seguridad que debe tomar la sección de mantenimiento así como el personal encargado a la hora de operar los distintos equipos a su cargo para evitar acciones correctivas que presenten un costo económico considerable a la institución.

Se determinará las prácticas de mantenimiento preventivo aplicado a plantas eléctricas, transformadores, sistema de transferencia y tableros eléctricos.

Las ventajas que se obtienen al aplicar y acatar las normas y reglamentos tanto del fabricante como las de la institución.

Se ha demostrado las ventajas en eficiencia y calidad de servicio, que se obtiene al aplicar los procedimientos de mantenimiento adecuados, como optimizar recursos, evitando accidentes, pérdida de equipos, pérdida de tiempo, pérdida de vidas humanas y deterioro de la institución o empresa.

En conclusión, este trabajo de graduación dicta las recomendaciones para que sea eficiente el sistema eléctrico del Hospital General, considerando continuidad de servicio. En resumen, elevar la calidad de energía y seguridad para el personal en el momento de realizar operaciones de mantenimiento.

OBJETIVOS

- **General**

Optimizar recursos económicos a la institución aplicando métodos de mantenimiento acorde a las necesidades, demandas y problemas que se presentan en el sistema eléctrico.

- **Específicos**

1. Aplicar los conocimientos adquiridos en el campo de la ingeniería eléctrica a la solución de los problemas eléctricos que se presentan en trafos tableros y subestación eléctrica del Hospital General.
2. Determinar los niveles de contaminación, niveles de temperatura, niveles de ruido, a la que están expuestos los operadores de plantas eléctricas, así como las consecuencias que se presentan en el cuerpo humano, y las medidas a considerar utilizando equipo eléctrico y personal adecuado.
3. Con los resultados obtenidos de los niveles de contaminación dar recomendaciones, tipos de mantenimiento y métodos para evitar al máximo la contaminación y perturbaciones en el sistema eléctrico.

4. Concientetizar al personal que tiene a su cargo los diferentes equipos que conforman el sistema eléctrico para realizar el mantenimiento adecuado y cumplir con las rutinas de mantenimiento prolongando así la vida útil de los equipos.

5. Cumplir con una de las misiones de la universidad de san Carlos de Guatemala en formar parte de las soluciones de diferentes problemas que aquejan nuestra sociedad actual.

INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico en el hospital general San Juan de Dios, es energía recibida de la empresa eléctrica en tensión de distribución secundaria. Es enviada a los diferentes centros de carga que se distribuyen de la siguiente manera: central de carga principal plantas eléctricas, de esta a los siguientes centros de carga. Ducto central norte, ducto central sur, ducto central, centro de carga cocina, centro de carga lavandería, centro de carga calderas, centro de carga pediatría, centro de carga imprenta, centro de carga maternidad. Por fuentes elementos capaces de suministrar y transportar energía en forma de ondas o corriente alterna.

En el presente trabajo se expondrá la forma adecuada de realizar procedimientos de mantenimiento preventivo para elevar el grado de seguridad que ofrece una instalación dada. Este objetivo consiste en saber e investigar las normas, técnicas y reglamentos que deben de respetarse a la hora de ejecutar mantenimiento a un equipo, instalación o maquinaria.

Considerando aspectos de vital importancia en la operación y condiciones de operación de un equipo, como los niveles de temperatura, corriente nominal, voltaje nominal, frecuencia, capacidad en kVA, factor de potencia, tolerancia, niveles de aislamiento, libranzas eléctricas, modelo y tipos de conexión; en otras palabras se medirá los niveles de temperatura y otros factores y se compararán con datos según fabricante, según resultados se dictaran las medidas a considerar según normas establecidas por el Código Nacional Eléctrico (NEC 1999).

Con los estudios realizados se dará procedimientos y métodos de mantenimiento preventivo y correctivo que ayuden a prevenir posibles consecuencias de fallas en el sistema eléctrico.

Este trabajo de graduación se inicia con lo que una recopilación de información de la situación actual del sistema eléctrico considerando el modo de operación de la subestación, el sistema de transferencia, transformadores, centros de carga o tableros eléctricos.

El principio de operación del sistema de transferencia en modo normal y de emergencia, tiempo de respuesta en el momento de un corte de energía eléctrica. La situación actual de los diferentes centros de carga, plantas eléctricas y transformadores en este resume se considera el tipo de mantenimiento ejecutado por los operadores, personal encargado, datos específicos tomados de estudios realizados en el sistema eléctrico.

La seguridad eléctrica y la higiene industrial es un aspecto que muchas empresas centran su atención, para evitar accidentes y pérdidas optimizando recursos, en el capítulo dos se analiza los niveles de contaminación eléctrica en el hospital, considerando como factores principales el ruido la temperatura, niveles de aislamiento y ventilación todo relacionado al sistema eléctrico.

Se continúa definiendo en el capítulo tres con procedimientos de mantenimiento adecuados en los diferentes equipos que conforman el sistema eléctrico. En el capítulo cuatro se dan diseños de procedimientos de mantenimiento y en el cinco se dan los resultados de medición de la calidad de energía y por último se dan los resultados de estudios económicos para plantas eléctricas, transformadores y tableros industriales.

1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

La acometida principal del Hospital General tiene su fuente de alimentación de la subestación de distribución de la EEGSA, con una capacidad de 13.2 kV, alimentado por seis cables tipo URD, dos cables tipo URD por fase, con un empalme de 15 kV tipo 3M. Hasta la celda +E0, en donde se encuentra el seccionador principal que controla la alimentación principal del trafo GEAFOL encargada de bajar la tensión de 13.2 KV a 480/277 V.

1.1 Modo de operación de la subestación eléctrica

Tiene como función principal prestar servicio de energía eléctrica confiable de modo continuo, en servicio normal y emergencia a un nivel de tensión de 13.2 kV, primario y 480/277 V secundario.

Recibiendo la alimentación primaria de la acometida principal de la subestación eléctrica de distribución de la EEGSA ubicado en esquina avenida Elena y novena calle zona 1. La acometida principal del sistema eléctrico del hospital general es controlada por un seccionador bajo carga de 17.5 kV y 400A, con fusibles de 100/630 A.

El servicio de emergencia es activada cuando se da un corte de energía eléctrica la cual es cubierta por dos unidades generadoras, que se utilizan para el servicio de apoyo.

El tiempo de respuesta de estas unidades generadoras es de cinco segundos después de un corte de energía eléctrica hasta un máximo de 13 segundos para alcanzar estabilidad en el sistema y operar en condiciones normales.

Las plantas cubren el 60% de la carga total instalada, la combinación de estas dos unidades operan en forma alterna en caso de falla de una de las unidades.

1.1.1 Ubicación de planta eléctrica, trafos y tableros

La planta eléctrica se encuentra ubicada en el sótano sur contiguo al área de calderas lo conforman dos unidades generadoras, en este sector se encuentran los tableros principales de emergencia designados como A1, A2, A3, y A4, también se encuentra el sistema de transferencia la cuál funciona en modo automático y manual.

Los trafos y tableros eléctricos se encuentran en puntos principales de distribución, conocidos como ductos eléctricos. En el Hospital General se encuentran tres puntos principales, ducto central norte, ducto, central sur y ducto central

También se encuentran trafos y tableros en las áreas de cocina, lavandería, calderas, bombas de agua, consulta externa, rayos x, emergencia, laboratorio clínico y emergencia de adultos. Todos los transformadores son de tipo seco frente muerto en configuración delta estrella y los tableros en su mayoría industriales nema 1.

1.1.2 Descripción del proceso

En operaciones normales el servicio de emergencia se encuentra en reposo listo para ser activado por un procesador lógico programable PLC cinco segundos después de un corte de energía eléctrica entran las generadoras.

Para la respuesta inmediata de estas unidades generadoras trabajan con un sistema de precalentamiento, una carga constante de baterías y automatizadas para un arranque inmediato. Para cubrir las unidades acopladas al servicio de emergencia por medio de las barras de emergencia.

1.2 Descripción del tipo de subestación eléctrica y transformadores

El transformador principal del sistema eléctrico del San Juan de Dios es de 3.5 MVA para una tensión primario de 13,200 V y una tensión secundaria de 480/277 V a una frecuencia de 60 hertz. Es un FOA ventilación forzada - aire forzada en configuración delta – estrella con neutro aterrizada.

El sistema de transferencia esta controlada por un tablero panel board marca siemens en combinación con las unidades generadoras.

En conjunto es una subestación de distribución secundaria de 13.2 kV/ 482-277V. El 100% de los transformadores son de tipo seco frente muerto. Con diferentes capacidades desde 100kVA, hasta 500kVA.

1.2.1 Servicio normal y de emergencia

En condiciones normales el sistema eléctrico del Hospital General trabaja con la fuente de energía proveniente de la subestación de EEGSA de distribución esquina avenida Elena y novena calle zona 1. Con una acometida principal de 13.2 kV.

En situaciones de falla de este servicio, entra el servicio de emergencia cubriendo el 60% de las áreas críticas.

1.2.2 Servicio de transferencia

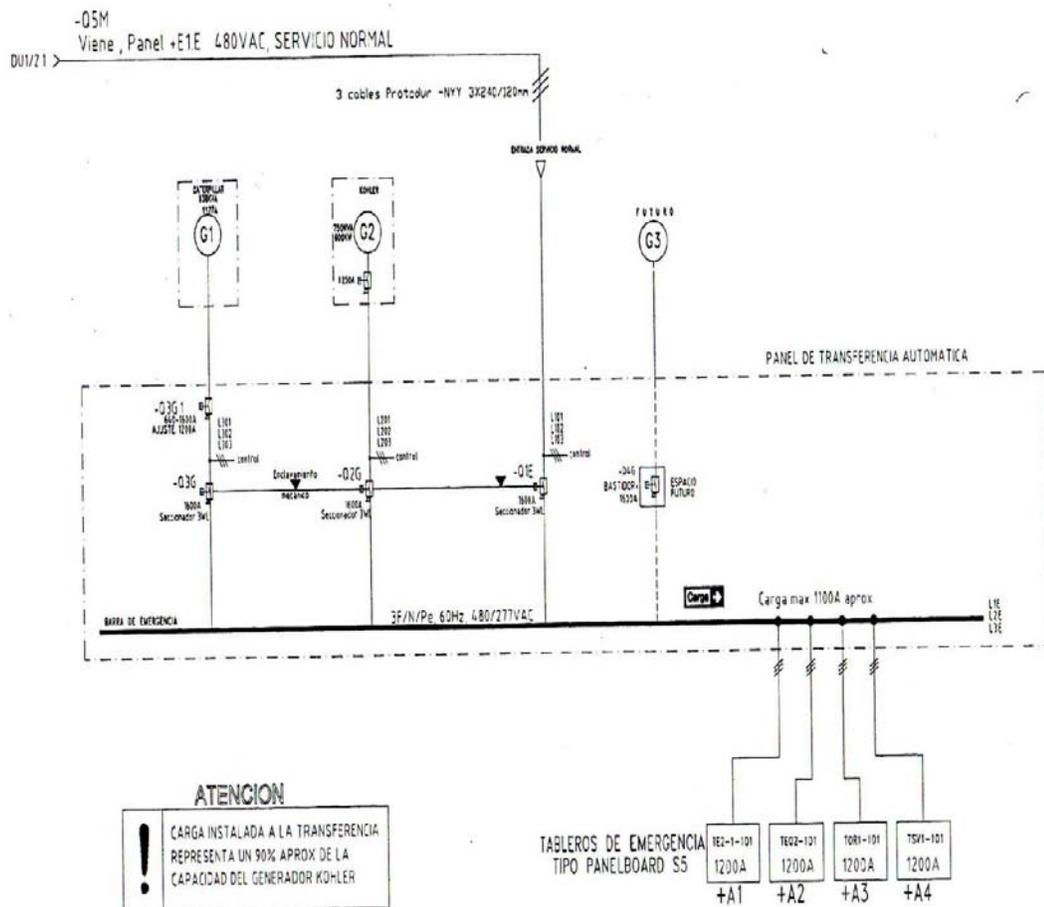
El diagrama unifilar del sistema de transferencia, del hospital general se muestra en la figura 1. Las características específicas de cada diagrama unifilar dependen de cada sistema y del servicio.

El diagrama de conexiones adaptada al sistema determina en gran parte el costo de la instalación la cual depende de la cantidad de equipo instalado o considerado.

Por otra parte, se pueden realizar diferentes diagramas y conexiones, también se pueden adaptar diferentes disposiciones constructivas que presentan variaciones de la superficie ocupada, en cierta medida esta en función del tipo de barras, del tipo de estructuras, de la mayor o menor sencillez de la instalación y del aspecto de la instalación; mismas que repercuten en el costo final de la subestación.

Las disposiciones constructivas realmente están sujetas a la disponibilidad de espacio del que se cuenta ya sea interna o externa al edificio o construcción. El servicio de transferencia del hospital general puede ser operado en modo manual o automático, el modo manual es ejecutado por los operadores de plantas eléctricas al momento de una falla del modo automático, o en operaciones de mantenimiento preventivo o correctivo.

Figura 1 Diagrama unifilar de transferencia



Fuente: Manual de subestaciones, Hospital General San Juan de Dios. Pág. 0003

La barra de transferencia para el sistema de emergencia del Hospital General tiene una capacidad máxima de 1,100 A, para un servicio de 480/277-120 V con una alimentación principal de servicio normal proveniente del panel E1E 480 V, por medio de tres cables protodur NYY (no inflamables) al seccionador principal Q1E de 1,600A, 3WL acoplado con enclavamiento mecánico con QAG y Q3G seccionadores de 1,600A y 3WL, las cuales alimentan las unidades generadoras.

1.2.3 Seccionador

Para el caso particular del Hospital General se trata de un seccionador bajo carga marca de 400A y 17.5 kV, este seccionador controla la entrada principal de corriente a la subestación eléctrica del Hospital General y trabaja en combinación con tres fusibles, una por fase de 100/630A.

La selección de un seccionador debe estar en función de su diseño considerando como parámetros principales la corriente nominal I_n , el voltaje nominal, V_n y la corriente de corto circuito de operación I_{cc} . Cabe mencionar que los seccionadores deben ser operados solo en tensión o sea sin carga. Para altas corrientes en el orden de los k.

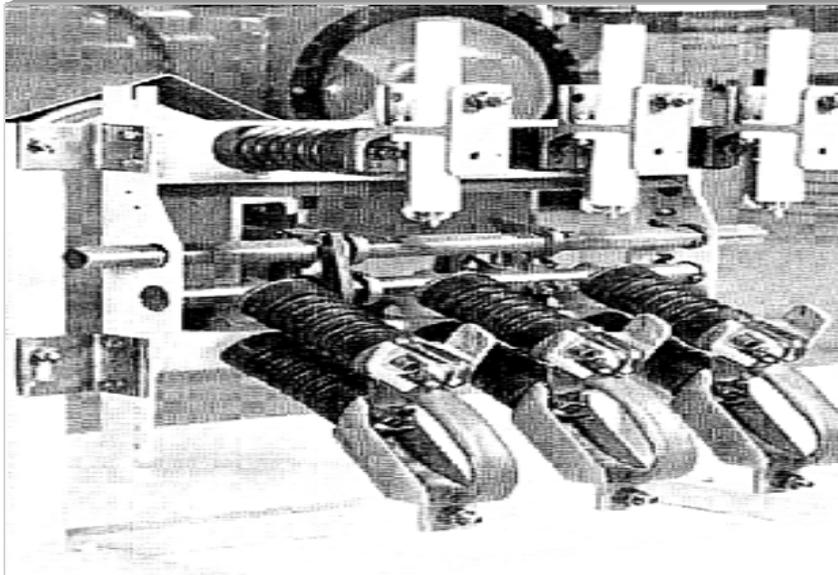
Es necesario definir que es: corriente nominal, voltaje nominal y corriente térmico o de corto circuito.

I_n = la corriente que pasa a través del dispositivo sin producir calentamiento ni daño.

V_n = es el voltaje que pasa a través del dispositivo sin producir calentamiento.

I_{cc} = es la capacidad de corte en kiloamperios kA y generalmente es en el orden de 20 kA hasta 70 kA puede ser simétrico o asimétrico.

Figura 2 Seccionador tripolar



Fuente: Hospital General San Juan de Dios
Definición de seccionador ver apéndice B inciso b

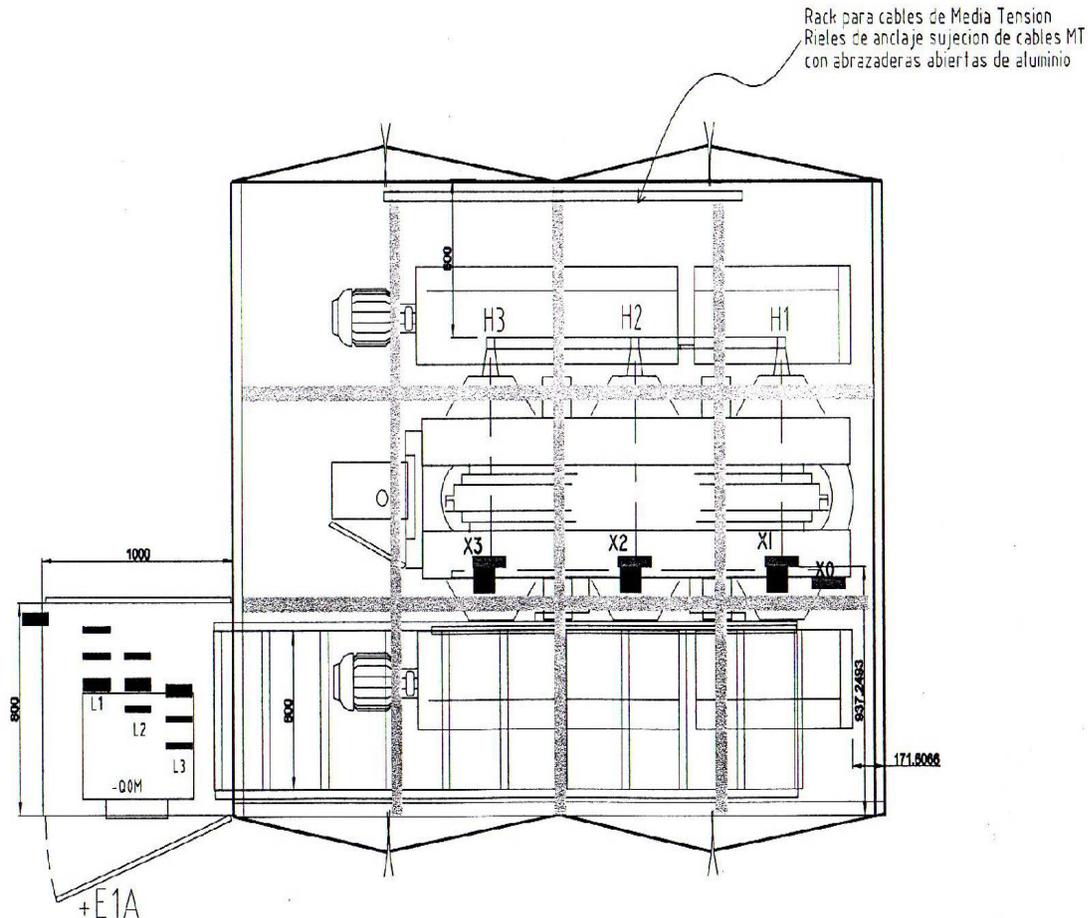
1.2.4. Transformador

El Hospital General San Juan de Dios tiene un trafo tipo seco con ventilación forzada de 3.5 MVA, para una tensión primaria de 13200 V y una tensión secundaria de 480/277 V a 60 Hz, es un GEAFOL en configuración delta estrella aterrizada.

El transformador del Hospital General recibe su alimentación en el lado de alta de la acometida principal subterránea proveniente de la subestación de distribución de la EEGSA esquina avenida Elena, con un nivel de tensión de 13.2 kV, alimentando en el lado baja tensión, nueve barras de cobre tres por fase, con dimensiones de 120x10 mm.

Este juego de barras conforman la línea principal de alimentación de las cuales van conectadas los breakes que controlan y protegen las celdas +E1G, +E1F, +E1E, +E1D, +E1C y E1B celdas que controlan diferentes servicios, así como el banco de capacitores, supresor de picos, barras de emergencia y pediatría unificada. La figura 3, muestra el transformador.

Figura 3 Planta interior de celda del transformador geafol



Fuente: Manual de subestación eléctrica Hospital General San Juan de Dios. Pág. 0070
Definición clasificación y tipos de transformadores ver apéndice B inciso c

1.2.5 Banco de capacitores

Para mejorar la eficiencia de un sistema de generación de energía eléctrica es necesario que el factor de potencia esta cerca de la unidad y para corregir este factor de potencia es necesario instalar capacitores.

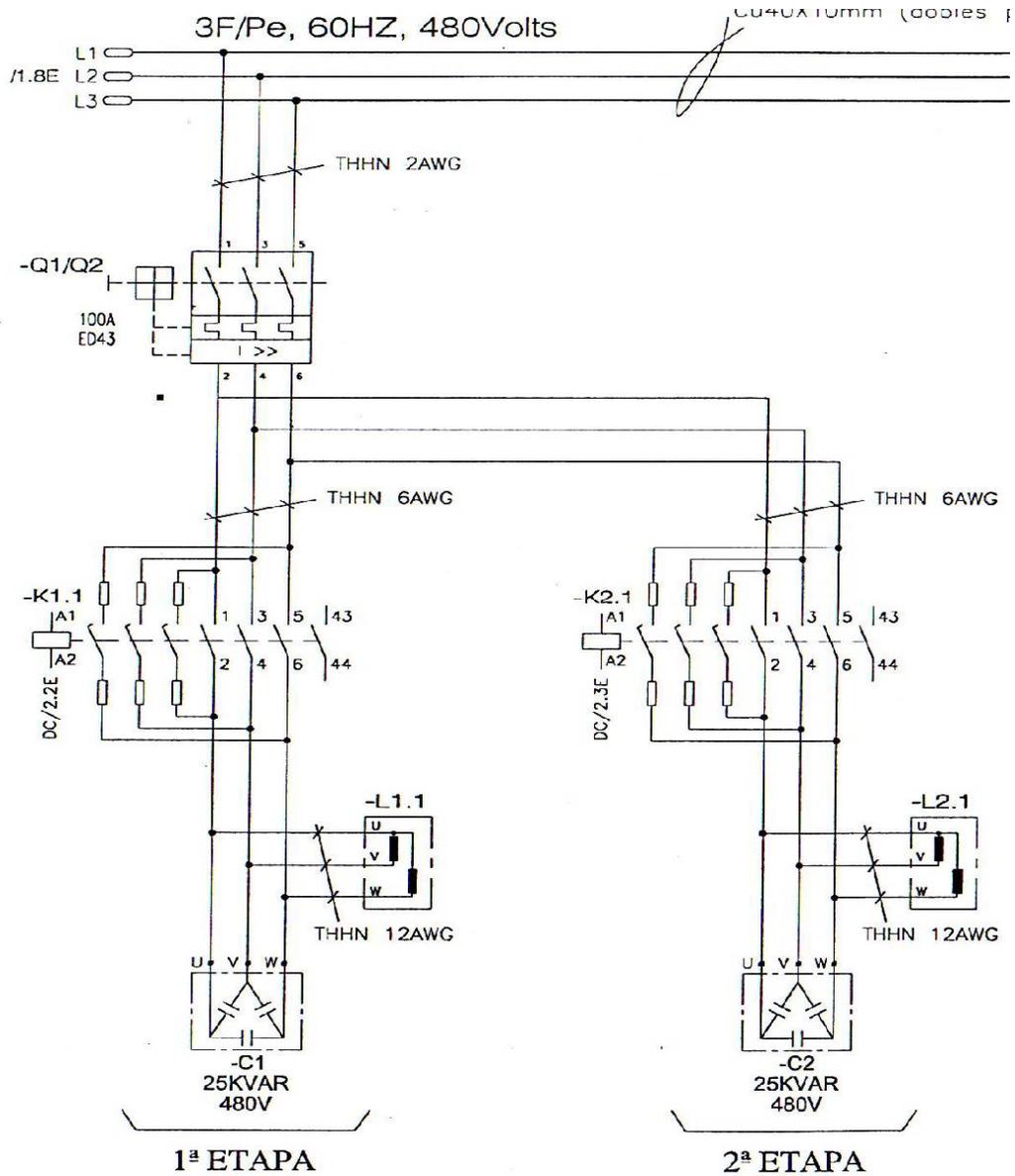
Estos dispositivos son una fuente estática de corriente reactiva en adelanto, para contrarrestar la corriente magnetizante de retraso que producen ciertas maquinas de inducción, que es la causa del bajo factor de potencia.

Los capacitores se fabrican de diferentes capacidades su requerimiento depende del nivel de voltaje que se trabaja en el sistema y su capacidad se expresa en kVAr. Para lograr el objetivo es justificable que se instalen cercanos a cargas reactivas en retraso.

La configuración de conexión puede ser estrella, estrella aterrizada o delta. El Hospital General trabaja con capacitores de 25kVAr por unidad en configuración delta, para un banco con capacidad total de 600 kVAr para una tensión de 480 V, con la aplicación de estos capacitares se logra un factor de potencia de 0.92, trabajando en cinco etapas.

La figura 4, muestra la configuración de conexión, de las primeras dos etapas de cinco, presentando un diagrama de fuerza que indica las capacidades de cada banco, nivel de tensión de operación, frecuencia, conductores calibre y tipo.

Figura 4 Banco de capacitores de 600 kvar diagrama de fuerza



Fuente: Manual de subestaciones Hospital General San Juan de Dios. Pág. 00029

1.2.6 Supresor de picos

El Hospital General cuenta con un TVSS SHALL 1283 de categoría C3 con las siguientes características.

Voltaje	L-N	L-G	N-G	L-L
208/120	400 V	400 V	400 V	700 V
480/277	700 V	700 V	700 V	1200 V

Equipo utilizado para eliminar picos de corrientes y voltajes se fabrican en diferentes marcas generalmente en función de corrientes, voltajes y frecuencias, esta conformado por un único disco Varistor de Oxido Metálico ensamblado bajo presión en una cubierta de aluminio sellada al ambiente.

Un módulo de supresión de **picos** es usado como un elemento único en soluciones integradas dentro de un conjunto de **picos** y transientes que no son mas que distorsiones que se generan en las ondas de voltaje y corriente de poca duración en el orden de los nano-segundos, producidos por suicheo.

El diseño de cada supresor depende de la marca, o fabricante y debe de cumplir con, baja resistencia de contacto interna, excelente manejo térmico y una distribución uniforme de la corriente de pico sobre el área total del elemento de protección, resultando así en una capacidad de manejo de energía extrema combinada con un muy bajo voltaje de paso.

El módulo debe ser diseñado para resistir **picos** de corrientes repetidos dando una operación beneficiosa y libre de mantenimiento en ambientes hostiles.

Tabla I Instalación actual de supresor

Las instalaciones de los supresores son manejadas por el tamaño de la caja como se indica en la tabla debajo y debe cumplir con el código nacional.

Tipo de Caja	Tamaño de la caja de protección	(Fusible clase J o interruptor de circuitos)	Tamaño máximo del conductor
S	8" x 6" x 6"	50A	#6 AWG [10mm ²]
M	12" x 10" x 6"	100A	#2 AWG [35mm ²]
R	15" x 15" x 7"	100A	#2 AWG [35mm ²]
N	20" x 16" x 8"	225A	#4/0 AWG [95mm ²]
A	20" x 20" x 8"	225A	#4/0 AWG [95mm ²]

Niveles de tensión

Monofásica /Fase Partida, de 120 V a 240V

Trifásicos en Estrella con 120/208V, 220/380V a 240/415V, 277/480V, 347/600V

Trifásico en Delta con 240V y 480V

1.3 Diagnóstico del sistema eléctrico actual

Un sistema eléctrico es el alma de todo proceso industrial, tal proceso puede ser textil, petrolero, minero, agrícola, refrigeración, transporte, generación, fabricación, alimenticio e industria del acero. Por lo que debe de cumplir con estándares de calidad, normas eléctricas, terminología en el campo de las normas, cuerpos gubernamentales reguladores de normas y normas de ley, europeos o americanos.

Estas normas son reguladas por organizaciones internacionales, tales como: Internacional Electrotechnical Comisión, IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), National Electrical Code, NEC (Código Nacional Eléctrico), National Institute American System, ANSI (Instituto Nacional de Normas Americanas).

1.3.1 Subestación eléctrica

Conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus principales funciones son: transformar tensiones y derivar circuitos de potencia, de acuerdo al tipo de función que desarrollan pueden clasificarse en tres grupos.

- a- Cambiador de taps
- b- seccionadoras de circuitos o de maniobra
- c- mixtas (cambiadores de taps y seccionadoras)

La subestación eléctrica del Hospital General es de distribución secundaria, ya que trabaja con un nivel de tensión primario de 13.2 kV, y secundario 480/277 V.

La subestación del Hospital General esta conformado por un seccionador de 400 A y 17.5 kV bajo carga, un transformador tipo seco de 2500-3500 kVA con ventilación forzada a 60 Hz, 9 barras de cobre 3 por fase y 6 por celdas.

Además, se tiene la celda para el sistema de transferencia y dos plantas generadoras, de marca CATERPILLAR con capacidades de 938 kVA, 750 kW y 1,177 A, otra marca KOHLER con capacidades de 750 kVA, 600kW y 1,250 A controlados por seccionadores 3WL, que trabajan bajo carga para el servicio de apoyo en el sistema de emergencia, un supresor de picos y un banco de condensadores en modo automático de 600 kVAr, 480 V, trabajando en cinco etapas diferentes su activación dependiendo de la demanda de potencia reactiva producidas por cargas reactivas en atraso.

Dentro de la subestación se tiene equipo primario, sistemas de comunicación, sistemas de seguridad personal y equipo, sistemas de servicios auxiliares y esquemas de protección.

1.3.1.1 Tipo de mantenimiento actual

Actualmente, el mantenimiento de la subestación eléctrica del Hospital General se divide en dos actuaciones, para mantenimiento correctivo, generalmente, es realizado por alguna empresa privada que es contratada.

Esta operación se realiza cada dos o tres años como procedimiento de mantenimiento preventivo y correctivo.

Otra actuación es ejecutada por los operadores de plantas eléctricas realizando mantenimiento preventivo, este mantenimiento es casi deficiente ya que los operadores no tienen capacitación constante por parte de la institución y su toma de dediciones en condiciones críticas o emergencias es deficiente.

El sistema eléctrico del hospital trabaja en servicio normal y de emergencia y este sistema es automatizado con un controlador lógico programable, lo que requiere estudios y conocimientos de programación electrónica y electricidad, lo que deja atrás los conocimientos de un operador cuyos estudios se centran en electricidad domiciliar o industrial no actualizada.

1.3.1.2 Personal de planta

Actualmente, hay técnicos encargados de operar la sección de plantas eléctricas por experiencia comprenden el funcionamiento de las plantas eléctricas capacidad de leer diagramas, de control, fuerza y capacidad de toma de decisiones en casos de emergencia.

Actualmente, los operadores de plantas eléctricas forman parte del turno de veinticuatro horas para cubrir cualquier eventualidad a la hora de un corte de energía eléctrica y arrancar las plantas eléctricas en caso de que el modo automático fallara.

1.3.1.3 Procedimientos de mantenimiento

Los procedimientos de mantenimiento ejecutado en plantas eléctricas son pocas, ya que no existe un programa que exija un mantenimiento preventivo total. El mantenimiento actual se centra en chequeo de combustible, chequeo de temperatura, chequeo de nivel de agua y apoyo en otras áreas como: bombas de agua y gases médicos, que regularmente presentan emergencias imprevistas.

La falta de conocimientos o actualización de los mismos obliga a contratos de personal para realizar operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo lo que genera un gasto exagerados a la institución.

1.3.2 Transformadores

El estado actual de los diferentes trafos se obtuvieron como consecuencias de estudios realizados en las diferentes áreas de localización de los transformadores, toman en cuenta área, ventilación, libranzas, y tiempo de vida útil de los equipos instalados y enumerando directamente los trafos que exigen un cambio inmediato así como los que reclaman mantenimiento.

Para los transformadores tipo seco, deberá tomarse en cuenta las siguiente, situaciones: voltaje, corriente, ubicación capacidad y configuración

Existen alrededor de cuarenta transformadores instalados en todo el hospital, existe una semejanza en el tipo de transformador, tensión de operación, tamaño y características de conexión. Estas similitudes se presentan en las que se dictan.

- a- TRI-101 Ubicado en área de subestación antigua, de 112.5 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208V conexión estrella aterrizado, 150°C, rise, con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 200 A, 600 V, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- b- TREI-101 Ubicado en área de subestación antigua, de 112.5 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208V AC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 200 A, 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- c- TREI-102 Ubicado en área de calderas, de 50 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 80 A, 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- d- TRI-102 Ubicado en área de calderas, de 30 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 V AC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de Seguridad (de 3 polos, 60 A., 6(X) V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- e- TRI-106 Ubicado en área de costurería y lavandería, de 75 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 V AC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 100 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- f- TREI-106 Ubicado en área de costura y lavandería, de 30 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 60 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.

- g- SIN IDENTIFICACIÓN Ubicado en área de costura y lavandería, de 25 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 50 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- h- CDPE-T3 Ubicado en sótano Norte, de 300 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 400 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- i- TRCDP-T2 Ubicado en ducto central sótano, de 150 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 200 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- j- TRCDP-T1 Ubicado en sótano Sur, de 500 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 600 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- k- TRCDPE-TI Ubicado en sótano sur, de 150 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 VAC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 200 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.
- l SIN IDENTIFICACIÓN Ubicado en pasillo intensivos, de 1.50 kVA primario 480 V, conexión delta; voltaje secundario: 120/208 V AC, 150°C, rise con su respectivo disyuntor de seguridad de 3 polos, 200 A., 600 V AC, con fusibles y neutro aterrizado, en gabinete NEMA 1.

1.3.2.1 Placas de datos

Cada transformador esta previsto de una placa de datos, conteniendo la siguiente información:

- a- Clase de transformador por ejemplo: transformador, auto transformador, etc.
- b- Número y año de la norma
- c- Nombre del fabricante
- d- Número de serie del fabricante
- e- Año de fabricación
- f- Número de fases
- g- Capacidad nominal
- h- Frecuencia nominal 60 hertz
- i- Voltajes nominales (incluyendo voltajes de derivaciones)
- j- Corrientes nominales
- k- Diagrama vectorial y diagrama de conexiones
- l- Voltaje de cortocircuito a corriente nominal
- m- Tipo de enfriamiento
- n Niveles de aislamiento (cuando el aislamiento reducido sea utilizado, este se especificara)
- n- Líquido aislante
- o- Su peso en kilogramos
- p- Peso aproximado en kilogramos de:
Núcleo y bobinas,
tanque y accesorios
Peso total

1.3.2.2 Identificación de los devanados y marcas de polaridad de los trafos en el San Juan de Dios.

El 90% de los transformadores en el hospital general san Juan de Dios son de tipo seco en configuración delta estrella aterrizada.

Devanados

En general los devanados de un transformador se distinguen uno de otro de la siguiente manera.

- En los transformadores de dos devanados el de alta tensión se designa con la letra H y el de baja tensión con la letra X, transformadores de dos devanados se encuentran en el área de lavandería, frente a la nueva subestación.
- Transformadores con dos o mas devanados, tienen designados sus devanados con las letras H. X. Y. y Z. se encuentran en diferentes ductos.

El orden de esta designación se determinara de la siguiente manera:

- a- el devanado de mayor voltaje será designado con la letra H y el resto según el orden decreciente X, Y y Z.

- b- si dos o más devanados tienen el mismo voltaje y diferentes capacidades, se asignaran las letras en el orden sucesivo según el orden decreciente de capacidades.
- c- Si dos o más devanados tienen la misma tensión eléctrica y la misma capacidad, su designación se hará arbitrariamente.

Terminales

Los terminales externos se distinguen entre si, marcando cada una con la letra correspondiente al devanado seguida por un subíndice numérico así:

H1, H2, H3; X1, X2, X3; Y1, Y2; Y3. etc.

Una terminal de neutro en un transformador trifásico se marcara con la letra correspondiente al devanado, seguida del subíndice "o"; ejemplo:

Ho. Xo, Yo etc.

Una Terminal de neutro que sea común a dos o más devanados de transformadores monofásicos o trifásicos, será marcada con la combinación de las letras correspondientes a los devanados, seguidas cada una de ellas por el subíndice "o".

Si un transformador tiene un devanado con dos terminales, una de ellas conectada a tierra, el subíndice 2 la identificará.

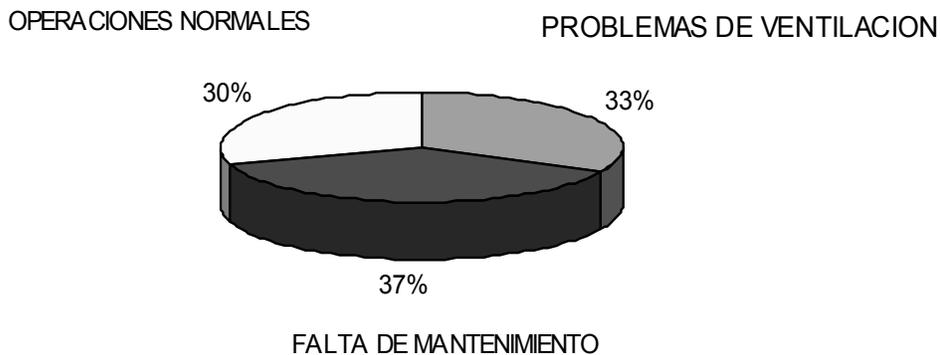
1.3.2.3 Pruebas en transformadores

Se realizaron estudio de campo en diferentes centros de carga cuyos resultados se dictan en la tabla II.

Tabla II. Situación actual de transformadores instalados, en el hospital general San Juan de Dios

Total de transformadores instalados, 40 tipo seco	
13	con problemas de ventilación
15	falta de mantenimiento
12	en operaciones normales

Figura No 5 Situación actual de transformadores

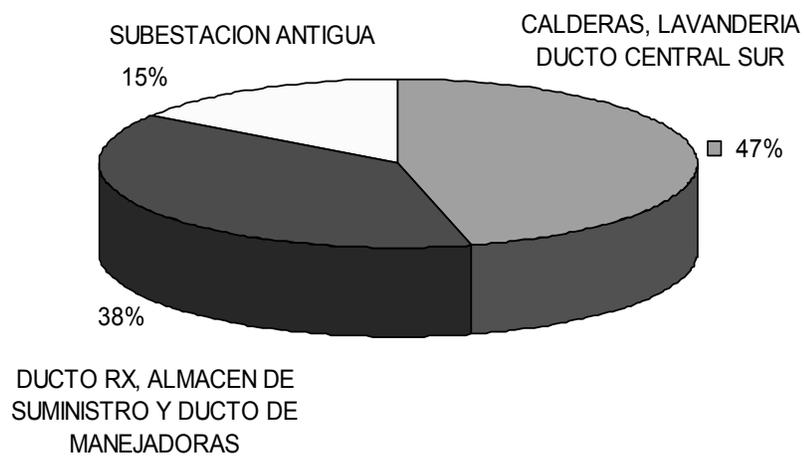


Estos datos se obtuvieron de un estudio de campo realizado en todo el sistema eléctrico del hospital general San Juan de Dios

Tabla III. Ubicación de transformadores con problemas

TRANSFORMADORES		
Unidades	ubicación	estado
6	calderas lavandería y ducto central sur	Tiempo de vida útil vencido
5	ducto RX, almacén de suministro y ducto de manejadoras	problemas con ventilación
2	subestación antigua	temperatura y ventilación

Figura 6 Ubicación de transformadores con problemas



1.3.2.4 Conexión en los transformadores

Existen criterios generales de comparación de conexiones para selección de la misma, tales criterios son:

- a. Índice de utilización = $(\text{kVA- salida})/(\text{kVA-nominal}) = 1$
Es máximo e indicativo de economía.

- b. Grado de distorsión de la tensión y corriente = indicativo, presencia de armónicos.

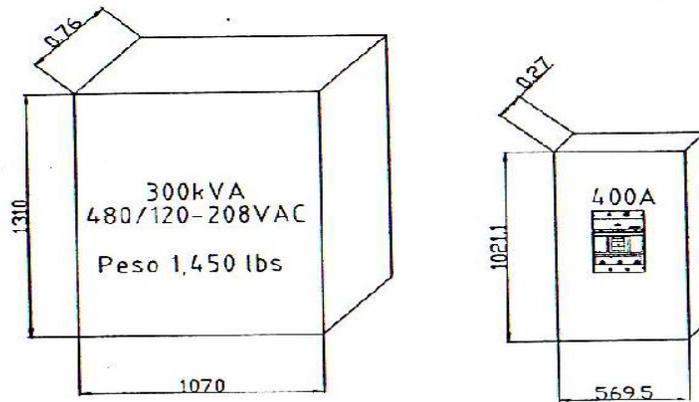
Para el caso del Hospital General, trabaja con transformadores tipo seco, de diferentes capacidades diseñados para interiores, se encuentran instalados 40 trafos tipo seco en configuración delta estrella aterrizada para cargas predominantemente monofásicas, con niveles de tensión 480/120-208 V AC en su mayoría y de diferentes capacidades

Las más comunes son las que se dan en la figura 7. En ella encontramos capacidad, tensión de operación, capacidad de dispositivo de protección, peso en libras y dimensiones.

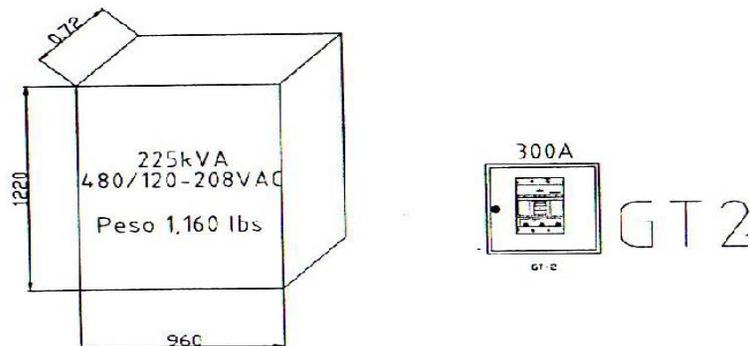
Cabe recordar que estos transformadores en operaciones normales, condiciones ambientales, buen sistema de ventilación y libranzas adecuadas según normas reclaman poco mantenimiento.

Figura 7 Características de transformadores tipo secos en DY1

300kVA

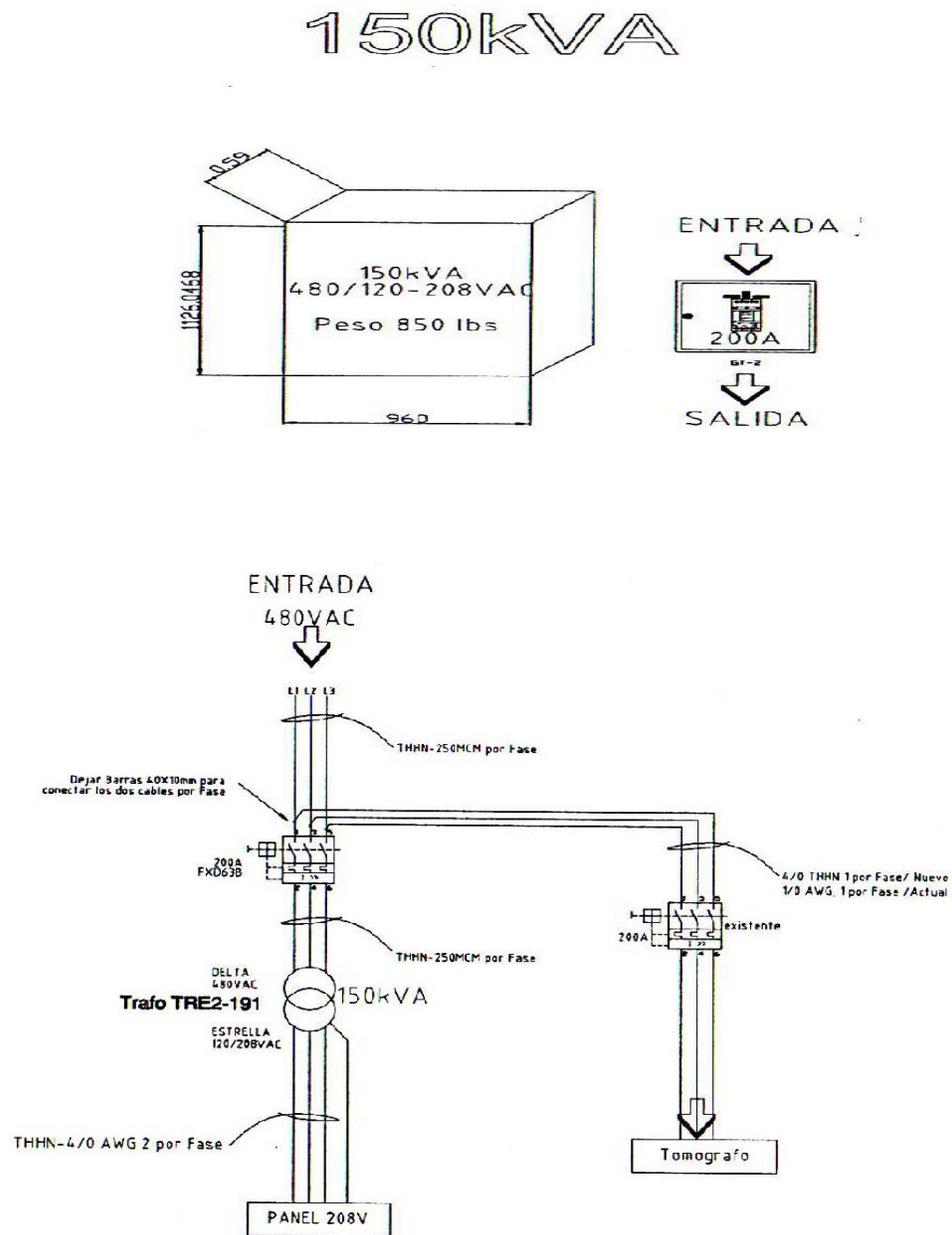


225kVA



Fuente: Subestación eléctrica Hospital General San Juan de Dios. Pág. 00082

Figura 8 Diagrama de fuerza de transformadores.



1.3.2.5 Coordinación de aislamiento

Consiste en la ordenación de los niveles de aislamiento de diferentes equipos eléctricos, un nivel de aislamiento establece en forma indirecta la medida de la resistencia de aislamiento que debe tener un equipo eléctrico para soportar una onda de sobre tensión, encausando dicha onda a través de equipos de protección sin dañar equipos adyacentes, ocupando el primer lugar el pararrayos.

Pocos transformadores tienen problemas con aislamiento en el hospital general, las áreas afectadas son lavandería, ducto de RX.

1.3.3 Tableros Industriales

La situación actual de los tableros en el san Juan de Dios se encuentran en condiciones normales de operación, trabajando en servicio de emergencia y servicio normal, al servicio de emergencia entran un 60% de la carga total a la hora de un corte de energía eléctrica, en total son 305 tableros de diferentes capacidades, instalados en diferentes servicios.

Los resultados que se dan en las tablas, son los obtenidos de estudios realizados en cada centro de carga, considerando discontinuidad de equipo, balance de cargas, tiempo de vida útil, sobrecarga, y mantenimiento.

Tabla IV Situación actual en los tableros

Esto datos se obtuvieron de estudios de campo como inspección observación y toma de datos en todos los diferentes centros de carga del hospital general San Juan de Dios

Condiciones actuales de los tableros en el san Juan de Dios	
Número	Especificaciones
305	total de tableros instalados
147	tableros entran en servicio de emergencia
47	tableros requieren cambio inmediato
290	tableros marca federal pacific
297	Tableros alimentados en configuración delta - estrella
8	tableros alimentados en configuración estrella- delta abierta

1.3.3.1 Resultados de estudio de campo sobre tableros especificando capacidad, nivel de protección, capacidad de barras, número de conductores por fase y des-balance de cargas, medición directa con multímetro, Amp-clamp y termografías.

a- CDPI-101 tablero industrial ubicado en el área de subestación actual, tipo Panebord NEMA 1 para 480/277 V, Trifásico, Barras de cobre de 800 amperios, 5 hilos: *N/A, B/T*, frente muerto, para sobreponer alimentación inferior, conteniendo:

- 01 Interruptor Principal de 3 x 600 A.
- 02 Interruptores de 3 x 225 A.

- 01 Interruptor de 3 x 125 A.
 - 02 Interruptores de 3 x 100 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 50 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 20 A.
 - Tapas ciegas.
 - Previsto para instalación futura de dos interruptores de 2 x 225 A. Sin links.
- b- CDPI1-I01**, Tablero industrial ubicado en el área de subestación actual tipo, Panelbord, NEMA 1 para 120/208V, trifásico, barras de cobre de 225 Amp. 5 hilos, N/S. B/T, frente muerto, para sobreponer alimentación inferior, conteniendo:
- 01 Interruptor principal de 3 x 225 A.
 - 03 Interruptores de 2 x 70 A.
 - 02 Interruptores de 2 x 50 A.
 - 03 Interruptores de 2 x 100 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 50 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 125 A.
 - Tapas ciegas
 - Previsto para instalación futuro de 2 interruptores de 3 x 100 A. sin links.
- c- CDPE1-101** Tablero industrial ubicado en área de Subestación actual tipo Panelboard para 480/277V, trifásico, barras de cobre de 800 Amp. 5 hilos, N/A, B/T, frente muerto, para sobreponer alimentación inferior, conteniendo:

- 01 Interruptor Principal de 3 x 600 A.
- 03 Interruptores de 3 x 225 A.
- 03 Interruptores de 3 x 100 A.
- 01 Interruptores de 1 x 150 A.
- Tapas ciegas.
- Previsto para instalación futuro de 2 interruptores de 3 x 225 A. sin links.

d- **CDPEI1-101** tablero industrial ubicado en área de subestación tipo Panelboard, NEMA 1 para 208/120V, trifásico, barras de cobre de 400 Amp. 5 hilos, N/A, B/T, frente muerto, para sobreponer alimentación superior, conteniendo:

- 01 Interruptor principal de 3 x 200 A.
- 06 Interruptores de 2 x 50 A.
- 02 Interruptores de 2 x 70 A.
- 01 Interruptor de 3 x 50 A.
- 01 Interruptor 3 x 70 A.
- 01 Interruptor 2 x 30 A.
- 02 Interruptores de 1 x 15 A.
- Tapas ciegas
- Previsto para instalación futuro de 2 Interruptores de 3 x 50 A. sin links.

e- **TI1-101** tablero ubicado en área de subestación actual tipo centro de carga, NEMA 1 para 208/120V, monofásico, barras de cobre de 125 A, 4 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, conteniendo:

- Sin Interruptor Principal
 - 03 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 01 Interruptor de 1 x 40 A.
 - 01 Interruptor 1 x 30 A.
 - Previsto para instalación futuro de un Interruptor de 2 x 50 A. sin links.
- f- TIE1-101** tablero ubicado en área de Subestación actual, tipo centro de carga, NEMA 1, para 120/280V, monofásico, barras de cobre de 225 A., 4 hios, N/A, B/T, puerta frontal con llave, para sobreponer, conteniendo:
- Sin Interruptor principal.
 - 04 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 02 Interruptores de 1 x 30 A.
 - Previsto para instalación futuro de dos Interruptores de 2 x 30 A. sin links.
- g- TTFEJ-102** tablero industrial ubicado en área de calderas, tipo Panelboard NEMA 1, para 480/277V, trifásico, barras de cobre de 225 A. 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, para sobreponer, conteniendo:
- 01 Interruptor Principal de 3 x 225 A.
 - 06 Interruptores de 3 x 20 A.
 - 02 Interruptores de 3 x 40 A.
 - 01 Interruptor 3 x 70 A.
 - Previsto para instalación futuro de 2 interruptores de 3 x 50 A. sin links.
- h. TFE1-102** tablero industrial ubicado en área de calderas tipo Panelboard NEMA 1, para 208/120V, trifásico, barras de cobre de 225 A. 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, para sobreponer, conteniendo:

- 01 Interruptor principal de 3x 175 A.
 - 03 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 07 Interruptores de 1 x 30 A.
 - 01 Interruptor de 2 x 30 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 50 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 30 A.
 - 01 Interruptor de 2 x 20 A.
 - Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 50 A. sin links.
- i- **TF1-102** tablero ubicado en área de calderas, tipo Centro de carga, NEMA 1, para 208/120V, trifásico, barras de cobre de 125 A. 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, conteniendo:
- 01 Interruptor principal de 3 x 100 A.
 - 05 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 01 Interruptor de 1 x 30 A. i
 - 01 Interruptor de 2 x 30 A.
 - 01 Interruptor de 2 X 40 A.
 - Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 3 x 50 A. sin links.
- j- **T11-104** tablero ubicado en almacén de farmacia tipo centro de carga, NEMA 1, para 120/208V, monofásico, barras de cobre de 125 A. 4 hilos, N/S, B/T, conteniendo:
- 01 Interruptor Principal de 2 x 100 A.
 - 06 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 01 Interruptor de 1 x 30 A.

- 01 Interruptor de 1 x 15 A.
 - Previsto para Instalación futura de 2 interruptores de 2 x 50 A. sin links.
- k- TIE1-104** tablero ubicado en área de farmacia tipo centro de carga, NEMA 1 para 208/120V, monofásico, barras de cobre de 125 A. 4 hilos. N/A, B/T. conteniendo.
- .Sin Interruptor principal.
 - .03 Interruptores de 3 x 20 A
 - .02 Interruptores de 1 x 30 A.
 - .01 interruptor de 1 x 15 A.
 - .Previsto para instalación futura de 3 interruptores de 2 x 20 A. sin links.
- l- TTFI-106** tablero industrial ubicado en área de lavandería y costura, tipo Panelboard, NEMA 1, para 480/277V, trifásico, barras de cobre de 400 A-5 hilos, N/A, B/T. frente muerto, para sobreponer, conteniendo:
- 01 Interruptor Principal de 3 x 225 A.
 - 03 Interruptores de 3 x 50 A.
 - 02 Interruptores de 3 x 40 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 100 A.
 - Tapas ciegas
 - Previsto para instalación futura de un interruptor de 3 x 225 A. Sin links.
- m- Sin identificación** tablero ubicado en área de lavandería y costura tipo Panelboard, NEMA 1, para 208/120V, trifásico, barras de cobre de 400

Amp. 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, paro sobreponer, conteniendo:

- Sin interruptor principal
- 02 Interruptores de 3 x 100 A.
- 02 Interruptores de 3 x 20 A.
- 11 Interruptor de 3 x 30 A.
- Previsto para instalación futura de un interruptor de 3 x 100 A. sin links.

n- **TF1-106** tablero industrial ubicado en el área de lavandería y costura, tipo Panelboard. NEMA 1, para 208/120V, trifásico, barras de cobre dc 400 A. 5 hilos. N/A, B/T, puerta frontal con llave, para sobreponer, conteniendo:

- 01 Interruptor Principal de 3 x 225 A.
- 04 Interruptores dede I X 30 A.
- 05 Interruptores de 2 x 20 A.
- 03 Interruptores de 2 x 20 A.
- 05 Interruptores de 2 x 30 A.
- 03 interruptores de 3 x 20 A.
- 01 Interruptores de 3 x 40 A.
- 01 Interruptor de 3 x 70 A.
- Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 225 A. sin links.

Ñ- **TTFE1-106** tablero industrial ubicado en área de lavandería y costura, tipo Panelboard, NEMA 1, para 480/277V, trifásico, barras de cobre de 250 A 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, para sobreponer, conteniendo:

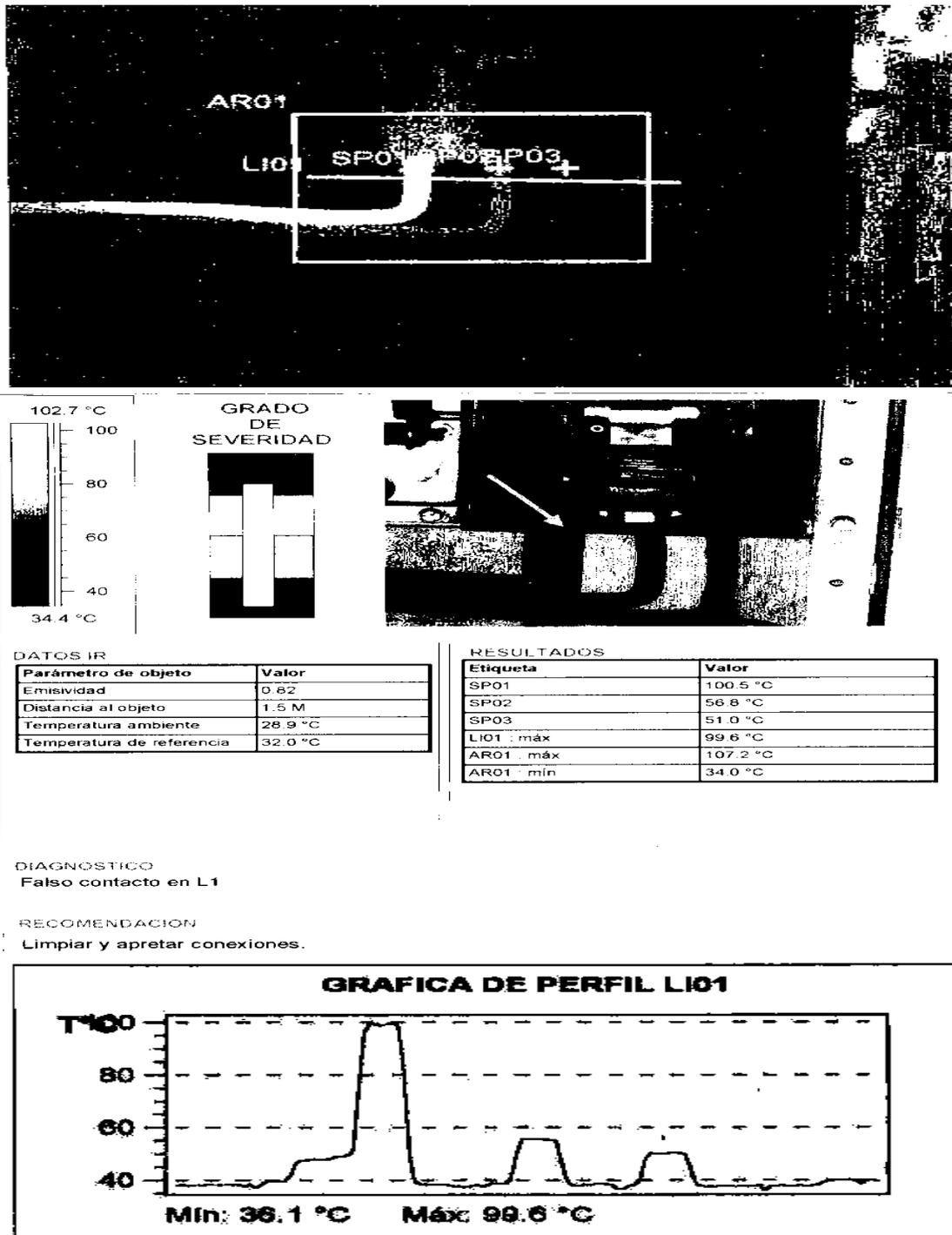
- 01 Interruptor Principal de 3 x 225 A.
 - 02 Interruptores de 3 x 100 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 40 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 60 A.
 - Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 225 A. sin links.
- o- TFE1-106** tablero ubicado en el área de lavandería y costura, tipo Centro de carga, NEMA 1, para 208/120V, trifásico, barras de cobre de 225 A. 5 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, conteniendo:
- 01 interruptor Principal de 3 x 100 A.
 - 02 Interruptores de 1 x 15 A.
 - 03 Interruptores de 1 x 20 A.
 - 02 Interruptores de 1 x 30 A.
 - 02 Interruptores de 2 x 30 A.
 - 02 Interruptores de 2 x 40 A.
 - 02 Interruptores de 3 x 15 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 20 A.
 - 01 Interruptor de 3 x 50 A.
 - Previsto para instalación futura de un interruptor de 2 x 100 A. sin links.
- p- TIE1-106** tablero ubicado en área de lavandería y costura, tipo Centro de carga, NEMA 1 para 208/120V, monofásico, barras de cobre de 125 A. 4 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, conteniendo:

- Sin Interruptor Principal
- 05 Interruptores de 1 x 20 A.
- 02 Interruptores de 1 x 20 A.
- 01 Interruptor de 1 x 40 A.
- Previsto para instalación futura de 2 interruptores de 2 x 50 A. sin links.

q- TI1-I06 tablero ubicado en área de lavandería y costura tipo Centro de carga, NEMA 1, para 208/120V, 'monofásico, barras de cobre de 150 A. 4 hilos, N/A, B/T, puerta frontal con llave, conteniendo.

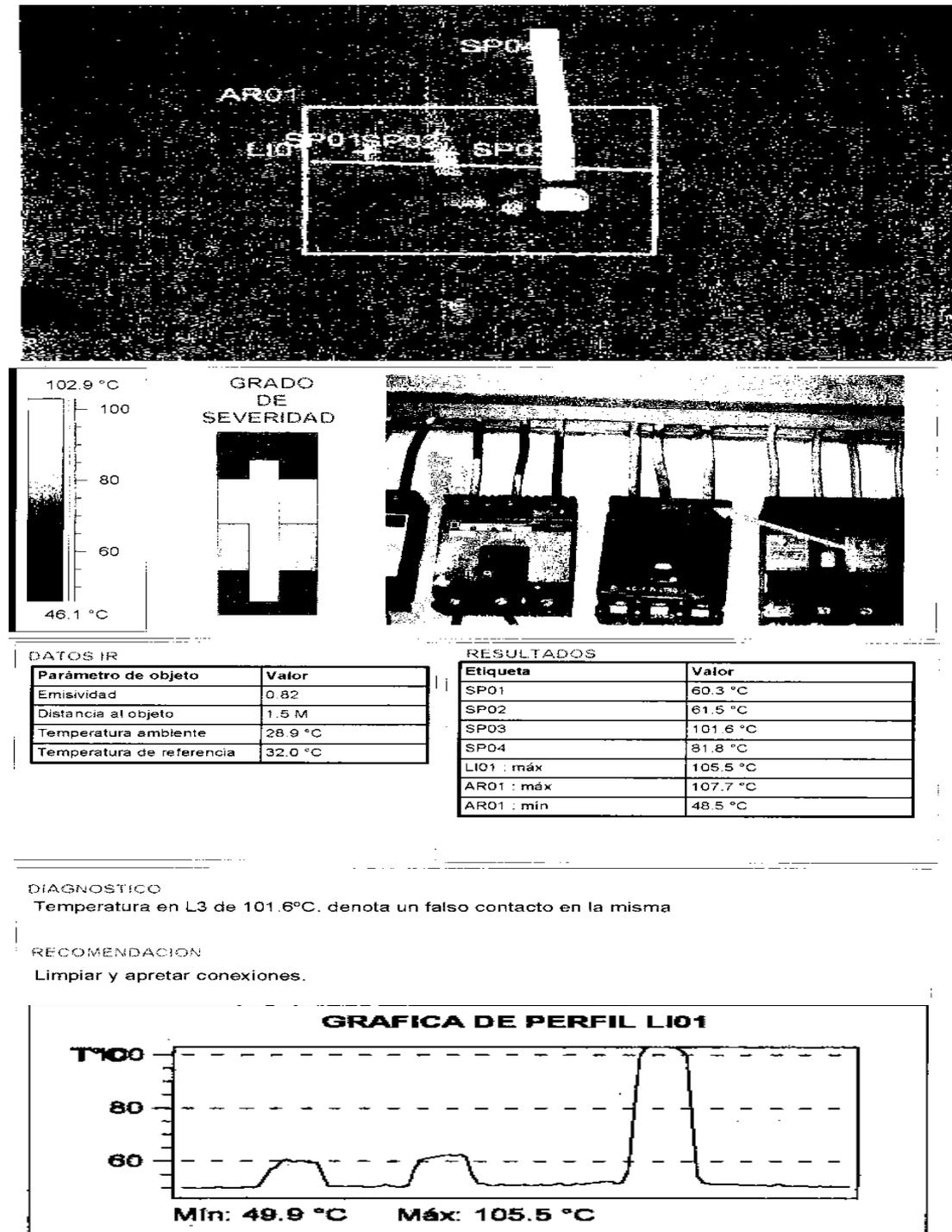
- Sin Interruptor Principal
- 04 Interruptores de 1 X 20 A.

Figura 9. Termógrafo JCA tomada en el ducto central del hospital tablero principal para el diagnostico del estado actual de centros de carga.



Fuente. Cortesía de DIATEC, diagnostico técnico mecánico. S.A.

Figura 10. Termógrafo JCA tomada en el área de lavandería, estado actual de centro de carga para las lavadoras industriales



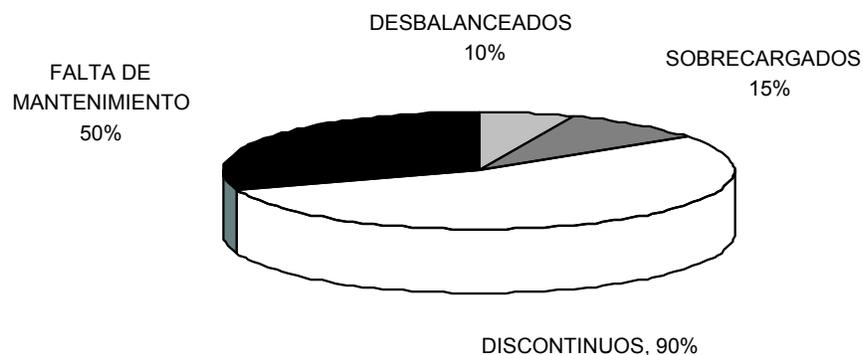
Fuente. Cortesía de DIATEC, diagnostico técnico mecánico, S.A.

1.3.3.2 Tipo de mantenimiento actual en los tableros

En operaciones normales los tableros no reclaman mantenimiento, aunque realmente depende del tipo de tablero y del servicio que prestan, estas pueden ser de control, protección o medición. Además se diseñan para operar una variedad de circuitos las más relevantes son las siguientes:

- Líneas y cables de alta tensión
- Bancos de transformadores
- Barras colectoras (buses)
- Baja frecuencia
- Alimentadores de distribución
- Banco de capacitares
- Servicios de estación y auxiliares

Figura 11 Problemas observados en los tableros como resultado del estudio de campo.



2 SEGURIDAD EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL GENERAL

2.1 Seguridad industrial

Es el conjunto de normas, obras, técnicas y acciones legislativas requeridos para proteger la vida humana y optimizar recursos.

Peligro

Condición que se puede esperar que cause lesiones o daños a la propiedad al medio ambiente y es inherente a las cosas materiales y se clasifica en:

Peligro clase a

Una condición capaz de causar incapacidad permanente, pérdida de la vida o de alguna parte del cuerpo.

Peligro clase b

Una condición capaz de causar lesiones o enfermedad grave.

Peligro clase c

Una condición capaz de causar lesiones menores no incapacitantes enfermedades leves daño menor a la propiedad.

La seguridad industrial en hospitales requiere de mucha atención de parte de las autoridades de salud para proteger la salud de los trabajadores, controlando el entorno de trabajo para evitar epidemias, emergencias y en el área eléctrica reducir o eliminar riesgos.

Los accidentes laborales o las condiciones de trabajo poco seguras pueden provocar enfermedades y lesiones temporales o permanentes e incluso causar la muerte. También ocasionan reducción de la eficiencia y pérdida de la productividad de cada trabajador.

Antes de 1900 eran muchos los empresarios a los que no les preocupaba demasiado la seguridad de los obreros. Sólo empezaron a prestar atención al tema con la aprobación de las leyes de compensación a los trabajadores por parte de los gobiernos, entre 1908 y 1948.

Hacer más seguro el entorno del trabajo resultaba más barato que pagar compensaciones. Por consiguiente es necesario hacer énfasis en las siguientes reglas específicamente en el área eléctrica:

- a Antes de abrir un tablero de fuerza de alto voltaje tal como un tablero de sistema de transferencia para inspeccionarlo, activarlo o desactivarlo, siempre tenga presente las normas y reglas del fabricante.
- b El conectar apropiadamente con tierra es cumplir con principios de seguridad industrial y normas eléctricas, esté seguro que el sistema de la instalación eléctrica puede manejar las cargas que se usarán.
- c Use los fusibles recomendados o cortacircuitos para el circuito según capacidad. No sobrecargue circuitos. Si los fusibles o los cortacircuitos continúan “botándose” no los reemplace con más grandes. Agregue otro circuito, sin antes un estudio previo de cargas.
- d En un medio ambiente húmedo o en exteriores use un GFCI (interruptor de circuito de tierra).

- e Siempre desconecte la electricidad y cierre con llave la caja de poder cuando haga reparaciones o mantenimiento en un dispositivo eléctrico para así impedir que otra persona lo conecte y cause un accidente.
- f Antes de conectar generadores de reserva para emergencia verifique la posición del interruptor de transferencia para impedir que la electricidad entre en las líneas y represente un riesgo para la persona que está trabajando en las líneas. Este interruptor también protege su generador.
- g Asegúrese que los miembros del grupo o trabajadores estén entrenados en la resucitación cardió pulmonar (RCP) y primeros auxilios.
- h Todos los miembros de grupo o trabajadores deben saber donde está localizado el interruptor eléctrico principal.
- i Tenga extinguidores disponibles para incendios causados por la electricidad. Use extinguidor de químico seco, se recomienda un ABC para incendios y nunca use agua en incendios causados por la electricidad.

2.1.1 Normas básicas de seguridad para trabajar en hospitales

- a Asegúrese que su fuente y su circuito de tensión estén adecuadamente puestos a tierra (verifique la tierra usada y que las conexiones sean excelentes que debajo del piso vinil no existan laminas de cobre dañadas que conforman la red de tierras).

- b Para propósitos especiales en hospitales se instalan barras o sistemas de tierra bien diseñadas para ofrecer una buena protección, en quirófanos y laboratorios hospitalarios se calculan redes de tierra que requieren un diseño especial.

En instalaciones de quirófanos se practican mallas de tierra con laminas de cobre debajo de un piso vinil aislante y todo profesional en el campo de la medicina es obligado a usar zapatos con material aislante para proteger al paciente ya que son suficientes dos miliamperios circulando por el corazón en un intervalo corto de tiempo en milisegundos para provocar un paro cardiaco y conducir a la muerte en términos de segundos.

- c la descarga de un condensador puede ser letal aun si no ha estado conectado a una fuente de tensión por varios días.
- e -Asegúrese que el suelo de diferentes ductos eléctricos no esté mojado cuando trabaja con alta tensión.
- f -Las descargas rápidas de alta tensión emiten ruido electromagnético que pueden alterar el funcionamiento de marcapasos.
- g -Controle la calidad de la tierra de su circuito antes de conectar, la cual su resistencia no debe ser mayor de cinco ohmios, entre mas cercano a cero mejor.
- h -Tenga especial cuidado al conectar un auto-transformador o transformador. El borne común de este dispositivo debe estar conectado al neutro.

2.1.2 Enfoque sistémico

En los últimos años, los ingenieros han tratado de desarrollar un enfoque sistémico (la denominada INGENIERÍA DE SEGURIDAD) para la prevención de accidentes laborales.

Como los accidentes surgen por la interacción de los trabajadores con el entorno de trabajo, hay que examinar cuidadosamente ambos elementos para reducir el riesgo.

Éstas pueden deberse a las malas condiciones de trabajo, al uso de equipos y herramientas inadecuadamente diseñadas, al cansancio, la distracción, la inexperiencia o acciones arriesgadas.

El enfoque sistémico estudia las siguientes áreas: los lugares de trabajo, los métodos, prácticas de actuación y la formación de empleados y supervisores.

Además, el enfoque sistémico exige un examen en profundidad de todos los accidentes que se han producido. Se registran los datos esenciales sobre estas contingencias, junto con el historial del trabajador implicado, con el fin de encontrar y eliminar combinaciones de elementos que puedan provocar nuevos riesgos.

El enfoque sistémico también dedica atención especial a las capacidades y limitaciones de los trabajadores, y reconoce la existencia de grandes diferencias individuales entre las capacidades fisiológicas humanas.

2.1.3 Señalización

Eléctricamente hablando en subestaciones eléctricas generalmente se usan dos tipos de señalización, por medio de carteles, placas con advertencias o instrucciones y lámparas o indicadores luminosos.

- a. En locales principales especialmente en los puestos de mando y oficinas de los jefes, encargados de centrales o estaciones de transformación. Se dispondrán de esquemas representativos de las instalaciones.
- b. En diversos lugares de las instalaciones de alta tensión se dispondrán rótulos indicadores de peligro, escritos con claridad y de dimensiones suficientes para que su lectura sea fácil.
- c. Las lámparas indicadoras luminosas más comunes utilizadas en la señalización son: lámparas verdes y rojas, o lámparas de luz fija y parpadeante, estas son generalmente utilizadas en los sistemas de mando.

El modo de uso depende del caso y de la asignación, en el hospital general, se utiliza una luz intermitente para indicar que el servicio de energía eléctrica se encuentra enganchado al sistema de la empresa eléctrica y en operaciones normales. Se usa una luz verde fija para indicar que trabaja con la EEGSA, y una de color roja indica que el seccionador esta conectado al sistema de emergencia alimentada por una de las fuentes generadora.

2.1.4 Seguridad vial

Todas las rutas dentro de una subestación deben cumplir con las normas de seguridad, libranzas eléctricas para personal, como para vehículo. Para evitar accidentes e incomodidad a la hora de montar nuevos equipos dentro de la subestación.

Para el caso de la subestación del hospital general por tratarse de una tipo interior, las libranzas se cumplen con una jaula de malla galvanizada que evita el acceso a cualquier persona a las instalaciones de la misma, a excepción de personal de mantenimiento. La seguridad vial en una subestaciones tiene mucho que ver con las libranzas eléctricas y de seguridad.

Según normas ANSI es necesario considerar la altura sobre el nivel del mar, la presión barométrica en cm. de mercurio (Hg.) y la temperatura en grados centígrados.

Las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de las libranzas eléctricas en una subestación están en función de las distancias de fase a tierra y constantes para cada caso, dependiendo si el cálculo es para personal o vehículo, como se detallan.

Distancias de seguridad para personal

$$D_h = D_{ft} + 0.9$$

$$D_v = D_{ft} + 2.25$$

Distancias de seguridad para vehículos

$$D_h = D_{ft} + 0.7$$

$$D_v = D_{ft} + 0.5$$

Donde: D_h = distancia horizontal

D_v = distancia vertical

D_{ft} = distancia de fase a tierra

La distancia de fase a tierra esta dada por.

$$D_{ft} = (T_{cf} \text{ diseño}) / (550 \text{ kv-m}) \quad y$$

$$T_{cf} \text{ diseño} = (T_{cf} \text{ normal} \times h) / \& \quad y$$

$$T_{cf} \text{ normal} = \text{BIL} / 0.961$$

$$\& = (3.92 * b) / (273 * T)$$

Donde:

b = presión barométrica en cm.

T = temperatura en grados centígrados

$T_{cf} \text{ diseño}$ = tensión critica de flameo de diseño

$T_{cf} \text{ normal}$ = tensión critica de flameo normal, esta última esta en función de la temperatura, la presión barométrica y las constantes 3.92, 273.

BIL = nivel de aislamiento al impulso, no es mas que un nivel de aislamiento adoptado por la comisión eléctrica internacional corresponde a los niveles de tensión sobre el nivel del mar iguales o menores a 1000 metros, como altura normalizada.

2.1.5 Equipo contra incendio

En hospitales como el general San Juan de Dios existen varios puntos en donde se puede producir un incendio estos lugares pueden ser ductos eléctricos, canalizaciones con gran cantidad de cables, interruptores, transformadores, motores, plantas eléctricas, transformadores de corriente, transformadores de potencia y tableros eléctricos.

Esto obliga a contar con equipos contra incendio, en diferentes puntos. Existen medidas normalizadas y en gran escala para subestaciones eléctricas de gran tamaño en el orden de los megavolt-amperios, entre los más conocidos tenemos:

- separación adecuada entre transformadores
- muros separadores, no combustibles, entre transformadores
- fosas
- sistemas fijos, a base de polvo químico seco
- sistemas fijos a base de halón
- sistemas fijos a base de dióxido de carbono
- sistemas fijos a base de agua pulverizada.

2.1.6 Equipo de protección personal

Los elementos de protección personal constituyen una ayuda valiosa e indispensable en el control o aminoramiento de la potencialidad de los peligros en los procesos industriales, sin embargo, es necesario tener claramente establecido el método más efectivo para controlar los peligros del ambiente de trabajo, y nunca utilizar los dispositivos de protección personal como medida de control de riesgo.

Los dispositivos de protección más importantes son: cascos, anteojos con o sin anteojeras, mascararas con lentes de protección, protectores de los oídos, protectoras de las vías respiratorias, protecciones para los pies y protecciones de manos y brazos. Es necesario conocer la importancia de cada uno y su clasificación.

a- Cascos

Clase A: proporcionan protección contra impactos, lluvias, fuego, sustancias químicas y su resistividad al paso de la corriente eléctrica es de 2,200 voltios.

Clase B: es el indicado para linieros que trabajan en baja tensión ya que aparte de cumplir con todas las condiciones de la clase A, tiene una capacidad de hasta 15,000 voltios.

Clase C: no son recomendables para trabajos eléctricos ya que son conductores de la electricidad. Aunque su construcción y diseñado es para altos impactos.

Clase D: son conocidos como cascos de bombero por su construcción y estilo tienen las mismas características de la clase A.

Los materiales empleados en la fabricación de estos elementos de seguridad deben ser resistentes al agua, solventes, aceite, ácidos, fuegos y malos conductores de electricidad, excepto los de la clase C entre los materiales de fabricación tenemos:

- plásticos laminados moldeados bajo altas presiones
 - fibras de vidrio impregnadas en resinas (poliéster)
 - aleación de aluminio
 - materiales plásticos de alta resistencia, al paso de la corriente eléctrica (poli carbonatos, poliamidas, etc.)
- b- **anteojos:** existen variedad dependiendo de la necesidad de uso. Pueden ser contra proyección de partículas, contra líquidos, humos, vapor de gases y contra radiaciones. Son sometidos a pruebas de dureza, una de estas pruebas es resistir el impacto de una bala de acero en caída libre con un peso de 44 gramos a una altura de 1.25 metros.
- c **Máscaras:** son elementos que protegen el rostro y los ojos, formados por una mascara provista de lentes para filtrar los rayos ultravioletas e infrarrojos, también hay variedad.
- d **Protectores de oídos:** hay variedad de diseño y estilos su uso permite reducir la intensidad del ruido que penetra las capas en valores que oscilan entre 30 y 35 db.
- e **Protectores de las vías respiratoria:** se clasifican en relación con la fuente de abastecimiento de aire al trabajador y pueden ser: purificadores de aire, suministradores de aire y oxígeno.

Los materiales con que se fabrican son:

-Cuero	Pvc
Polainas	Hule

- g- **guantes:** se clasifican de acuerdo a los materiales que se utilizan en su confección como de elementos de protección. Pueden ser de cuero curtido al cromo, de goma pura, material sintético y de asbesto.

2.2 Higiene industrial en el área eléctrica en hospitales

2.2.1 Condiciones de ambiente laboral.

Actualmente existen instituciones que velan por el cumplimiento de normas reglas y sistemas de seguridad que deben de cumplir las áreas de trabajo, las medidas a tomar dependen del tipo de producción atención o suministros, que prestan determinadas instituciones, fabricas o petroleras.

En el Hospital General todas las áreas requieren atención de ambiente laboral por tratarse se una institución sanitaria.

Nos concentramos en el área eléctrica, por ser nuestro tema de interés.

2.2.1.1 Ruido

Existen lugares de trabajo donde se producen altas cantidades de ruido, es necesario tener una noción de su intensidad en decibelios para tomar medidas de seguridad y proteger al personal que laboran en tales áreas suministrándoles equipos necesarios para proteger sus sentidos auditivos.

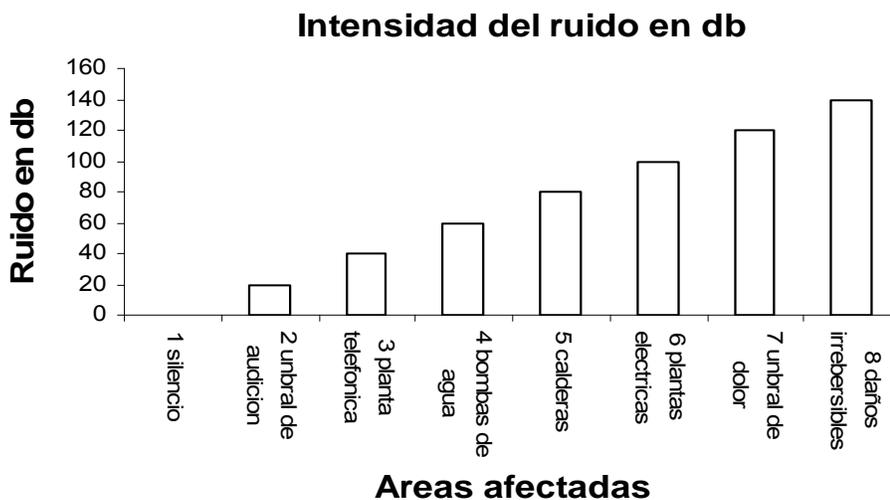
Ya que un ruido demasiado alto arriba de los 100 o 120 db. Provoca serios daños al sentido auditivo. Un ruido arriba de los 100 decibelios se encuentra en el umbral de dolor.

La tabla V muestra las diferentes intensidades de ruidos producidos por diferentes fuentes, para tener una idea mas clara.

En el hospital general san Juan de Dios el personal que trabaja en plantas eléctricas, calderas y bombas de agua se enfrenta constantemente a ruidos arriba de los 80 db.

En la sección de plantas eléctricas los operadores se exponen cada ocho días a un ruido arriba de los 100 db, esto se debe a la activación en modo automático de las unidades generadoras a modo de prueba para evitar cualquier falla de arranque en el momento de una emergencia.

Tabla V Intensidad de ruido en decibelios



Fuente: Decibelímetro.

Tabla VI Efecto del ruido sobre el sistema auditivo

También se muestra las consecuencias sufridas por la exposición constante a ruidos según la tabla VI

órgano o sistema	factores naturales de envejecimiento	factores aceleradores
sentidos acelerados	se hacen menos agudos al irse perdiendo las células	proceso por la constante exposición a ruidos
ruptura de tímpano	perdida total o parcial de la audición	exposición a ruidos arriba de los 120 db

Fuente: IEEE vo. 53 número 10 1965

2.2.1.2 Polvo y mota

Son factores indeseables en las maquinas y en los humanos ya que causan severos daños, la acumulación de polvo mas humedad causa severos daños de aislamiento en motores, generadores, sistemas eléctricos y tableros electrónicos. Su tratamiento es aconsejable que sea con aspiradora, ya que los daños provocados en los humanos es bastante considerable.

El síndrome del malestar respiratorio agudo es una de las dos enfermedades causadas al hombre por los virus. El polvo de las heces de roedores infectados por el virus es arrastrado por el viento e inhalado. El virus penetra en los pulmones e inicia la infección. En el curso de una semana se declara un cuadro parecido al de la gripe seguido de acumulación de líquido y leucocitos en los pulmones, lo que provoca insuficiencia respiratoria y la muerte.

2.2.1.3 Temperatura

En todas las maquinas eléctricas y electrónicas, uno de los factores que requieren mayor control y una constante vigilancia es la temperatura por su efecto en la fatiga alteración, dilatación, y destrucción del aislante en diferentes dispositivos como elemento mas vulnerable con un aumento de temperatura, aunque la temperatura juega un papel muy importante en diferentes materiales y seres vivos.

La temperatura desempeña un papel importante para determinar las condiciones de supervivencia de los seres vivos. Así, las aves y los mamíferos necesitan un rango muy limitado de temperatura corporal para poder sobrevivir, tienen que estar protegidos de temperaturas extremas.

Las especies acuáticas sólo pueden existir dentro de un estrecho rango de temperaturas del agua. Por ejemplo, un aumento de sólo unos grados en la temperatura de un río como resultado del calor desprendido por una central eléctrica puede provocar la contaminación del agua y matar a la mayoría de los peces originarios.

Los cambios de temperatura también afectan de forma importante a las propiedades de todos los materiales. A temperaturas árticas, por ejemplo, el acero se vuelve quebradizo y se rompe fácilmente, y los líquidos se solidifican o se hacen muy viscosos, ofreciendo una elevada resistencia por rozamiento al flujo. A temperaturas próximas al cero absoluto, muchos materiales presentan características sorprendentemente diferentes. A temperaturas elevadas, los materiales sólidos se licuan o se convierten en gases; los compuestos químicos se separan en sus componentes.

Según el código eléctrico nacional NEC 1999 310-10 ningún conductor se debe utilizar de modo que su temperatura de funcionamiento supere la temperatura para la cual se diseña el tipo de conductor aislado al que pertenezca.

En ningún caso se deben unir los conductores de modo que con respecto al tipo de circuito, el método de instalación aplicado al número de conductores se supere el límite de temperatura de alguno de los conductores ya que será la razón de cualquier problema.

Considerando como elementos importantes el cobre y el aluminio como materiales más utilizados en la fabricación de conductores de diferentes calibres y aplicaciones se analizan en tablas su respuesta con cambios de corriente y temperatura considerando límites máximos y mínimos.

Los principales determinantes de la temperatura de funcionamiento son:

- a- Temperatura ambiente. Puede variar a lo largo del conductor y con el tiempo.
- b- El calor generado interiormente en el conductor por el paso de la corriente incluyendo las corrientes fundamentales y de sus armónicos.
- c- La velocidad de disipación del calor generado al medio ambiente. El aislamiento térmico que cubre o rodea a los conductores afectará la velocidad de disipación de calor.
- d- Los conductores adyacentes portadores de corrientes. Los conductores adyacentes tienen el doble efecto de elevar la temperatura ambiente e impedir la disipación de calor.

3 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

3.1 Recomendaciones de conservación

La labor del departamento de mantenimiento del hospital general San Juan de Dios, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajo, ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desempeño y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo es una lucha de muchas empresas. Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados.

Cualquier sofisticación del sistema debe ser contemplada con gran prudencia en evitar, precisamente, de que se enmascaren dichos objetivos o se dificulte su consecución.

En el caso de mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

Figura 12 Criterios de la gestión del mantenimiento

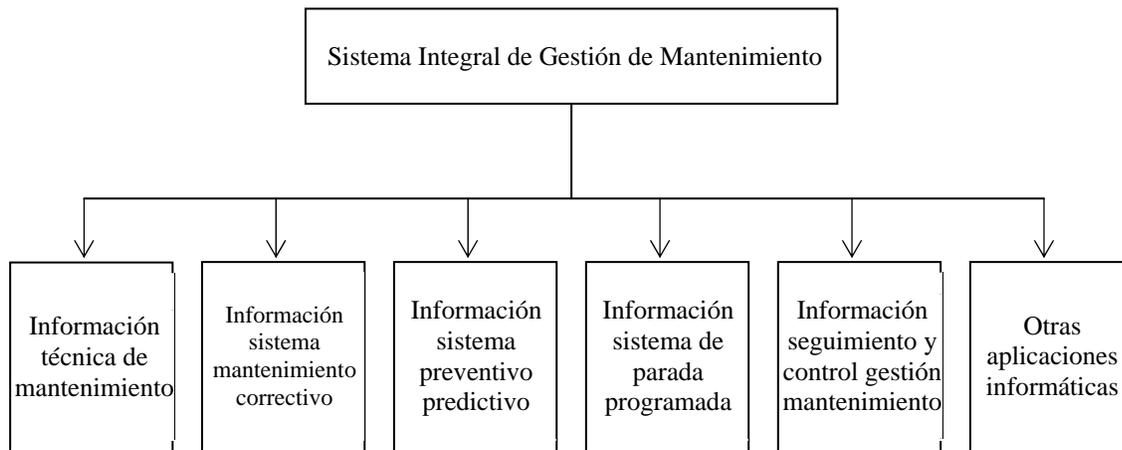
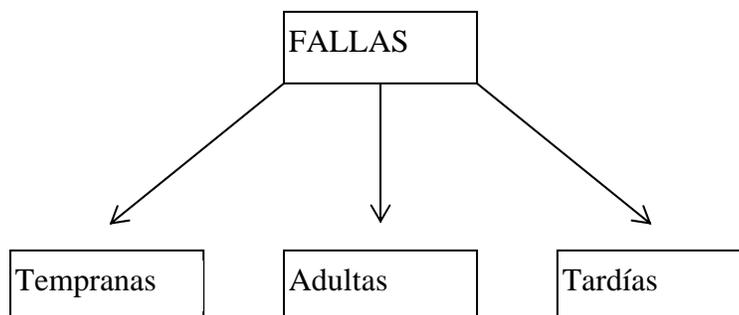


Figura 13 Clasificación de las Fallas



a- Fallas Tempranas

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

b- Fallas adultas

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodos, cambio de cojinetes de una máquina, cambio de contactores, terminales, conectores etc.).

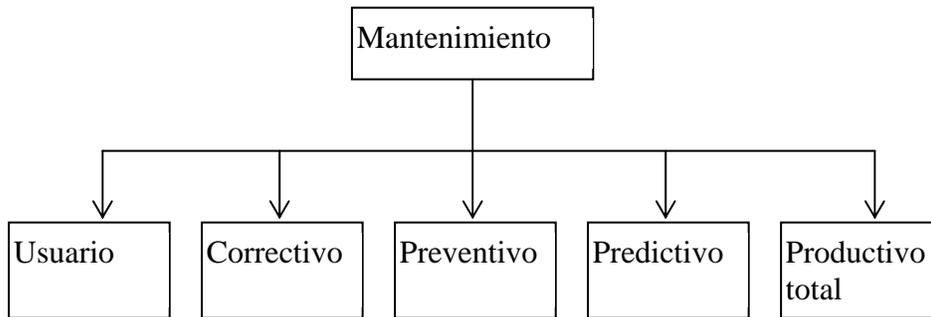
c- Fallas tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida útil del equipo, como: envejecimiento del aislamiento de un transformador, motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, tiempo de vida útil caducado o discontinuidad en el mercado.

3.1.1 Tipos de mantenimiento para la recomendación de conservación

Es recomendable la aplicación de los cinco métodos de mantenimiento para una buena conservación de la maquinaria e infraestructura de cualquier empresa y evitar fallas que se presentan en el sistema.

Figura 14 Tipos de Mantenimiento



3.1.1.1 Mantenimiento para usuario

En este tipo de mantenimiento se responsabiliza al primer nivel de mantenimiento a los propios operarios de máquinas.

Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta donde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

3.1.1.2 Mantenimiento correctivo

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación. Dentro de este tipo de mantenimiento podríamos contemplar dos tipos de enfoques:

Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo)

Este se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provoco la falla.

Mantenimiento curativo (de reparación)

Este se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla. Suelen tener un almacén de recambio, sin control, algunas cosas hay demasiado y de otras quizás de más influencia no hay piezas, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla. Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar y rebajar costos.

Conclusiones

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en rebajar el correctivo hasta el nivel óptimo de rentabilidad para la empresa.

El correctivo no se puede eliminar en su totalidad por lo tanto una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada e intentará realizar la reparación de manera definitiva. Es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

Ventajas

- Si el equipo esta parado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos serán en tiempo minimo.

- No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.
- Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantanea en la producción, donde la implantacion de otro sistema resultaría poco económico.

Desventajas

- Se producen paradas y daños imprevisibles en la produccion que afectan a la planifiacion de manera incontrolada.
- Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

3.1.1.3 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periodicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable

Características

Basicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyandose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los historiales obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

Ventajas

- Si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.
- El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.
- Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.
- Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

Desventajas

- Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.

- Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.
- Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso.

3.1.1.4 Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

Ventajas

- La intervención en el equipo o cambio de un elemento. Nos obliga a dominar el proceso y a tener datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

Desventajas

- La implantación de un sistema de este tipo requiere una inversión inicial importante, los equipos y los analizadores de vibraciones tienen un costo elevado. De la misma manera se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.

- Se debe tener un personal que sea capaz de interpretar los datos que generan los equipos y tomar conclusiones en base a ellos, trabajo que requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Por todo ello la implantación de este sistema se justifica en máquina o instalaciones donde los paros intempestivos ocasionan grandes pérdidas, donde las paradas innecesarias ocasionen grandes costos.

3.1.1.5 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

Mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema Japonés de mantenimiento industrial la letra M representa acciones de MANAGEMENT y Mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra “Productivo” o “Productividad” de equipos pero hemos considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como “Perfeccionamiento” la letra T de la palabra “Total” se interpreta como “Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa”.

Definición

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa “El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos”.

Objetivo

El sistema esta orientado a lograr:

- Cero accidentes
- Cero defectos.
- Cero fallas.

Este sistema nace en Japón, fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa japonesa Nippondenso del grupo Toyota y se extiende por Japón durante los 70, se inicia su implementación fuera de Japón a partir de los 80.

Ventajas

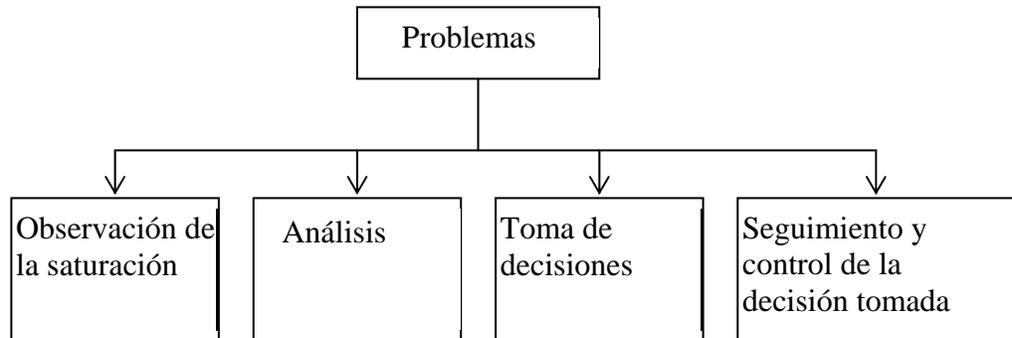
- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
- El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.

Desventajas

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere de varios años.

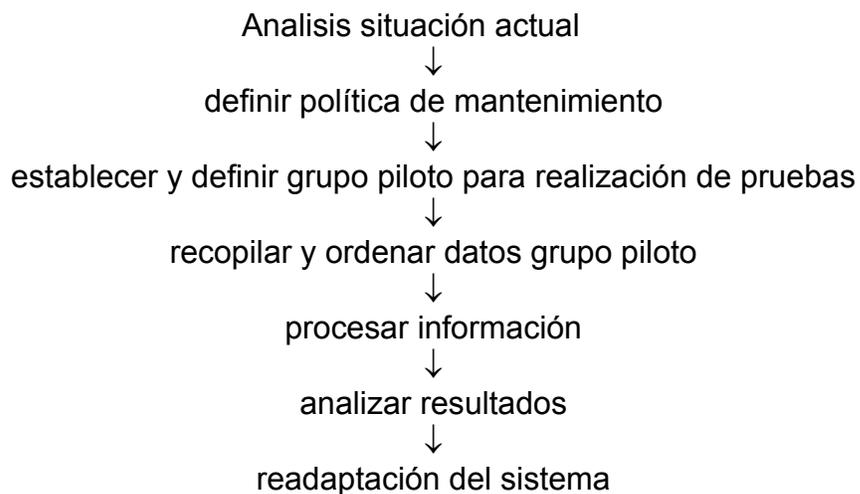
Para mejorar el control de problemas que suscitan en el san Juan de Dios se recomienda el siguiente método para análisis y control.

Figura 15 Conceptos generales de solución de problemas



La aplicación de estos metodos optimiza tiempo recursos y reduccion de accidentes.

3.1.1.6 Método implementación de gestion de mantenimineto



La aplicación de este método o gestión de mantenimiento se recomienda para el control y buen funcionamiento de diferentes sistemas industriales

3.1.2 Sistema de combustible

El sistema de combustible del hospital General San Juan de Dios es controlado por un logo que se encarga de activar y desactivar este sistema en modo automático.

Este sistema espera una señal de entrada ya sea por nivel de combustible por un star manual o automático, con esta señal son activados los siguientes dispositivos, electroválvula que controla el paso del combustible también es arrancado el motor y al mismo tiempo es activado un temporizador para poner a funcionar el motor a bajas revoluciones por cuatro segundos después de este tiempo entra la etapa de altas revoluciones alcanzando así el generador sus condiciones normales de operación.

Para dar mantenimiento a este sistema es necesario personal capacitado ya que exige amplios conocimientos sobre electrónica programación y electricidad industrial, una falla puede presentarse en una electroválvula, en un temporizador, en el logo o el plc que controla el programa principal de todo el sistema.

3.1.3 Sistema de transferencia

Según su finalidad se clasificarán en:

- Sistemas de emergencia
- Sistemas de corte de puntas
- Sistemas de cogeneración

Los sistemas de emergencia entrarán en funciones cuando la energía de la red pública no esté disponible y requerirán para su entrada en servicio de un sistema de partida o un sistema de transferencia. Estos sistemas pueden ser de accionamiento manual o automático. Se entenderá por transferencia el proceso de traspaso de carga desde la red pública al sistema de autogeneración o viceversa.

Los sistemas de corte de punta están destinados a eliminar o disminuir la demanda de potencia de una instalación en el horario de punta y de acuerdo a la forma en que se haga la transferencia puede operar de dos maneras:

- **Sistemas de transferencia abierta**, cuando el traspaso de consumos desde la red pública al sistema de corte de puntas se haga sin interconexión eléctrica entre ambos sistemas
- **Sistemas de transferencia cerrada**, en caso que el sistema de corte de puntas y la red pública permanezcan interconectados en forma momentánea, mientras dura el proceso de traspaso de carga.

Para efectos de proyectar y dimensionar el esquema de protecciones de un sistema de corte de puntas de transferencia cerrada éste deberá tratarse como un sistema de cogeneración.

En la zona, el horario de punta corresponde al lapso comprendido entre las 18 y las 23 horas del período de invierno, entre el 1 de Mayo y el 30 de Septiembre de cada año. Este período podrá variar de acuerdo a lo dispuesto en el Decreto tarifaria correspondiente según AMM

Un sistema de cogeneración corresponde a un sistema de autogeneración en que una parte de la demanda la sule la autogeneración, y la parte restante la entrega la red pública. Esto exige el funcionamiento en paralelo de la autogeneración y la red.

La superintendencia llevará un registro nacional actualizado de todos los sistemas de cogeneración o de corte de puntas con transferencia cerrada, en operaciones el cual será puesto en conocimiento de las Empresas Eléctricas Concesionarias locales. En este registro se consignarán: el período de operación del sistema, horario de conexión y desconexión y tiempo estimado de permanencia de la condición paralelo entre el sistema y la red pública. La actualización de los datos de este registro será semestral.

Cualquier puesta en paralelo del sistema con la red pública fuera del período acordado en los términos del registro se deberá coordinar en cada oportunidad con la Empresa Eléctrica Concesionaria local; de no ser posible esta coordinación no podrá efectuarse la puesta en paralelo.

3.1.3.1 Sistemas de emergencia

Los sistemas de emergencia serán necesarios en recintos asistenciales, educacionales, hoteles, teatros, recintos deportivos, locales hospitales y todo local o institución de finalidades similares.

También deberán contar con el respaldo de sistemas de emergencia aquellos procesos industriales cuya interrupción accidental pueda provocar daños ambientales severos.

En el empalme y/o en el tablero general de toda instalación de consumo que cuente con un respaldo de un sistema de emergencia de transferencia y partida automáticas, se deberá colocar en forma fácilmente visible un letrero indicando esta condición e indicando la forma en que este sistema de emergencia se debe desconectar en caso de siniestros, cuando es necesario que la instalación quede totalmente des-energizada.

Los sistemas de emergencia alimentarán consumos tales como sistemas de sustentación de funciones biológicas vitales y sus sistemas periféricos esenciales para su funcionamiento, alumbrado y fuerza en salas de cirugía de centros asistenciales, sistemas de alarma contra incendio o contra robos, sistemas de combate y extinción de incendios, sistemas de alumbrado de escape y circulación de emergencia y todo otro consumo de características similares.

Aquellos procesos o sistemas industriales cuya interrupción provoque pérdidas económicas y que por esa razón sus usuarios o propietarios decidan alimentarlos desde una fuente alternativa a la red pública, no se considerarán sistemas de emergencia.

Las instalaciones pertenecientes a un sistema de emergencia se canalizarán mediante métodos y sistemas adecuados según normas y todos los equipos empleados, distintos de los equipos convencionales, deberán ser aprobados para el uso específico en sistemas de emergencia.

Los sistemas de emergencia deberán ser probados periódicamente para comprobar su perfecto estado de funcionamiento y asegurar su correcto mantenimiento. De estas pruebas, por lo menos una cada año deberá ser supervisada por la superintendencia o por el organismo inspectivo que ésta designe.

Se llevará un registro escrito de las pruebas periódicas efectuadas al sistema de emergencia, en el cual se indicara las frecuencias con que estas pruebas se efectúan, las pruebas hechas y sus resultados. Este registro estará disponible cada vez que la superintendencia lo requiera, en particular en cada ocasión en que se hagan las pruebas bajo su supervisión.

En donde se utilicen baterías como fuente de alimentación para sistemas de emergencia, para hacer partir grupos de motor generador o para alimentar circuitos de control, deberá efectuarse un mantenimiento periódico, de acuerdo a las indicaciones del fabricante o las prácticas normales para estos casos.

Los elementos de control adecuados para probar el funcionamiento del sistema de emergencia en cualquier momento se ubicarán en el tablero general de la instalación, el tablero de transferencia u otra ubicación accesible que sea igualmente satisfactoria.

a- Clasificación de los sistemas de emergencia.

Desde el punto de vista de las necesidades de continuidad de servicio para asegurar el normal desarrollo de los procesos o actividades ligados al funcionamiento de sistemas de emergencia, éstos se clasificarán como sigue:

Grupo 0. En este grupo se encuentran aquellos sistemas de emergencia que alimenten consumos que, por la naturaleza de su finalidad no toleran interrupciones en su alimentación.

Grupo 1. En este grupo se encuentran aquellos sistemas de emergencia que alimenten consumos que no toleran interrupciones superiores a 0,20 segundos y variaciones de frecuencia no mayores a $\pm 0,5\%$.

Grupo 2. En este grupo se encuentran aquellos sistemas de emergencia que alimenten consumos que no toleran interrupciones superiores a 15 segundos.

Grupo 3. En este grupo se encuentran aquellos sistemas de emergencia que alimenten consumos que toleran interrupciones superiores a las indicadas pero en ningún caso superiores a 15 minutos. Esta clasificación es según normas ISO 9001 - 2000

b- Alimentación de sistemas de emergencia

La alimentación de sistemas de emergencia deberá hacerse en cada caso, mediante alguno de los métodos que se indican adelante, de modo de asegurar que la energía esté disponible en un tiempo no superior al previsto.

En donde sea necesario se deberá usar más de una fuente para alimentar sistemas de emergencia independientes. Las fuentes de alimentación de los sistemas de emergencia deberán tener capacidad y condiciones de funcionamiento adecuados para la operación de todos los equipos conectados a ellos.

Las fuentes de alimentación aceptadas para alimentar sistemas de emergencia y las características generales que ellas deben cumplir son las siguientes:

c- Baterías de acumuladores. Los acumuladores que se utilicen para alimentar sistemas de emergencia deberán ser de tipo estacionario; no se permitirá el uso de baterías de vehículos.

- Los sistemas de emergencia alimentados por baterías podrán funcionar con una tensión de servicio distinta de la del sistema normal. Estando en funcionamiento la batería deberá tener capacidad y características tales como para mantener una tensión no menor al 85% del valor nominal, durante un periodo no inferior a 90 minutos, alimentando toda la carga conectada a este sistema.
- Se preferirá el uso de baterías libres de mantenimiento; sin embargo, donde se usen baterías plomo - ácido que requieran verificaciones periódicas del nivel del electrolito y en que se le deba agregar agua para mantener dicho nivel, éstas deberán tener vasos transparentes.
- Las baterías irán montadas sobre soportes y bajo ellas se colocarán bandejas que cumplan las siguientes condiciones:
 - Los soportes podrán ser de madera tratada, de metal tratado o materiales tales como fibra de vidrio, de modo que sean resistentes a la corrosión provocada por acción del electrolito. En todo caso, las partes del soporte que estén en contacto directo con las baterías deberán ser de material no conductor.

- Las bandejas irán colocadas bajo las baterías y serán de madera tratada u otro material no conductor resistente a la acción corrosiva del ácido.
- Las baterías estarán ubicadas en un recinto adecuadamente ventilado, de modo de evitar la acumulación de una mezcla gaseosa explosiva.

d- Grupos motor -generador

Los grupos motor - generador accionados por motores de combustión interna podrán utilizarse para alimentar sistemas de emergencia; aquellos grupos motor generador destinados a servir sistemas del grupo 1 y grupo 2 deberán contar con equipos de control, que aseguren la transferencia automática; los que alimentan sistemas del grupo 3 podrán ser de transferencia manual

- Estos grupos motor generador deberán contar con un depósito de combustible que permita su funcionamiento a plena carga durante 90 minutos por lo menos.
- Los equipos que utilicen baterías para su partida deberán tener un cargador automático.

e- Empalmes separados

Para sistemas clasificados en el grupo 3 se aceptará como alimentación del sistema de emergencia un empalme distinto del principal, el cual deberá ser tomado desde un alimentador de la red de distribución distinto al del empalme principal.

f- Unidades auto energizadas

Para sistemas de alumbrado de emergencia se podrán utilizar unidades auto energizadas las que consisten en una batería recargable, libre de mantenimiento, un cargador, una o más lámparas montadas en la unidad, terminales que permitan la conexión de lámparas remotas y un sistema de control que conecte automáticamente las lámparas cuando falle la energía de la red pública. La capacidad y características de la batería deberán ser tales como para mantener el 87,5% de su tensión nominal durante 90 minutos, a plena carga. Las unidades deberán montarse fijas en su ubicación, no removibles sin uso de herramientas y podrán ser alimentadas desde los circuitos normales de alumbrado, a través de enchufes montados a una altura conveniente.

g- Unidades de potencia sin interrupción (UPS).

Las UPS consistirán en un banco de baterías el cual, mediante un sistema convertidor, transformará la tensión continua de salida en una tensión alterna casi sinusoidal con los valores nominales de tensión y frecuencia del sistema normal.

Las UPS alimentarán a los consumidores del Grupo 0 y deberán tener una autonomía suficiente como para permitir la entrada en funciones a plena carga de un sistema de alimentación de emergencia alternativo que sea capaz de entregar la potencia requerida a condiciones nominales por un lapso de tiempo ilimitado.

3.1.3.2 Sistemas de corte de puntas

Un sistema de corte de puntas de transición abierta deberá contar con un circuito de control que le permita entrar en funcionamiento sólo cuando los consumos servidos estén separados de su fuente de alimentación principal. Este circuito de control podrá ser manual o automático, pero en ambos casos deberá contar con los enclavamientos necesarios para evitar la interconexión de la fuente de autogeneración con la fuente principal.

Un sistema de corte de puntas de transición cerrada se considerará como sistema de cogeneración y por lo tanto su equipamiento deberá cumplir las condiciones de aquellos, no importando lo corto que sea el período de permanencia en paralelo de la fuente principal y la fuente de autogeneración.

3.1.3.3 Sistemas de cogeneración

Un sistema de cogeneración está destinado a funcionar en paralelo con la red pública por períodos de tiempo prolongados o indefinidos; por ello debe contar en su implementación con todo el equipamiento y protecciones necesarias para un adecuado funcionamiento, tanto desde el punto de vista técnico como el de seguridad, sean éstos los del propio sistema de cogeneración como los de la red a la cual se va a conectar. Para ello hay que considerar.

Período de operación del sistema.

Horario de conexión del sistema.

Horario de operación del sistema.

Tiempo máximo de permanencia en paralelo, en caso de sistemas de corte de puntas con transición cerrada. Para el control de sus parámetros de funcionamiento y de sincronización con la red, un sistema de cogeneración debe contar a lo menos con los siguientes equipos

- Voltímetros que midan simultáneamente las tensiones de red y de fuente.
- Frecuencímetros que midan simultáneamente las frecuencias de red y de fuente.
- Medidor del factor de potencia del consumo.
- Sincronoscopio, para sistemas de puesta en paralelo manual se aceptará como alternativa el uso de luces de sincronización.

Para la protección y el control de la puesta en paralelo o separación de la fuente y la red en forma manual o automática el sistema de cogeneración deberá contar con los siguientes equipos

- Contactores o interruptores de mando motorizado remoto.
- Disyuntores de fuente y de red que permitan su desconexión por sobre carga o cortocircuito.
- Un relé de potencia inversa de alta sensibilidad para prevenir la energización de la red por la fuente de cogeneración cuando la red se des-energice por cualquier motivo programado o accidental.
- Un relé de sincronismo que permita la puesta en paralelo automática cuando se alcance las condiciones de paralelismo.
- Un control de repartición de cargas de accionamiento manual o automático.

3.1.3.4 Planta de emergencia

Actualmente, el suministro de energía eléctrica es de gran importancia en la alimentación de los sistemas eléctricos, ya que perturbaciones en la red de alimentación pueden causar alteraciones desde el punto de vista operativo, técnico y económico.

Por lo que se hace necesario tener una fuente de respaldo que cumpla con los requerimientos del mismo sistema.

Dependiendo del tiempo de perturbación de la red de alimentación, se pueden emplear diferentes formas de respaldo de energía, las más comunes: Unidades de Potencia Ininterrumpibles (U.P.S.) las cuales tienen tiempos de respuesta que van desde los 4 hasta los 500 milisegundos o Plantas Eléctricas de Emergencia las cuales tienen tiempos de respuesta de 3 a 9 segundos.

- a- Cuando por alguna causa existe una perturbación de voltaje (alto, bajo o ausencia) arranca la planta de emergencia y se realiza la transferencia.
- b- Al cambio de Posición del interruptor de la posición normal (N) a la de emergencia (E) se le llama transferencia.
- c Cuando se restablece el sistema de suministro normal, es decir, el voltaje vuelve a los valores permisibles de operación, entonces la carga es alimentada nuevamente por la compañía suministradora.
- d Al cambio de posición del interruptor de la posición de emergencia (E) a la posición de normal (N) se le llama retransferencia

3.1.4.1 Componentes del sistema

- a motor, diesel cuatro tiempos
- b panel de control vibro-aislado con instrumentación analógica -electrónica
- c generador, sin escobillas, reconectable
- d regulador de voltaje, electrónico
- e sistema de enfriamiento
 - a radiador
 - b base / patín

3.1.4.2 Planta de emergencia con motor de combustión interna

Utiliza la energía térmica desprendida de la combustión para producir un movimiento mecánico a una flecha que está acoplada al rotor de un generador y que por inducción electromagnética va a producir un voltaje en las terminales de este último.

Tomando en consideración los aspectos anteriores, clasificaremos a una planta de combustión interna de la siguiente forma.

	COMBUSTIBLE	Gas Natural Gas Lp Gasolina Diessel
PLANTA CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	OPERACIÓN	Automática Manual
	SERVICIO	Continuo Emergencia

Las plantas con motor de combustión interna generalmente utilizan diesel, por las ventajas que representa con respecto a las que utilizan gasolina o gas.

Es decir, el combustible es más barato, desarrollan más potencia, tienen mayor relación de compresión, mayor eficiencia y aprovechan mejor la energía térmica desprendida del combustible.

Una planta es automática cuando opera por si sola, realizando cinco funciones:

- Arrancar
- Proteger
- Transferir carga
- Retransferir carga
- Paro

Solo requiere de supervisión y mantenimiento preventivo. Son utilizadas en industrias, centros comerciales, hospitales, hoteles, aeropuertos, etc.

Operación manual: son aquellas que requieren para su operación manual un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Se dice que una planta es manual cuando solo PROTEGE.

Las plantas se clasifican por el tipo de servicio que prestan en:

- a- SERVICIO CONTINUO: Son aquellas que operan por varias horas, entre 300 y 500 horas por año. Y se utilizan en lugares alejados donde las Compañías Suministradoras no tienen acceso, por ejemplo, en las estaciones receptoras de radio y televisión, en lugares donde se tengan computadoras (centros de cómputo), aserraderos, etc.

- b- SERVICIO DE EMERGENCIA: Son aquellas que operan hasta 300 horas por año. Y se utilizan en lugares donde se tienen sistemas de distribución por parte de las Compañías Suministradoras y donde se requiere que nunca falte la energía: Hoteles, Hospitales, Centros Comerciales, Aeropuertos, etc. Esto es el caso del hospital general.

Un motor diesel de la potencia necesaria para mover un grupo generador cuenta con cinco sistemas básicos:

- .
- .-Aire
- .-Escape
- .-Combustible
- .-Lubricación

.-Enfriamiento

.-Eléctrico

Circuitos electrónicos

- ♦ Control Maestro
- ♦ Medición
- ♦ Protecciones del motor
- ♦ Circuito de Control de Transferencia y Paro
- ♦ Sensor de voltaje
- ♦ Temporizadores
- ♦ Relevadores de carga

3.1.4.3 Detector de la planta de emergencia

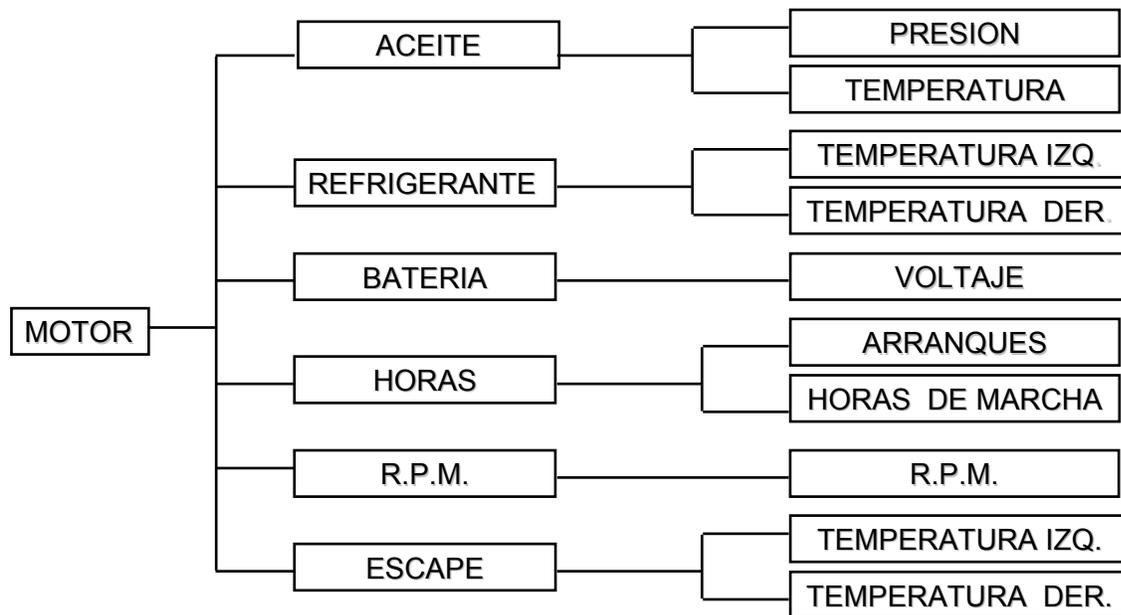
- ♦ Monitorea el rendimiento del motor y la salida de corriente alterna.
- ♦ Controla el encendido y apagado de la planta de emergencia.
- ♦ Conmutador de operación manual-automático-fuera.

- ♦ Vibro aisladores de goma protegen al panel electrónico y sus circuitos de la vibración de la planta.

- ♦ Instrumentación analógica, fácil de leer y de construcción robusta, permite una medición sin fluctuaciones.

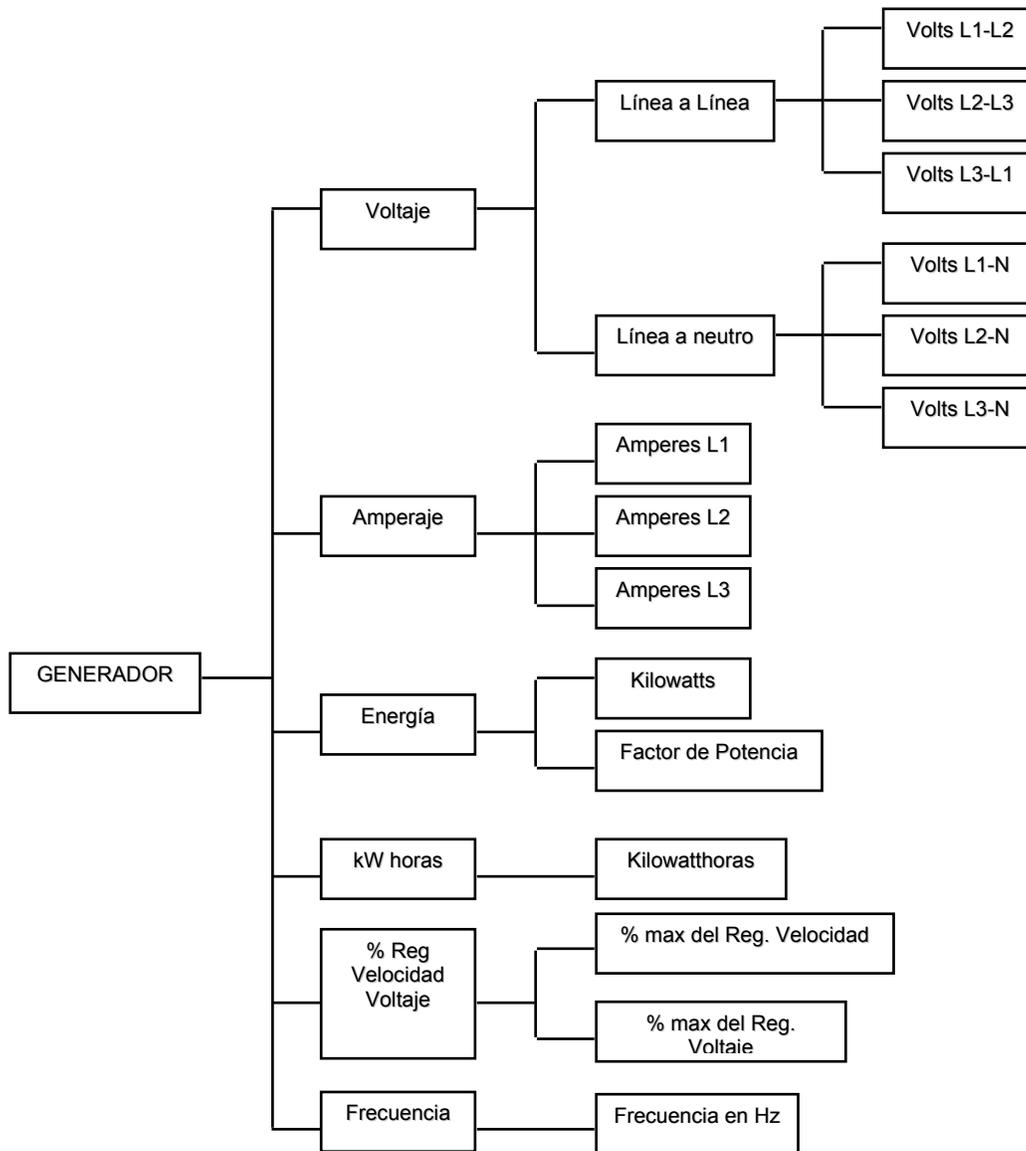
Figura 16 **Parámetros de motor**

Monitoreo de parámetros del motor



Fuente: hospital general San Juan de Dios.

Figura 17 Monitoreo de parámetros del generador



Fuente: Hospital general san Juan de Dios.

3.1.4.4 Tablero de transferencia

- El tablero de transferencia, es un gabinete metálico, el cual tiene integrado: una tarjeta de estado sólido, que cumple con la función de detectar voltaje en rangos ajustables a diferentes valores para la protección de equipos contra variaciones de voltaje de operación tanto en bajo como en alto voltaje, con operación de contactos e indicación luminosa.

El equipo de transferencia automática, mediante los dispositivos adecuados transfiere la carga del sistema normal al sistema de planta de emergencia en un tiempo no mayor de 50 milisegundos, por medio de relevadores que detectan la falla de tensión. Al restablecerse el sistema normal de energía el equipo de transferencia conecta de nuevo la carga al servicio normal en un tiempo variable entre cero y cinco minutos, para dar oportunidad a que el sistema de suministro se estabilice

Todo equipo de transferencia automática debe contener.

- a.- protecciones eléctricas y mecánicas que evitan que los contactos del lado normal y de emergencia queden conectados simultáneamente.
- b.- un dispositivo de tiempo ajustable para retardar de cero a cinco minutos la operación del equipo de transferencia al servicio normal y otro para retardar de cero a quince minutos el paro del motor, después de continuar su operación sin carga, por haberse reestablecido el suministro normal de energía eléctrica.

- c.- Dos relevadores sensibles a la baja tensión, ajustables para detectar además arrancar automáticamente la planta de emergencia, cuando la tensión del sistema exterior disminuya, como limite hasta un 70% de su valor normal, o pararla cuando la tensión se reestablezca por arriba del 90% del valor normal.
- d.- Un reloj programador a base de un control electrónico de tiempo que proporciona un sencillo y económico control de la planta eléctrica, con un programa. Realizando pruebas en vacío para que la unidad se encuentre en perfectas condiciones de operación.

El programador puede utilizarse como control para un período de 24 horas o semanales, para arrancar la planta eléctrica de manera automática y programada, ya que realiza las siguientes operaciones:

- censar el voltaje de alimentación.
- Dar señal de arranque a la planta cuando se presenta una ausencia, bajo o alto voltaje sobre el nivel adecuado.
- Dar señal al interruptor de transferencia para que haga su cambio (transferencia)
- Retardar la retransferencia para dar tiempo de normalización por parte de la compañía suministradora.
- Dar señal al interruptor de transferencia para que haga su cambio cuando se normaliza la alimentación (retransferencia).

- Retardar la señal de paro del motor para lograr un buen enfriamiento del mismo.
- Programar el arranque de la planta para ejercitarla.
- Permitir un simulacro de falla.

Componentes:

Un módulo central con microcontrolador el cual realiza:

- Las funciones de control de arranque, paro y protecciones del motor.
- El control de transferencia.
- Medición digital de los parámetros eléctricos (voltaje, frecuencia y corriente).
- Unidad básica de transferencia.
- Cargador de baterías.
- Lámparas de señalización de presencia de red y de emergencia.
- Selector de operación.
- Tablillas de conexiones y protecciones para los circuitos.

3.1.5 Cálculo de sistemas de ventilación

Para conseguir una buena ventilación en las áreas de los transformadores, a fin de evitar calentamientos excesivos se dispondrán entradas de aire adecuadas por la parte inferior, con salidas situadas siempre que sea posible en el lado opuesto y en la parte superior. Podría prescindirse de esta preocupación si, debido al clima la amplitud del local o el reducido régimen de carga, no fuesen de tener elevaciones anormales de temperatura. A temperaturas excesivas la ventilación podrá ser forzada si así lo exigen las condiciones de funcionamiento de los transformadores.

a.- Cálculo de flujo de aire

El flujo de aire requerido para mantener un incremento específico de temperatura en un cuarto de generadores o transformadores eléctricos se calcula con la fórmula siguiente. Según ASHRAE-2004 pp.115.

$$M = Q / Cp * T * d$$

Donde:

M = cantidad de aire necesaria en ft³/min o m³/min

Cp = calor específico a presión constante 0.241 BTU/lb.-°F, (1.01MJ/Kg.-°C)

Q = rechazo de calor al cuarto de generadores u otras fuentes de calor
BTU/min. (MJ/min.).

T = incremento de temperatura en el cuarto de generador, sobre la temperatura ambiente exterior, °F (°C).

D = densidad del aire; 0.0754 lb. /ft³, (1.21 Kg. /cm.).

Lo que se puede reducir a:

$$M = Q / (0.241 * 0.0754 * \Delta T) = 55.0 * Q / \Delta T \text{ * ft}^3 / \text{min} \text{ o } 81.8 * Q / \Delta \text{ m}^3/\text{min}$$

El flujo total del aire en el cuarto es el valor calculado por esta ecuación más el aire de la combustión requerida para el motor. En este calculo los factores mayores son obviamente, el calor irradiado al cuarto por el generador u otros equipos y el incremento de temperatura máximo permisible. Puesto que el rechazo de calor al cuarto esta fundamentalmente relacionado con el tamaño en kw del generador o transformador y ese rango esta controlado por la demanda local del edificio, la mayor decisión a hacer por el diseñador en cuanto a la ventilación es el control de incremento de temperatura en el cuarto.

El siguiente procedimiento se recomienda para calificar y diseñar un sistema de ventilación

Medir la diferencia de temperatura entre el cuarto y el exterior

Medir la temperatura exterior en la sombra

Verificar que el incremento de temperatura diseñado sea según las especificaciones del fabricante.

Si el incremento de temperatura diseñado a la temperatura del tanque superior se excede se requieren pruebas mas exactas de la instalación o correcciones en el diseño sistema.

Ejemplo de cálculo de flujo de aire de ventilación

La hoja de especificaciones de un generador recomendado indica que el calor irradiado por el generador alternador-motor, hacia el cuarto es de 4,100 BTU / min., el silenciador y 10 pies de tubo de 5 pulgada de diámetro.

Determine el flujo de aire requerido para mantener la temperatura a 30 °F.

Datos proporcionados

Rechazo de calor del generador	4100
Calor del tubo de escape 10*132	1320
Calor de silenciador	2500
Calor total al cuarto del generador	7920

El flujo de aire requerido para hacerse cargo del calor rechazado al interior del cuarto es proporcional a la entrada total de calor dividido entre el incremento permitido de temperatura de aire del cuarto.

$$M = 55 * Q / \Delta T$$

$$M = 55 * 7920 / 30 = 14,520 \text{ ft}^3 / \text{min.}$$

3.2 Cálculo de baterías y carga

Una batería es un conjunto de celdas conectadas en serie, cuya tensión nominal viene dada por la suma de las tensiones de cada celda. Según el tipo de electrolito con la que trabajan pueden ser alcalinas o ácidas.

3.2.1 Baterías tipo ácidas

Cada tipo tiene características especiales las ácidas están conformadas por las siguientes partes:

Recipiente: es un embase generalmente de poliestireno transparente o de vidrio, que permite la inspeccion de forma mas comoda de los elementos internos, tales son:

Placa: las placas positivas estan formadas por dióxido de plomo (PbO_2) y se fabrican de dos formas:

Placa empastada de una masa de dióxido de plomo, generalmente utilizada en la industria automotriz por ser mas economica, pero de menor duracion y con el uso sufre un rapido deterioro.

Placa multitubular, formada por una hilera de tubos fabricadas con malla de fibra de vidrio trensado dentro de las cuales se introduce una varilla de aleacion de plomo, al unir todos los tubos en su parte superior queda formulada la placa. Este metodo tiene la mayor ventaja de producir mayor energia por unidad de peso, evitando acumulacion de sedimentacion y alcanzando una vida promedio de hasta veinte años.

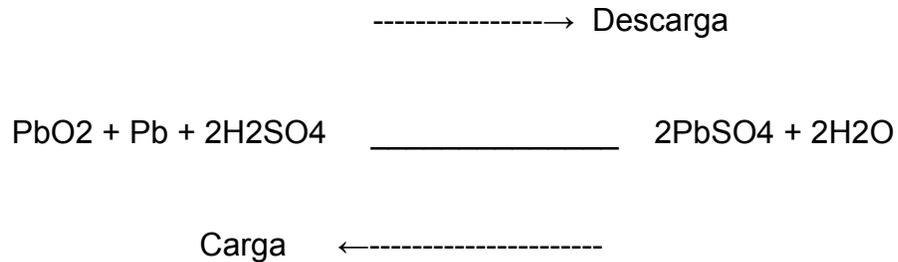
Las placas negativas tambien son planas formadas por plomo puro.

Separadoras: son aislantes que mantienen separadas las placas positivas de las negativas, generalmente son laminas ranuradas fabricadas de hule microporosas permitiendo asi la circulacion del electrolito.

Electrolito: generalmente es de acido sulfurico diluido en agua, su densidad es de 1.21 a plena carga.

Modo de operación de una celda del tipo acido, cuando una celda esta completamente cargada, en la placa positiva hay dióxido de plomo y en la negativa solamente plomo, ambas placas bañadas por el electrolito. Al cerrarse el circuito exterior de la bateria comienza la liberacion de la energia almacenada y el radical sulfato (SO_4) del electrolito se combina con el plomo contenido en las placas transformandose en sulfato de plomo y diluyendose el electrolito.

Cuando se invierte el circuito de nuevo comienza la carga en las celdas, esta absorbe energía eléctrica, restituyendo el radical sulfato SO₄ al electrolito y regresa al estado original. Como se muestra en la ecuación.



3.2.2 Baterías tipo alcalinas

Igual que las ácidas, las alcalinas poseen las siguientes características:
 Recipiente: construidos generalmente de plástico opaco por lo tanto no se pueden inspeccionar desde el exterior.

Placa positiva: formado por una hilera de tubos de malla de acero que contiene dióxido níquel.

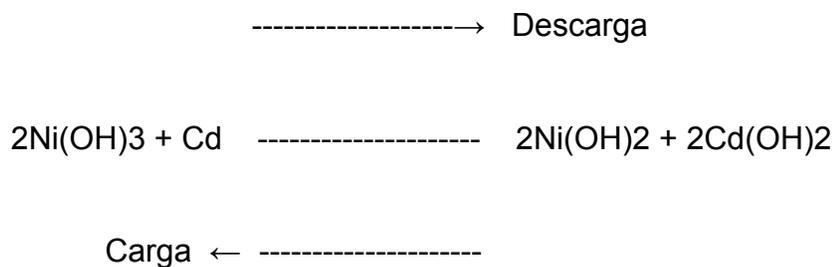
Placa negativa: es igual a la positiva pero rellena de dióxido de cadmio, el cual se reduce a cadmio metálico durante el proceso de carga.

Separadores: se usan barras de hule o de polietileno.

Electrolito: es una solución de dióxido de potasio con una densidad que oscila entre 1.6 y 1.9 a 25°C, esta oscilación no tiene nada que ver con la carga de la celda.

Las celdas tienen un promedio de vida útil de veinticinco años durante este tiempo es necesario cambiar el electrolito una tres veces debido al envejecimiento que se produce por el dióxido de carbono de la atmósfera.

Para un cambio completo del electrolito es necesario un tiempo de cincuenta horas. En la ecuacion muestra que el electrolito no produce reaccion, solamente conduce iones por lo que el estado del electrolito no es un indicador del estado de la bateria, aunque si su vejes. Las reacciones electrolquimicas de las celdas se muestran en la ecuacion.



3.2.3 Rutinas de mantenimineto para baterias

En el hospital general san Juan de Dios se trabaja con baterias de tipo acidas, en los servicios de plantas electricas, recien nacidos (RN) y quirofanos para los cuales se analizaron los siguientes espectos:

Eficinecia en ampere-hora. Es la relacion de los amperes-hora de salida entre los amperes-hora de entrada.

Eficinecia en watts-hora. Es la relacion de la energia de salida entre la energia de entrada, ambas en watts-hora.

Observaciones. Es necesario obserbar tablas que comparen tipos y caracteristicas de las baterias para analizar tiempos de carga, reposicion de agua y densidad, esto se logra gracias a la ayuda de un densimetro.

Temperatura; La temperatura afecta a cualquier tipo de batería ya que influye en la reacción química, el aumento de temperatura disminuye el tiempo de vida de la batería,

Gases. El hidrógeno que se produce en las baterías se debe a sobrecarga de los mismos y se produce durante las reacciones electroquímicas.

Es necesario que las baterías se instalen en áreas ventiladas ya que una concentración del 4% de hidrógeno se hace altamente explosivo.

Almacenamiento. Las celdas se pueden almacenar por tiempo indefinido sin electrolito, una vez humedecidas no pueden permanecer sin flotación.

Las tablas siguientes nos muestran las características, eficiencias y tiempos de operación de las baterías.

Tabla VII Comparación de baterías ácidas y alcalinas

Valores característicos de baterías

Tipo	Celdas	Flotación		I/AH	Igualación		Descarga	
		V _{pc}	V _t		V _{pc}	V _f	V _{pcf}	V _{tf}
Ácida	60	2.15	129	50 - 100	2.33	140	1.75	105
Alcalina	92	1.4	129	50 - 100	1.52	140	1.14	105

Donde:

V_{pc} = volts por celda

V_t = Volts en terminales

Vf = Volts en flotacion

I/AH = corriente en miliamperios por cada 100 AH/8h de capacidad de las celdas

Vpcf = Volts por celdas finales

Vtf = Volts en terminales finales

Tabla VIII Comparacion de eficiencias en las baterias acidas y alcalinas

Eficiencias en las baterías		
Eficiencias en %	Acidas	Alcalinas
Eficiencias en A -H	91	71
Eficiencias en volts	85	80
Eficiencias en watts hora	77	57

Tabla IX Comparacion de regimen horario en las baterias

Régimen horario de baterías		
Régimen en horas	Acida en %	Alcalina en %
1	27	36
3	22	22
5		10
6	17	
8	14	7

En estas tablas notamos que las baterias alcalinas son mas eficientes en corto tiempo, mientras que las acidas son más eficientes en tiempos mayores.

El cargador de baterías de la generadora Kolher del Hospital General opera en modo automático de manera que las baterías siempre se mantienen en el límite de flotación o carga constante, esto se debe lograr con variaciones de la tensión de entrada de CA corriente alterna dentro del límite de $\pm 10\%$ y con variaciones de la frecuencia de $\pm 5\%$, durante su operación el rectificador debe poder alimentar, simultáneamente, la carga de la batería más la carga conectada de la subestación.

3.3 Rutinas de mantenimiento para plantas eléctricas transformadores y tableros

3.3.1 Plantas eléctricas

3.3.1.1 Procedimientos de mantenimiento

- a. Antes de encender la planta eléctrica revisar:
 - Nivel de agua en el radiador
 - Nivel de aceite en el cárter
 - Nivel de agua en celdas de batería
 - Nivel de combustible en tanque diario
 - Verificar limpieza en terminales de batería.
- b. Colocar el interruptor principal del generador "MAIN "en OFF
- c. Colocar los selectores de operación en el modo manual para arrancar la planta eléctrica.

d. Se pone a funcionar de esta manera por unos 10 minutos y se revisa lo siguiente:

- Frecuencia del generador (60 a 61Hz).
- De ser necesario se ajusta el voltaje al valor correcto por medio del potenciómetro de ajuste.
- Durante todo el tiempo que tarde la planta trabajando se debe estar revisando la temperatura del agua (180°F) presión de aceite (70 PSI) y la corriente de carga del acumulador (1.5 amp.).
- Si todo está correcto se acciona el interruptor en la posición de apagado "off" para que el motor se apague.

e. Luego de la revisión preliminar y si todo está correcto simular falla del fluido eléctrico y revisar lo siguiente:

- Corriente, voltaje y frecuencia del generador según los parámetros de operación (que pueden variar de un sistema a otro).
- Si alguno de estos valores está fuera de su rango de operación.
- Si la temperatura del agua es muy alta, con mucha precaución quitar el tapón al radiador, revisar el nivel del agua y reponerla en caso de necesidad (sin parar el motor) si el nivel del agua se encuentra bien, buscar la manera de ventilar el motor por otros medios. También conviene revisar si el generador está muy cargado, ya que esa puede ser la causa, y si ese es el caso, se deberá disminuir la carga eléctrica hasta llegar a la corriente nominal de placa del generador.
- En caso de obstrucción de las celdas del radiador lavarlo a vapor para retirar la suciedad.

- Sí la presión del aceite es muy baja para el motor, esperar que se enfríe, luego revisar el nivel de aceite y reponerlo en caso de ser necesario (con el motor apagado). Después volver a encender el motor.
 - Sí el amperímetro que señala la carga del alternador al acumulador proporciona una señal negativa, significa que el alternador no está cargando. En este caso se debe verificar el estado del alternador, regulador de voltaje y conexiones.
 - Sí la frecuencia del generador baja a un punto peligroso, personal autorizado debe calibrar al generador del motor a fin de compensar la caída de frecuencia. es normal que el generador trabajando a plena carga baje un poco su frecuencia.
 - Si el voltaje del generador baja su valor, es posible recuperarlo girando el potenciómetro del regulador de voltaje.
- f. Sí en el trabajo de la planta llegaran a actuar las protecciones, debe verificar la temperatura del agua y presión del aceite. Si actúa la protección por alta temperatura de agua dejar que el motor enfríe y después reponer el faltante.
- g. Para detener el motor desconecte la carga manualmente y deje trabajar el motor durante tres minutos al vacío.

- h. Conviene arrancar el motor por lo menos una vez a la semana por un lapso de 30 minutos para mantener bien cargado el acumulador, cuando no existe cargador de baterías conectado a la planta; y para mantener el magnetismo remanente del generador en buen rango. También para corregir posibles fallas.

3.3.1.2 Períodos de servicio

- a. Chequear diariamente:

- Nivel del agua en el radiador.
- Nivel de aceite en el cárter
- Nivel de combustible en el tanque.
- Válvulas de combustible abiertas.
- Nivel de agua destilada en las baterías y limpieza de los bornes.
- Limpieza y buen estado del filtro de aire.
- Que no haya fugas de agua, aceite y/o combustible.
- Observar si hay tornillos flojos, elementos caídos, sucios o faltantes en el motor y tableros.

- b. Semanalmente

- Operar la planta en vacío y si se puede con carga para comprobar que todos sus elementos operan satisfactoriamente, durante unos treinta minutos por lo menos.
- Limpiar el polvo que se haya acumulado sobre la planta o en los pasos de aire de enfriamiento, asimismo los tableros.

c. Mensualmente.

- Comprobar la tensión correcta y el buen estado de las fajas del ventilador, alternador, etc.
- Limpiar los tableros y contactos de relevadores si es necesario.
- Observe cuidadosamente todos los elementos de la planta y tableros para corregir posibles fallas.
- Cada 150 horas de trabajo, además de lo anterior, cambiar filtro de aceite.
- Si el motor está equipado con filtro de aire o tipo húmedo cambiarle el aceite.
- Cada 300 horas de trabajo, además de lo anterior:
- Cambiar el elemento anticorrosivo del agua.
- Cambiar los filtros de combustible.

d. Anualmente.

- Sí el filtro de aire es tipo seco, cambiarlo.
- Para tiempos mayores, consultar el manual de operación y mantenimiento del motor en particular.
- Los cambios regulares de aceite se deben hacer a las 150 horas de trabajo o a los 6 meses, lo que ocurra primero.

3.3.2 Transformadores

3.3.2.1 Procedimientos de mantenimiento

Pruebas en transformadores.

Para mantener buenas condiciones de operación un transformador debe de cumplir con ciertos parámetros lo que exige mantenimiento preventivo y predictivo. Esta última se puede realizar con carga o en operación.

a- Cromatografía de gases: En un trafo, el aislamiento líquido (aceite) se descompone produciendo gases producto del arco interno, cuando ocurre una descarga o falla. Estos gases dependen de la magnitud del arco y se relaciona con la vida del aislamiento. De acuerdo con la composición de los gases y la velocidad a que se forman.

b- Termografía IR: Detección de descargas parciales mide la falla de los aislamientos.

b.1 Fundamentos de termo-grafía por infrarrojos

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La Física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación emitida en la porción infrarroja del espectro electromagnético desde la superficie del objeto, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas. La radiación infrarroja es la señal de entrada que la cámara termo gráfica necesita para generar una imagen de un espectro de colores, en el que cada uno de los colores, según una escala determinada, significa una temperatura distinta, de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

La velocidad (la diferencia genera contraste) de calentamiento o enfriamiento depende de las propiedades térmicas, estado físico, tamaño y naturaleza del producto, así como el mecanismo de transferencia. La termografía infrarroja logra obtener, a partir de esa energía radiada en el rango infrarrojo (0,7 a 15 micras), la temperatura del cuerpo emisor.

c- Pruebas físicas químicas y eléctricas

Físicas: densidad viscosidad y temperatura

Químicas: acidez y contenido de agua

Eléctricas: tensión de ruptura, factor de potencia perdida en el aceite y resistividad.

Pruebas de mantenimiento preventivo

Estas pruebas se realizan sin carga

Pruebas de resistencia de aislamiento se realiza con megger, y la relación de transformación con TTR.

a- TTR

Las pruebas de relación de transformación y polaridad en transformadores de potencia, en estas pruebas se a generalizado el uso del medidor de relación de vueltas Transformer Turn Ratio TTR. Este equipo realiza las siguientes pruebas.

Mediciones de relación de transformación nuevas, reparadas o embobinados

Identificación y verificación de terminales derivaciones Taps y sus conexiones

Determinación y comprobación de polaridad y continuidad

Identifica espiras en corto

Identifica fallas

Prueba de resistencias de aislamiento en transformadores de potencia.

Resistencia de aislamiento se define como la resistencia en mega-ohms que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo, como referencia se recomienda de 1 a 10 minutos.

b.- Corriente de aislamiento

A la corriente resultante de la aplicación del voltaje de corriente directa de un aislamiento se le denomina corriente de aislamiento y esta conformado por dos componentes principales.

- b.a. la corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento
- b.b. la corriente que fluye sobre la superficie del aislamiento y que se conoce como corriente de fuga.

Esta corriente al igual que la de conducción, permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones de un aislamiento. A su vez la corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento consta de corriente capacitiva, corriente de absorción dieléctrica y corriente de conducción irreversible.

corriente capacitiva es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración que decrece rápidamente a un valor despreciable (generalmente en un tiempo máximo de 15 seg.) conforme se carga el aislamiento y es el responsable del bajo valor de la resistencia de aislamiento. Su efecto es notorio en equipos con capacitancia alta, como en los cables de potencia de grandes longitudes.

Corriente de absorción dieléctrica. Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo desde un valor relativamente alta a un valor cercano a cero siguiendo una función exponencial. Generalmente es la que se registra en los primeros minutos en una prueba de resistencia de aislamiento. Generalmente decrece gradualmente en pocos minutos hasta varias horas, pero para pruebas con megger solo se consideran los primeros 10 minutos.

Corriente de conducción irreversible. Esta corriente fluye a través del aislamiento y es prácticamente constante y predomina después que la corriente de absorción se hace insignificante.

c.- Absorción dieléctrica

La resistencia varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo. Cuando repentinamente se aplica un voltaje de corriente directa a un aislamiento la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse, a la curva obtenida cuando se grafican resistencia de aislamiento y su pendiente indican el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento si el aislamiento esta húmedo o sucio se alcanzara un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba.

d.- Índice de absorción y polarización

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la expresión de relaciones de dos lecturas de resistencia de aislamiento tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la misma prueba. A la relación de 60 seg. a 30 seg. Se le conoce como índice de absorción y a la relación de 10 a 1 minuto se le conoce como índice de polarización.

El índice de polarización es muy útil para evaluar el estado de aislamiento de los devanados de generadores y transformadores, y es mucho más importante si se realiza la prueba antes de efectuar una prueba de alta tensión.

3.3.2.1.1 Factores que intervienen la prueba de aislamiento

Existen factores que intervienen la medición de resistencia de aislamiento tanto como resultado lecturas o mediciones erróneas que no son considerados como problemas del equipo de medición. Tales factores pueden ser: superficie de aislamiento, humedad, temperatura, aplicación del voltaje de prueba, carga residual y efecto del envejecimiento.

a.- Efecto de la condición de la superficie de aislamiento

Las sustancias como el polvo el carbón o aceite depositadas en las superficies aislantes pueden disminuir la resistencia de aislamiento, por lo que es necesario eliminar cualquier materia extraña en la superficie de aislamiento especialmente si se trata de áreas grandes.

b.- Efecto de la humedad

Gran parte de los materiales utilizados en las superficies de aislamiento como el papel, el carbón, el aceite y algunas cintas son higroscópicas, o absorben humedad provocando por tanto reducción de la resistencia de aislamiento. Actualmente se fabrican material aislante no higroscópicas, mas sin embargo por condiciones ambientales a veces se alcanza el punto de rocío que no es más que humedad en las superficies o boquillas, esto puede tener graves consecuencias máxime si la superficie esta sucia o contaminada.

c.- Efecto de la temperatura

La resistencia de aislamiento varía inversamente con la temperatura y en mayoría de materiales aislantes por lo que es necesario comparar mediciones cuando se realizan pruebas de resistencia de aislamiento.

Es necesario realizar pruebas a una misma temperatura o trabar bajo una sola base de medición y sobre la temperatura ambiente como en la formula.

$$R_c = K_t * R_t$$

Donde

R_c = resistencia de aislamiento en megohms corregida a la temperatura base

R_t = resistencia de aislamiento a la temperatura que se efectuó la prueba

K_t = coeficiente de corrección por temperatura

Las bases de temperaturas normalizadas según normas ASTM D-877 son:

40°C en máquinas rotatorias

20°C para transformadores

15.6°C para cables

Potencial de prueba aplicado y duración

Es necesario que el potencial de prueba no sea muy alta de lo contrario puede provocar fatiga en el aislamiento, y provocar daños, los potenciales de prueba recomendados son de 500 a 5000 voltios corriente directa y no mas de un minuto.

d.- Efecto de la carga residual

Un factor que afecta en las mediciones de resistencia de aislamiento y absorción dieléctrica es la presencia de la carga previa en el aislamiento. Esta carga puede originarse porque el equipo trabaja aislado de tierra y por la aplicación del voltaje se CD en una prueba anterior por tanto es necesario que antes de efectuar pruebas es necesario descargar los aislantes mediante una conexión a tierra.

e.- Efecto del envejecimiento

En caso de aislantes con aglutinamientos semisólidos se presenta un proceso de curado con el tiempo, el cual provoca un aumento de la corriente de absorción que toma el aislamiento y por lo mismo un decremento en la resistencia de aislamiento con el aumento de la humedad y con el paso del tiempo el aislamientos pueden presentar fracturas la cual aumenta la corriente de fuga.

Es necesario considerar las siguientes recomendaciones antes de cualquier prueba.

- a. Cualquier inspección interna, mantenimiento, limpieza o ajuste es necesario des-energizar el transformador y aterrizar.
- b. El aspirado es el método mas indicado para limpieza y remoción de polvo ya que en casos críticos como cables corroídos o desnudos presentan un grave peligro para el operador es necesario prestar mucha atención y cuidado en el manejo del mismo.

- c. Un mantenimiento completo incluye limpieza, datos específicos, técnicos, tipos de conexión, niveles de tensión y lo más importante atender el manual de operación y mantenimiento del fabricante.

3.3.2.2 Períodos de servicio

Los periodos de servicio generalmente son anuales mensuales o semanales esto depende de tipo de industria y de la ubicación de los trafos, uno de los aspectos mas importantes en cuestiones de mantenimiento o servicio es el aislamiento.

a- Coordinación de aislamiento

Consiste en la ordenación de los niveles de aislamiento de diferentes equipos eléctricos, un nivel de aislamiento establece en forma indirecta la medida de la resistencia de aislamiento que debe tener un equipo eléctrico para soportar una onda de sobre tensión, encausando dicha onda a través de equipos de protección sin dañar equipos adyacentes, ocupando el primer lugar el pararrayos.

Una onda de sobre tensión puede ser externa o interna.

Externa: el rayo es uno de los más considerados por la cantidad de tensión que libera en cada descarga atmosférica, su impacto es mayor en instalaciones eléctricas con niveles de tensión superiores a 300KV.

Interna: es común en instalaciones eléctricas con niveles de tensión superiores a 330 KV, la presencia de estas ondas son debidas a maniobras, las cuales pueden ser provocadas o por accionamiento de equipos de protección en casos de fallas en el sistema.

La coordinación de aislamiento se refiere a la analogía entre los esfuerzos dieléctricos aplicados y los esfuerzos dieléctricos resistentes, para ello se consideran tres niveles de aislamiento.

Nivel 1: utilizado en aislamientos internos no auto recuperables de aparatos que necesitan un alto nivel de aislamiento que no tienen contacto con el aire, como: transformadores, interruptores y cables.

Nivel 2: conocido como nivel medio o de seguridad, ya que constituye un nivel de aislamiento auto recuperable de las partes vivas de diferentes equipos que están en contacto con el aire, su coordinación es de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar a la que se instalan los equipos eléctricos.

Nivel 3: conocido como nivel bajo o de protección y esta constituido por el nivel de tensión de operación de pararrayos de protección, la relación entre cada nivel se establece en un 25%.

3.3.3 Tableros Industriales

3.3.3.1 procedimientos de mantenimiento

Dependiendo del circuito que opera, se le aplicara el mantenimiento adecuado, las operaciones de mantenimiento más comunes son:

- Aspirado
- Ventilación normal o forzada si fuese necesario
- Limpieza
- Cheque de bornes falsos o corroídos por operación
- Torque aplicado.

3.3.3.2 Períodos de servicio

Para los tableros en su totalidad se dictan las recomendaciones a la hora de ejecutar servicio o cambios, considerando tiempo de vida útil, discontinuidad en el mercado y balance de cargas. Las áreas de mayor atención son: lavandería, cocina, y ductos principales de cada torre.

Para los tableros, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- a) Para los interruptores principales y ramales indicados en cada tablero, que no soporten la carga requerida o demandada deberá instalarse uno de mayor capacidad, siempre que lo permita el calibre del conductor.
- b) Previo al cambio de los tableros deberá efectuarse una medición del consumo para determinar si se continua con la capacidad actual de los interruptores o se incrementa utilizando el mismo cableado, en caso que el cableado no lo permita deberá incrementarse el calibre del mismo, lecturas que deberán ser confirmadas por la supervisión en caso se requiera de dichos cambios.
- c) Debe efectuarse paralelamente cambios u operaciones de mantenimiento en el transformador como en el tablero que alimenta para efectuar una sola suspensión del servicio
- d) Previo al cambio de tableros y transformadores se deberán verificar los voltajes de entrada y salida de los mismos, así como los circuitos que alimentan.

4 DISEÑO DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

4.1 Formatos de control de mantenimiento

Los bajos costos de operación y mantenimiento dependerán de los servicios efectuados periódicamente según los programas establecidos por el fabricante y entidades normalizadoras.

Al equipo de moto-generación del hospital general se le aplica el siguiente programa de mantenimiento según las recomendaciones e instrucciones del fabricante.

En el programa notamos que más del 90% de los componentes deben ser inspeccionados cada 500 horas y un 50% reemplazado también cada 500 horas.

4.1.1 Programa de mantenimiento

El diseño de estos programas de mantenimiento consiste en establecer un patrón o régimen de apoyo como base a la hora de llevar una bitácora de control, supervisión y cambio de equipos auxiliares así como combustible, refrigerante, filtros de aceites, filtros de combustible, fajas, baterías, y otros dispositivos auxiliares en: unidades generadoras, motores, transformadores, y tableros industriales, según el caso.

Para este caso este programa corresponde a la unidad generadora Kohler de 750 KVA instalado en las instalaciones del hospital general san Juan de Dios.

Tabla XI Programa de mantenimiento por horas de operación de dispositivos auxiliares de una unidad generadora

REVISAR CADA	Horas										
	100	150	200	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Batería	I			I	I	I	I	I	I	I	I
Fajas	I			I	I	I	I	I	I	I	I
Aceite		R		R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aire		I		R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aceite		R		R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de combustible		R		R	R	R	R	R	R	R	R
Nivel de refrigerante			I	I	I	I	I	I	I	I	I
Compresor de aceite			I	I	I	I	I	I	I	I	I
Sistema de descarga				I	I	I	I	I	I	I	I
Tanque de combustible				I	I	I	I	I	I	I	I
Presión de aceite				I	I	I	I	I	I	I	I
Alternador				I	I	I	I	I	I	I	I
Presión de cigüeñal				I	I	I	I	I	I	I	I

I = Inspeccionar

R = Reemplazar

Referencia: Manual planta generadora Kohler Hospital General.

4.1.2 Programa de prueba de plantas eléctricas

Este programa se utiliza en diversas plantas eléctricas, ya que el modo de respuesta de tales es muy similar, en cuestiones de mantenimiento y servicios.

Tabla XII Pruebas semanales de operación de plantas eléctricas

PRUEBA \ PLANTA	KOHLER 650 KW	CATERPILLAR 938 KW
Ubicación del control maestro	En planta eléctrica sobre la caja de terminales del generador	En panel de transferencia
Ubicación correcta de selectores	Selector de control maestro en posición automático	Selector de control maestro en posición; uno en posición automático y otro en ON
Prueba de falla de energía normal	La falla se simula colocando el interruptor (switch) selector de panel de transferencia en posición TEST, el sistema debe de hacer la transferencia de la carga a emergencia después de aproximadamente 8 segundos	
Prueba de retorno de energía normal	Se retorna el switch de prueba del panel de transferencia a la posición normal y después de 25 segundos este debe hacer la retransferencia de la carga a la posición normal y luego pasados 5 minutos enfriándose la planta debe de apagarse automáticamente	
Prueba de planta en vacío "manual"	MAIN de emergencia (en el tablero de emergencia) en posición de apagado; colocar el selector del control maestro en posición de prueba	Colocar el main de emergencia (en el tablero de transferencia) en posición de apagado y colocar el control maestro en posición; uno en prueba o test y el otro en ON

Después de ejecutar esta prueba resetear o dejar el sistema en condiciones iniciales si los pasos fueron ejecutados según orden el sistema vuelve a sus condiciones iniciales sin mayor complicación.

4.1.3 Programa de mantenimiento para tableros industriales

Dependiendo del circuito que operan, se le aplicará el mantenimiento adecuado, las cuales deben de efectuarse en número de horas, meses o años, según las exigencias del sistema, este ejemplo es en horas de operación.

Tabla XIII Programa de mantenimiento para tableros eléctricos

Actividad a ejecutar por horas de trabajo	horas			
	500	1000	1500	2000
Aspirado				X
Ventilación normal o forzada si fuese necesario	R			
Limpieza		X		
Cheque de bornes falsos o corroídos por operación			X	
Torque aplicado.				R

R = Revisar

X = Ejecutar

5 CALIDAD DE ENERGÍA EN EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

La medición fue lograda gracias al analizador de red siemens la cual esta dotado de varios canales para diferentes parámetros y magnitudes eléctricas las que en seguida se detallan en las tablas.

5.1 Nivel de tensión

Tabla XIV Nivel de tensión entre fases y corriente por fase

03/05/2006 10:20:50 hrs.

voltaje entre fases	voltios	corrientes por fase	kiloamperios
VII ab	521.85	la	0.773
VII bc	516.83	lb	0.655
VII ca	519.21	lc	0.731

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

5.2 Potencia total

Tabla XV Potencia total, real, reactiva y aparente

Total power	03/05/2006 10:25:15 hrs.
KW Total	0.512 MW
KVAR Total	0.325 MVAR
KVA Total	0.605 MVA

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

5.3 Energía entregada

Tabla XVI Energía entregada, real, reactiva y aparente

Energy delivered	03/05/2006 10:27:38 hrs.
KWH del	9498385.11
KVARH del	3571201.55
KVAH del	164389.73

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Tabla XVII Voltios, amperios y factor de potencia

Volts, Amps, Pf	03/05/2006 10:30:59 hrs.
VII avg	519.25 V
III avg	0.681 KA
PF sign total	82.44 LG

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

5.4 Demanda

Tabla XVIII Demanda entregada, en KVAR

Demand delivered	03/05/2006 10:36:16 hrs.
KW sd del	509.26
KVAR sd del	351.05
KVA sd del	618.67

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Tabla XIX Demanda pico

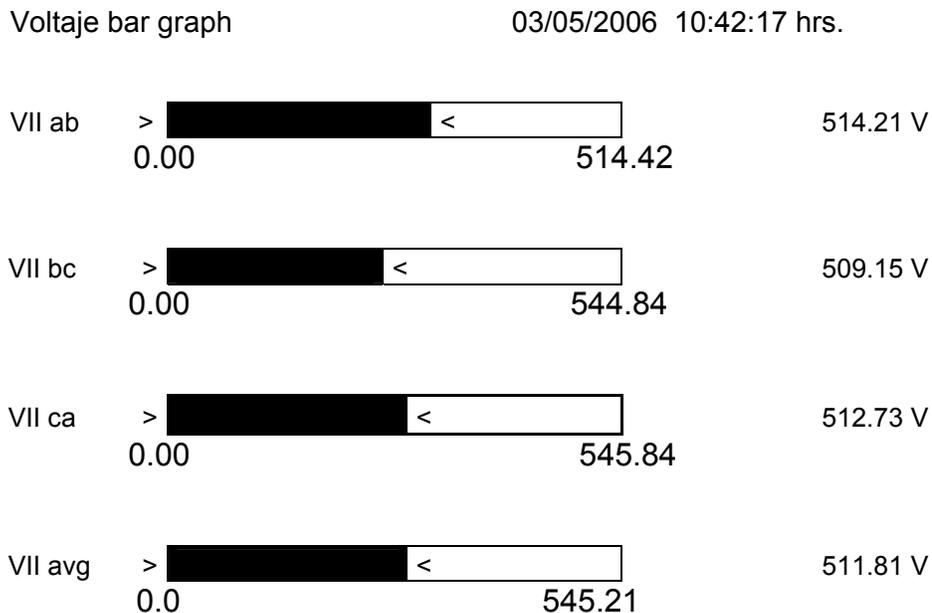
Peak demand	03/05/2006 10:37:57 hrs.
KW sd mx del: Update at: 02/08/2006 12:30:00	941.53
KVAR sd mx del: update at: 07/30/2005 09:15:00	631081
KVAR sd mx del: update at: 02/08/2006 12:30:00	993.21

Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

5.5 Gráfica de barras

5.5.1 Gráfica de barras de voltaje

Figura 18 Grafica de barras de voltaje



Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

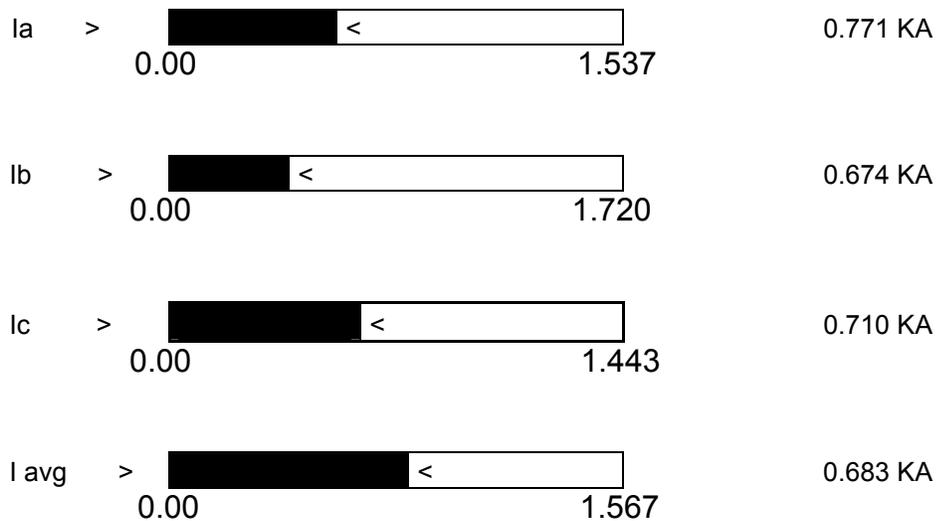
5.5.2 Gráfica de barras de corriente

Por medio de estas graficas podemos ver el comportamiento del voltaje y la corriente y en base a ello se balacearon las cargas para optimizar el consumo de energía. La corriente en la fase c es la que registra mayor consumo, anterior a esta graficas el des-balance de cargas era mayor y en la grafica de barras se notaba un mayor des-balance, causa que disparó el consumo de energía aumentando el factor de demanda. Un aumento de cargas sin un previo estudio afecto la capacidad de los transformadores así como los tableros instalados, algunos fueron saturados.

Figura 19 Gráfica de barras de corriente

Current bar graph

03/05/2006 10:47:07 hrs.



Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

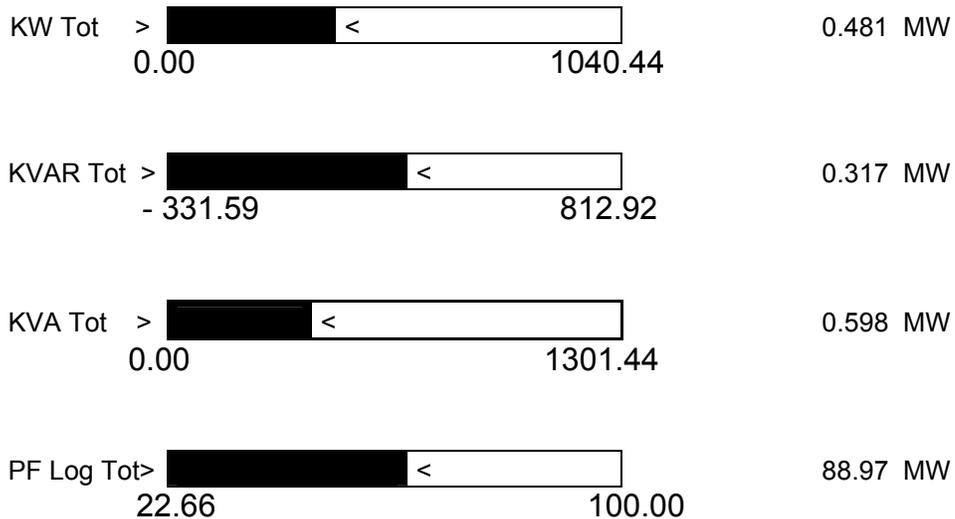
5.5.3 Gráfica de barras de potencia

La lectura de la energía tanto potencia real, potencia aparente y potencia reactiva son en forma acumulativa esta es la razón por lo que se trabaja con diagramas de barras para poder medir la secuencia del incremento de la energía en función de tiempo, cabe mencionar que todas la cantidades dictadas corresponden a la mediana de los diferentes valores registradas y tomadas en varios sesiones de medias.

Figura 20 Gráfica de barras de potencia

Power bar graph

03/05/2006 10:51:05 hrs.



Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

5.6 Sumario

En esta tabla se consideran los voltajes, corrientes y potencias resultantes medidas por el periodo de un mes, estos valores demuestran que la energía en el san Juan de Dios se encuentra en condiciones normales y en un porcentaje de 90 % de calidad de energía según normas ANSI/IEEE std 446-1987. p73.

Tabla XX Sumario

Volts/ amps	Summary	03/05/2006	10:57:48 hrs.
-------------	---------	------------	---------------

VII ab	507.31 V	Ia	0.742 KA
VII bc	504.20 V	Ib	0.605 KA
VII ca	504.06 V	Ic	0.661 KA
VIn a	292.24 V	I arg	0.662 KA
VIn b	291.31 V	I4	0.000 KA
VIn c	291.33 V	I5	0.000 KA
VIn 4	0.00 V	I unbal	11.42%
V unbal	0.42%	Frec	60.06 HZ

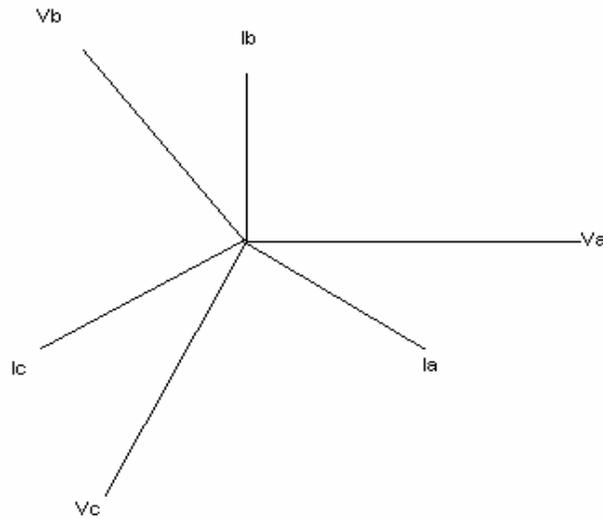
PHASE REV ABC

KW a	0.197 MW	KVA a	0.217 MVA
KW b	0.173 MW	KVA b	0.197 MVA
KW c	0.155 MW	KVA c	0.188 MVA
KW Tot	0.497 MW	KVA Total	0.572 MVA
KVAR a	0.093 MVAR	PF sign a	88.45 LG
KVAR b	0.072 MVAR	PF sign b	90.80 LG
KVAR c	0.094 MVAR	PF sign c	82.98LG
KVAR Total	0.287 MVAR	PF sign Tot	87.97LG

Fuente: medidor de parámetros SIMENS

5.7 Fasores

Figura 21 Fasores



Fuente: medidor de parámetros SIEMENS 03/05/2006 11:30:50 hrs.

Tabla XXI Magnitudes y ángulos de fasores

Phasors	Magnitudes	Angle
Va	292.96 V	0
Vb	290.47 V	-239.9
Vc	290.15 V	-120.1
V4	000.00 V	0
Ia	0.741 KA	-23.4
Ib	0.593 KA	97.7
Ic	0.661 KA	208.5
I4	0.000 KA	0
I5	0.000 KA	0

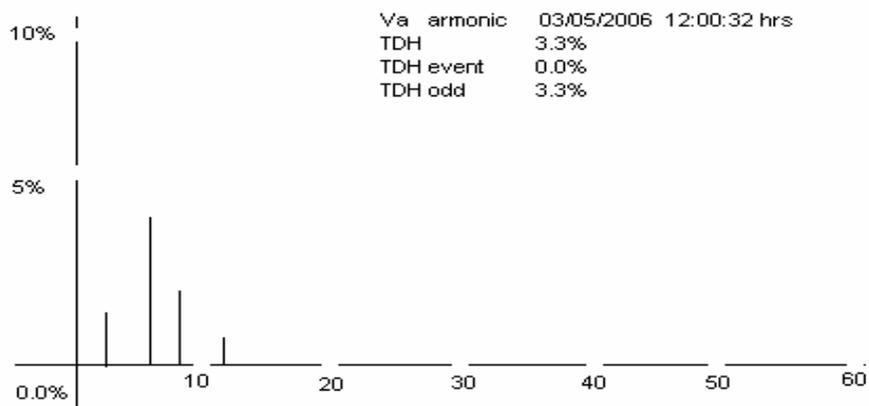
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS 03/05/2006 11:37:26 hrs.

5.8 Armónicos

Por medio de las graficas notamos que los armónicos de corriente son mayores que los de voltaje, la fase Ic registra un mayor porcentaje en distorsión armónica, seguida de la fase Ia y por ultimo la fase Ib, esto es notable en ciertas horas ya que se activan grandes cargas como montacargas, bombas de agua, elevadores y lavandería.

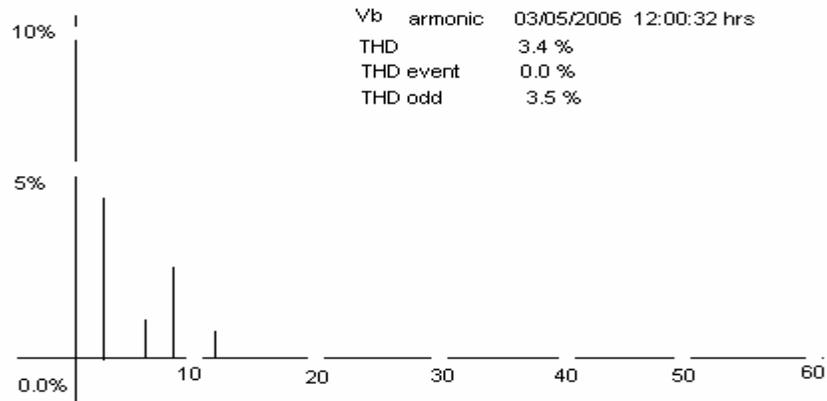
Estas áreas trabajan con motores de gran potencia en hp. Su capacidad oscilan entre 25 a 50 hp. Estas medidas de corriente, tensión, potencia, energía, y demanda son totales o sea son el resultado de las magnitudes de voltaje, corriente y potencia como parámetros principales en todo el sistema eléctrico del hospital general San Juan de Dios.

Figura 22 Va Armónicos



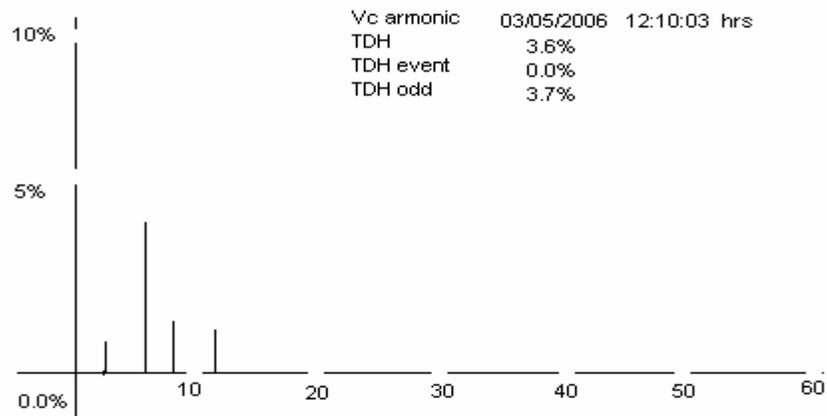
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Figura 23 Vb Armónicos



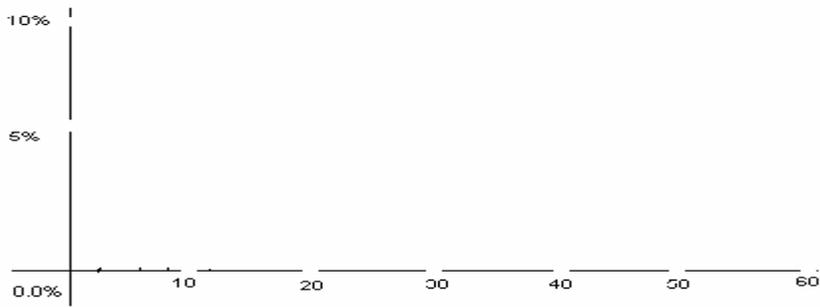
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Figura 24 Vc Armónicos



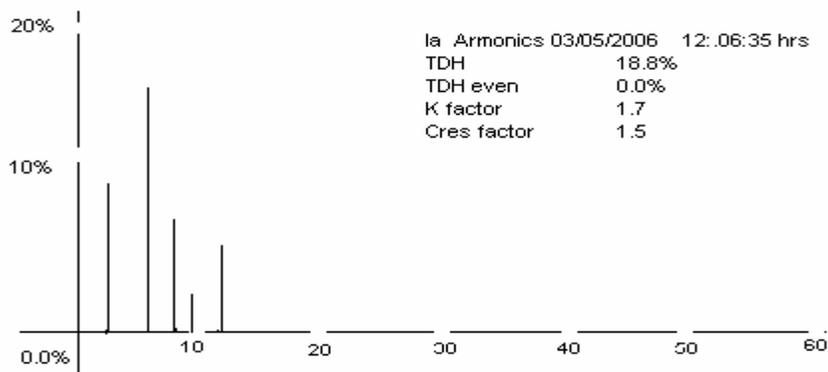
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Figura 25 V4 Armónicos



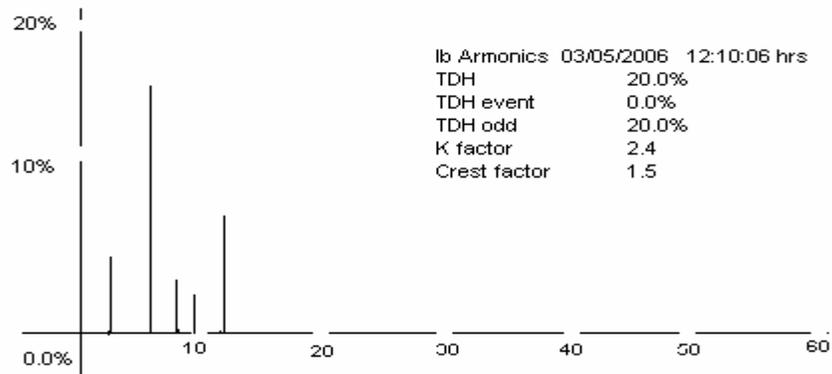
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Figura 26 Ia Armónicos



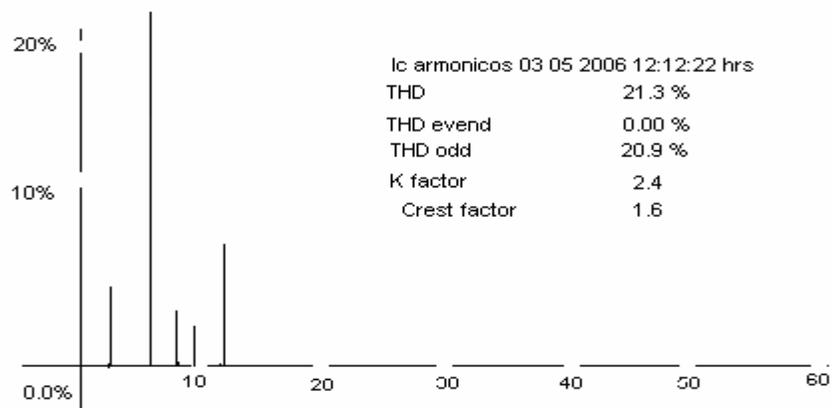
Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

Figura 27 Ib Armónicos



Fuente: medidor de armónicos SIEMENS

Figura 28 Ic Armónicos



Fuente: medidor de parámetros SIEMENS

En el capítulo 6 se calculan des-balance de voltaje en sistemas trifásicos, circuitos trifásicos balanceados, regulación de tensión, cálculo de factor de potencia, cálculo como mejorar el factor de potencia, cálculo de capacitores,

Comparando resultados con los obtenidos por el medidor se llega a la conclusión que la energía en el San Juan de Dios se encuentra en condiciones estables según normas ANSI/IEEE std 446-1987, p 73

Según norma		según cálculo
3Ø des-balanceo de voltaje en fase	2.5 a 5%	0.98 aproximado al 1%
Regulación de voltaje	± 5 a ± 10%	2.48 aproximado al 2.05%
Factor de potencia	0.8 a 0.9	0.846 aproximado a 0.85
Variación de frecuencia 60Hz	±0.5 a ± 1	60.06 aproximado a 0.06
Demanda de carga	0.75 a 0.85	de la carga conectada
Distorsión armónica de voltaje	3 a 5%	4.9%
Distorsión armónica de corriente	5 a 20%	21.3% no cumple

Para corregir la distorsión armónica de corriente es necesario instalar filtros a la entrada si la falla es externa y la salida si es interna deben ser filtros pasa bajos del tipo betterwordh o chebyshev.

6 ESTUDIO ECONÓMICO

6.1 Estudio económico sobre transformadores

Conforme se ha indicado oportunamente el funcionamiento del transformador lleva aparejada una pérdida de energía y como consecuencia su rendimiento es menor que la unidad. Estas pérdidas representan un gasto anual ya que la energía correspondiente a las mismas que no puede suministrarse a los abonados a de generarse para dicho objeto y como su producción exige gastos interesa reducir al mínimo los valores de dichas pérdidas.

Se puede alcanzar la reducción propuesta disminuyendo la inducción es decir aumentando la sección del núcleo y haciendo también menor la densidad de corriente en los hilos de las bobinas. Esto encarece como es natural el costo del transformador y por consiguiente nada se habría conseguido con aminorar las pérdidas si por otro lado la adquisición de aquel requiere mayor desembolso.

Se comprende pues, que el problema a de resolverse atendiendo a estos dos factores y por ello cuando halla necesidad de comparar varias ofertas de transformadores habrá que efectuar previamente un estudio en la forma que se expone a continuación; Será preciso conocer, en primer lugar el diagrama de trabajo diario del transformador, que como es natural debe corresponder a la medida de los diversos valores durante el año.

Deberá ser conocido igualmente, el factor de potencia de las distintas cargas del diagrama considerando, como se muestra en las tablas y las figuras.

Tabla XXII Relación entre potencia factor de potencia y tiempo

En esta tabla se dan los valores obtenidos de mediciones de un transformador considerando la relación entre potencia, factor de potencia, tiempo y la relación entre corriente y corriente máxima, para analizar el comportamiento del transformador en un periodo de 24 horas, estos valores cambiarían para periodos de medición mayores de 24 horas, la idea es comprender como se calculan las perdidas en los transformadores y su costo final.

Tiempo en horas	Potencia Mw	Factor de potencia cosφ	Corriente en kiloamperios $I = MW / (1.73VCOS\phi)kA$	Relación entre corrientes y corriente máxima $I_{per} = I / I_{max}$
0	0.35	0.91	22	0.31
1	0.36	0.92	23	0.32
2	0.365	0.925	23.2	0.33
3	0.37	0.91	23.9	0.33
4	0.4	0.86	27.4	0.38
5	0.5	0.78	37.8	0.52
6	0.59	0.68	51	0.71
7	0.68	0.64	62	0.87
8	0.73	0.645	66	0.92
9	0.74	0.65	67	0.94
10	0.73	0.655	65	0.91
11	0.72	0.66	64	0.9
12	0.74	0.67	65	0.91
13	0.28	0.7	23.5	0.33
14	0.43	0.68	37	0.52
15	0.5	0.68	43	0.6
16	0.6	0.7	50.5	0.71
17	0.67	0.74	53.4	0.75
18	0.72	0.84	49.8	0.7
19	0.98	0.91	63.5	0.89
20	0.85	0.91	55	0.77
21	0.74	0.91	47.9	0.67
22	0.62	0.91	40	0.56
23	0.39	0.905	25.4	0.35
24	0.34	0.905	22	0.3

Figura 29 Relación entre factor de potencia vrs tiempo

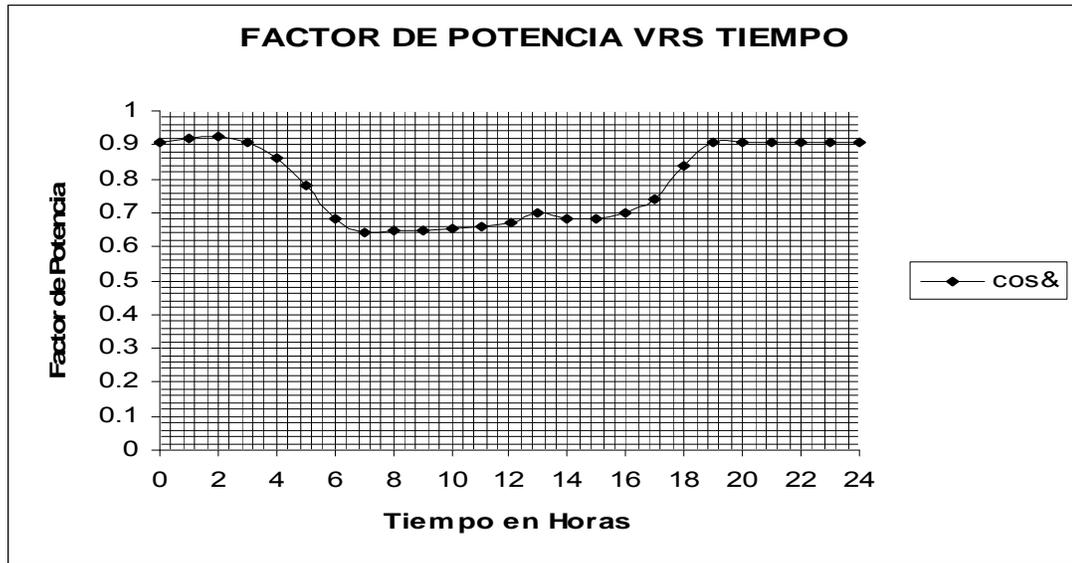


Figura 30 Relación entre potencia vrs tiempo

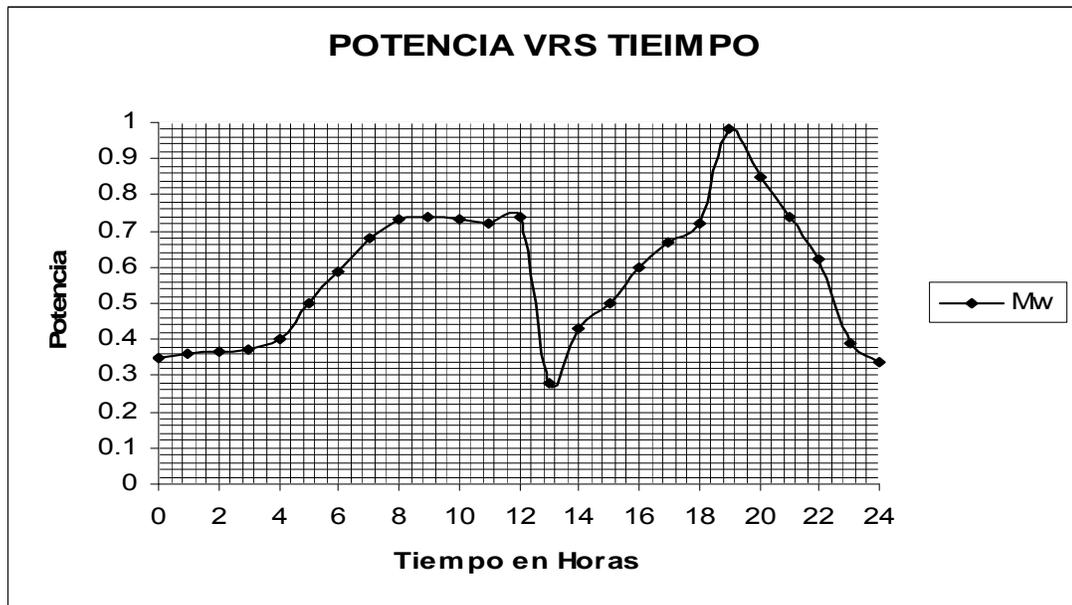
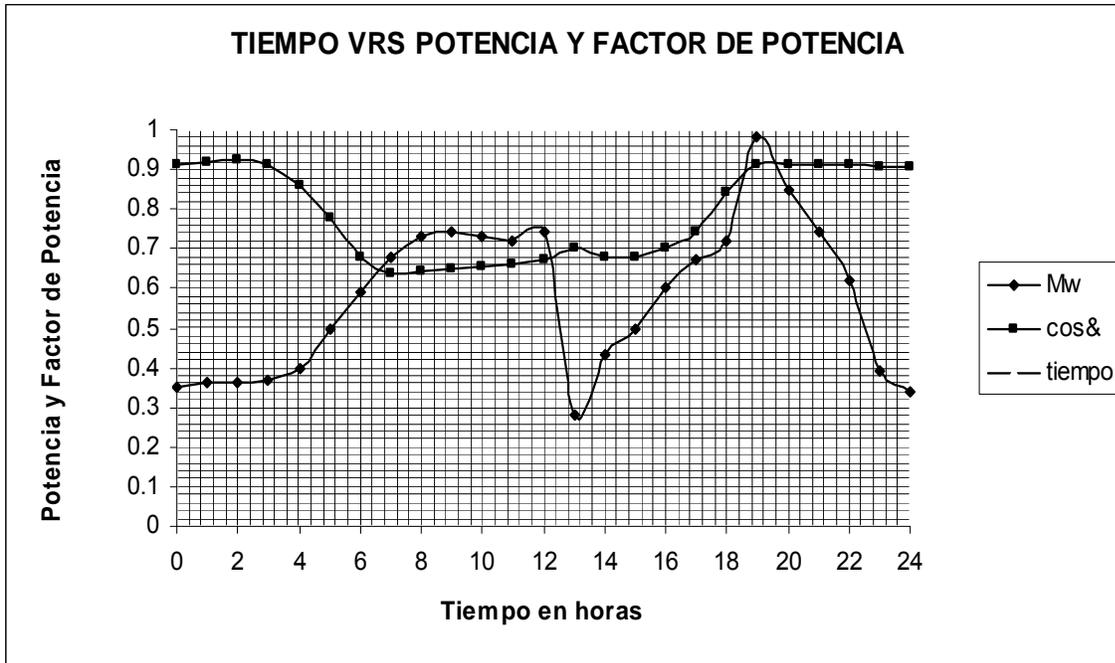


Figura 31 Curvas de factor de potencia y potencia real vrs tiempo de un transformador en servicio



Las dos curvas la primera se refiere al factor de potencia para cada potencia considerada en el eje de las ordenadas y con los tiempos veinticuatro horas en el eje de las abscisas mostrada en la figura 29. y la segunda curva muestra la potencia instantánea cuyos valores figuran en las ordenadas. Las abscisas en esta curva son también función de intervalo de tiempo de 24 hora, mostrada en la figura 30 y como es natural las dos curvas referidas se trazaran con mayor aproximación, el diagrama de carga de un transformador y la curva correspondiente al factor de potencia tal como se muestra en la figura 31.

Los rendimientos, según lo expuesto, serán distintos y dependientes de la potencia y del $\cos\phi$ considerados, pero puede determinarse en cada caso conforme a lo indicado anteriormente, y conocidos sus valores se hallaran las respectivas intensidades primarias por la formula

$$I = \frac{W}{1.73 * V * \cos\phi * h}$$

Donde:

W = potencia en vatios que suministra el transformado

V = voltaje en voltios entre fase

ϕ = ángulo de retraso de la intensidad con respecto a la tensión

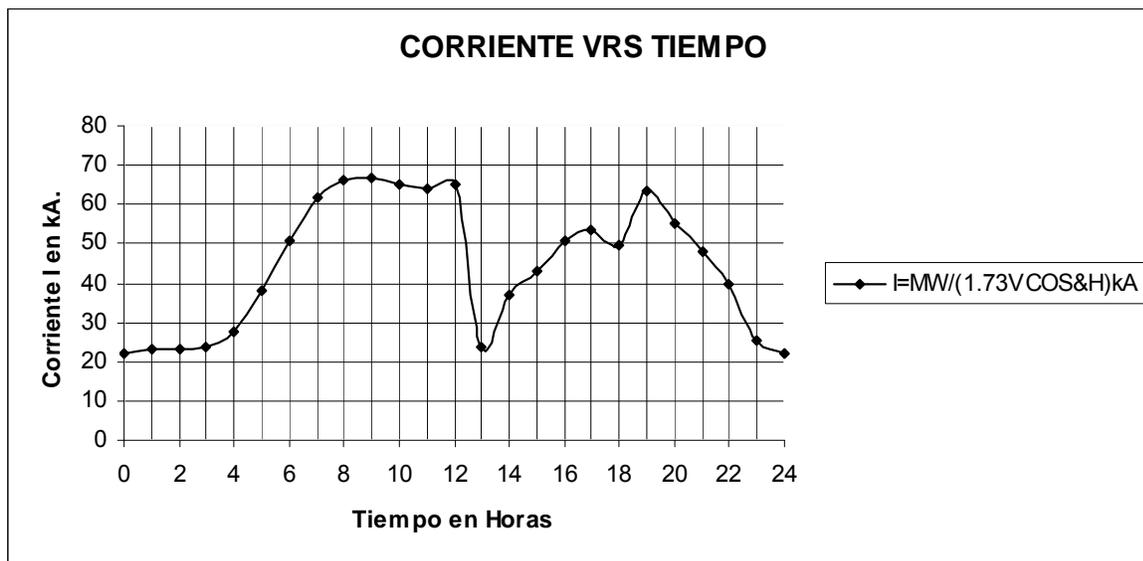
h = rendimiento del transformador

Conociendo los valores del diagrama figura 31 que comprende las potencias y factor de potencia correspondientes se determinaran los diversos valores de I en los diversos instantes del diagrama y por la fórmula.

$$I = \frac{W}{1.73 * V * \cos\phi * h}$$

Con los valores de las respectivas intensidades se construirá el nuevo diagrama considerando siempre el tiempo de trabajo del transformador de 24 horas en el eje de las abscisas y se calcula el valor de las intensidades según las variaciones en el diagrama anterior. Se obtendrá en cada instante el valor de I y se podrá hallar la relación I / I_{max} . El diagrama de las intensidades que corresponden a la variación de las cargas diversas y la sustitución de la curva resultante por otra poligonal como se muestra en la figura 32.

Figura 32 Diagrama de intensidades que corresponden a las diversas cargas

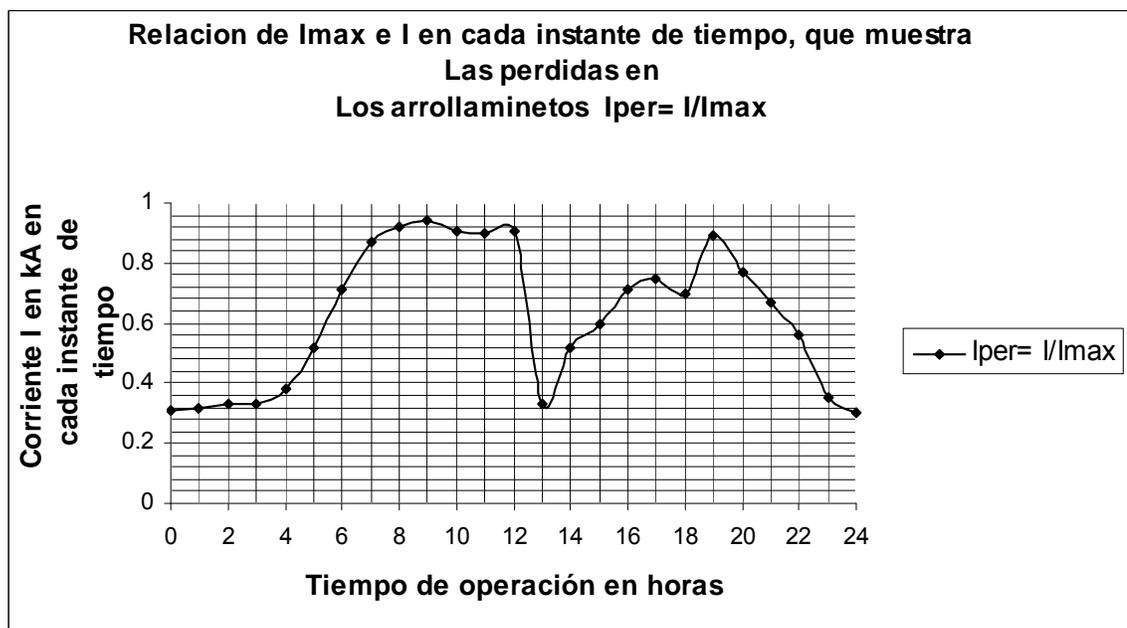


De manera que las pérdidas en las bobinas cuando el transformador trabaja a su plena carga (máxima intensidad) tiene por valor W_a y al hacerlo con otra corriente primaria I , dichas perdidas serán $W_a (I / I_{max})^2$ kilovoltios.

Con un análisis mas detallado se tendría que considerar las perdidas R1 y R2 resistencias de cada bobina respectivamente, las que aparentemente permanecen constantes, lo cual no es cierto se sabe que estos parámetros varían con la temperatura y esta es distinta a las diversas cargas.

Las pérdidas totales se componen de dos términos, el primero $Wh \times 24 = kWh$ perdidas en el hierro durante el tiempo a que se refiere el diagrama en operación de 24 horas y el segundo que tiene por valor la sumatoria de $Wa (I/I_{max})^2 \times t$ en kilowatts hora y la relación entre I/I_{max} esta dada por la curva No 33.

Figura 33 Relación entre corriente y corriente máxima I/I_{max}



De manera que la suma dará los kilovoltios –hora perdidos durante el ciclo de trabajo considerado.

Para simplificar la suma de los valores a que se refiere el segundo termino expresado, puesto que la intensidad varia generalmente en tiempos muy pequeños, se sustituye la curva de la intensidad por una poligonal para llevarlo a la forma mas simple, para ello es necesario plotear varios rectángulos para conseguir la forma mas aproximada a la curva de la corriente.

Para el caso tratado se refiere a un transformador trifásico de 1.2 MVA con tensión primaria de trabajo de 10 kV conexión delta; voltaje secundario de 480/277 VAC con rendimiento de 98% y con factor de potencia de 0.97

Aplicando en diversos instantes la formula $I = W/(1.73 * V * \cos\phi * h)$ se han determinado los correspondientes valores de I para las distintas potencias del diagrama de la figura y trazando la curva de estas intensidades que aparecen en le diagrama y su correspondiente variación en el tiempo, de esta forma el intervalo de tiempo de 24 horas queda dividido en varios periodos de tiempo como t1,t2 ,t3 t4, t5,t24.

En cada una de las cuales la intensidad permanece constante refiriéndose al periodo t18-t20 que comprende un periodo de dos horas de 18 a 20 horas la intensidad tiene por valor 57.5 amperios y como la intensidad nominal del transformador tiene un valor máximo calculado de 71 amperios tendremos entonces la relación de corrientes.

$$I/I_{max} = 57.50/71 = 0.81$$

De manera que las pérdidas durante el periodo mencionado serán:

$$W_a * 0.81^2 * 2 \text{ kWh} \text{ pérdidas en un tiempo determinado}$$

Donde: W_a es el valor de las pérdidas en las bobinas

2 kWh el tiempo de duración de relación de I/I_{max}

En el periodo de tiempo t_7 que comprende 1.5 horas, las pérdidas así mismo serán:

$$W_a * (47.5/71)^2 * (1+50/60) \text{ kilovatios-hora}$$

Este procedimiento es para todos los intervalos de tiempo de manera que el resultado total o la pérdida total será la suma de todos los valores obtenidos durante un periodo de 24 horas esta a su vez por 365 días que dará el total de las pérdidas por funcionamiento del transformador en un año,

Si consideramos las pérdidas ohmicas debido a los arrollamientos cuyas pérdidas las designaremos por M_t de manera que las pérdidas totales en el transformador durante un periodo de un año de servicio será:

$$M = W_h * 24 * 365 + M_t$$

$$\text{Donde } W_h = W_a * (I / I_{max})^2$$

La ventaja de este método es considerar los 365 días del año de manera que el barrido es completo considerando días normales y festivos.

Supuesto que el precio del kilovatio hora fuese de Q quetzales de manera que el importe de energía perdida subirá anualmente de $M \times Q$ quetzales cuyo gravamen habrá de tenerse en cuenta para el estudio económico que se lleva a cabo.

La adquisición de un transformador exige un desembolso que es necesario amortizar, además el capital invertido debe percibir el interés reenumerado consiguiente por lo cual es preciso contar cada año con una cantidad suma de ambas partidas llamadas anualidades.

Hay tablas de anualidades correspondiente a 100 quetzales según el interés asignado al capital y el número de años previstos para su amortización, este interés oscila entre 5 y 6% y por lo que se refiere al número de años en que debe amortizarse el transformador, depende de cómo es natural de su duración por el trabajo al que se halla sometido.

El exceso de temperatura conduce a una reducción de la vida útil del transformador que es de lamita por cada 8°C de aumento de temperatura, sobre la máxima de los bobinados y partiendo del calentamiento admitido como normal.

La formula:

$$\ln (t_1 / t_2) = 0.0865 (T_2 - T_1)$$

Da la relación de los años de vida de dos transformadores de la misma construcción pero con distinta temperatura de trabajo, en donde los parámetros

t_1 = años de vida del transformador con temperatura máxima de T_1 °C

t_2 = años de vida del transformador con temperatura máxima de T_2 °C

Como vida probable de los transformadores y para un calentamiento medio en sus bobinas de 60°C puede tomarse un tiempo comprendido entre 15 y 20 años. Conociendo el capital C_p necesario para la adquisición de un transformador y las anualidades correspondientes se pueden hacer las comparaciones para la adquisición de un transformador.

De las consideraciones expuestas para establecer el procedimiento seguido en la comparación de las ofertas de los transformadores se deduce que no siempre el transformador de menor costo será el más económico financieramente, pues el renglón de las pérdidas influye notablemente en función de la vida útil del transformador, de manera que todo proyectista debe considerar el método sugerido a la hora de hacer un estudio económico.

Debido a esto se acostumbra a proceder de la forma que el rendimiento del transformador sea máximo a $\frac{3}{4}$ de la plena potencia.

Después del análisis detallado del estudio económico en un transformador analizaremos aspectos generales de operaciones de mantenimiento preventivo, para establecer un costo económico. Considerando aspectos como: mediciones, aspectos técnicos, y consideraciones profesionales para un estudio económico adecuado.

El estudio económico de un transformador, o el costo de mantenimiento preventivo varia dependiendo del tamaño y tipo de transformador a considerar, ejemplo de ello es el análisis desarrollado en el hospital general San Juan de Dios.

6.2 Costo aproximado de operaciones de mantenimiento preventivo para un transformador tipo seco

Los costos de operación y mantenimiento de transformadores representan aproximadamente un 4% del costo del transformador dependiendo si es de potencia o distribución. Considerando operaciones de mantenimiento una vez cada dos años.

Tabla XXIII Costos aproximados por procedimientos de mantenimiento en transformadores

Transformadores de potencia	Costo aproximado por kVA	costo total aproximado por procedimientos de mantenimiento en Q
De 5 MVA a 7 MVA	Q 210	8.4
De 10 MVA a 14 MVA	Q 230	9.2
Transformadores de distribución		
De 75 KVA a 300 KVA	Q 155	6.2
De 500 KVA a 1500 KVA	Q 168	7.0

El costo aproximado de mantenimiento preventivo de un transformador tipo seco oscila entre Q.5, 000.00 a Q.15, 000.00 quetzales aunque realmente dependiendo del tamaño.

En el hospital general San Juan de Dios se realizo un estudio económico considerando diferentes tipos de problemas en los trafos como ventilación, libranzas eléctricas, temperatura, niveles de aislamiento y humedad.

6.3 Estudio económico aproximado de mantenimiento preventivo de unidades generadoras

Una unidad generadora reclama mantenimiento preventivo en cortos periodos de tiempo aunque depende del tipo de servicio que presta.

Las operaciones de mantenimiento correctivo generalmente se efectúa cada dos o tres años, que consiste en cambio de aceite, cambio de filtros de combustible, cambio de refrigerante, cambio de baterías y precalentadores si es necesario todo esto conlleva un gasto que obliga a consideraciones económicas para una mejor alternativa.

En la siguiente tabla se analizan los costos aproximados de mantenimiento preventivo y correctivo.

Tabla XXIV Costo aproximado de mantenimiento de una unidad generadora

revisar	costo aproximado de mantenimiento preventivo	costo aproximado de mantenimiento correctivo
Batería	500	1500
Fajas	500	1000
Aceite	500	1500
Filtro de aire	900	2000
Filtro de aceite	1000	1500
Filtro de combustible	1000	1000
Nivel de refrigerante	1500	1500
Compresor de aceite	500	1000
Sistema de descarga	1000	500
Tanque de combustible	500	500
Presión de aceite	500	600
Alternador	500	700
Presión de cigüeñal	500	1000
	TOTAL Q 9,400.00	TOTAL Q 14,300.00

Por medio de la tabla XXIV podemos ver que el costo de mantenimiento preventivo oscila entre Q 10,000.00 mientras que el costo de mantenimiento correctivo oscila entre Q 15,000.00, cabe mencionar que estos costos son aproximados ya que puede variar según la capacidad en kVA de la unidad generadora, así como la tasa de cambio en el mercado, que influye en los costos a la hora de adquirir repuestos e insumos.

6.4 cálculos

6.4.1 Cálculo de des-balance de tensión en servicios trifásicos

Artículo 27. De la IEC. Índice de calidad del des-balance de la tensión suministrada por el distribuidor recomienda

El índice para evaluar el des-balance de tensión en servicios trifásicos, se determina sobre la base de comparación de los valores eficaces (RMS) de tensión de cada fase, medidos en el punto de entrega y registrados en cada Intervalo de Medición (k). Este índice está expresado como un porcentaje:

$$\text{DTD (\%)} = [3(V_{\text{max}} - V_{\text{min}}) / (V_{\text{a}} + V_{\text{b}} + V_{\text{c}})] \times 100$$

Donde:

DTD (%): - Porcentaje de Des-balance de Tensión por parte del Distribuidor.

V_{max}: - Es la tensión máxima de cualquiera de las fases, registrada en el Intervalo de Medición k.

V_{min}: - Es la tensión mínima de cualquiera de las fases, registrada en el Intervalo de Medición k.

V_a: - Es la tensión de la fase a, registrada en el Intervalo de Medición k.

V_b: - Es la tensión de la fase b, registrada en el Intervalo de Medición k.

V_c: - Es la tensión de la fase c, registrada en el Intervalo de Medición k.

Con los resultados de la grafica de barras de tensión figura 18 se calcula des-balance de tensión

$$V_a = 514.21$$

$$V_b = 509.15$$

$$V_c = 512.73$$

Observamos que el voltaje máximo se registra en la fase a y el voltaje mínimo se registra en la fase c con valores de 514.21 y 509.15 con estos valores calculamos el des-balance de tensión así.

$$V_{\max} = 514.21$$

$$V_{\min} = 509.15$$

$$DTD(\%) = \frac{3(V_{\max} - V_{\min}) * 100}{V_a + V_b + V_c}$$

$$DTD(\%) = \frac{3 * (514.21 - 509.15) * 100}{514.21 + 509.15 + 512.73} = 0.98$$

La regulación de voltaje en el sistema eléctrico del hospital general se encuentra dentro del rango permisible según normas ANSI/IEEE std 446-1987, p. 73.- 3Ø des-balanceo de voltaje en fase 2.5 a 5%

6.4.2 Análisis de circuitos trifásicos balanceados

Se puede desarrollar un método sencillo para reducir un circuito trifásico balanceado a su correspondiente monofásico. De esta forma los todos los métodos de análisis de circuitos monofásicos quedan disponibles para obtener la solución los resultados finales del análisis monofásicos se traducen a continuación en términos trifásicos para los resultados finales.

Se necesitan trazar diagramas fasoriales tan solo para una fase de la conexión en estrella y los diagramas para las otras dos fases solo constituyen repeticiones.

Además también se pueden simplificar los diagramas trazando una sola fase en los diagramas unifilares se muestran dos generadores trifásicos con sus líneas o cables asociados que suministran una común subestación de carga las impedancias se dan en ohms por fase, cuando se trata con potencia, potencia reactiva y voltamperes, a veces es mas cómodo tratar con circuitos trifásicos completos. En este caso se trata de simplificar las ecuaciones para la potencia, potencia reactiva y voltamperes trifásicos en términos de voltaje de línea a línea y de la corriente de línea independientemente de si el circuito esta conectado en delta o estrella. Las ecuaciones para la potencia trifásica son

$$P = 3P_p = 3E_p I_p \cos \theta$$

Para una conexión estrella, $I_p = I_{\text{línea}}$ y $V_p = V_{\text{línea}} / \text{SQRT } 3$

Para una conexión delta $I_p = I_{\text{línea}} / \text{SQRT } 3$ $V_p = V_{\text{línea}}$

Para cada caso la ecuación de potencia se transforma en

$$P = \text{SQRT } 3 * V_{\text{línea}} * I_{\text{línea}} \cos \varnothing$$

$$Q = \text{SQRT } 3 * V_{\text{línea}} * I_{\text{línea}} \sin \varnothing$$

$$VA = \text{SQRT } 3 * V_{\text{línea}} * I_{\text{línea}}$$

El ángulo \varnothing es al ángulo entre I_p e E_p y no entre $E_{\text{línea}}$ e $I_{\text{línea}}$

Para un circuito balanceado se debe cumplir

$$\text{Donde } |S| = \text{SQRT}(P^2 + Q^2)$$

$$= \text{SQRT}\{(\text{sqrt}3 \text{ VI} * \text{II} * \cos\varnothing)^2 + (\text{sqr}3\text{VI} * \text{II} * \sin\varnothing)^2\}$$

$$= \text{SQRT}\{(3 * \text{VI}^2 * \text{II}^2 (\cos\varnothing^2 + \sin\varnothing^2))\}$$

$$= \text{SQRT}3 * \text{VI} * \text{II}$$

Esto debe cumplirse para un sistema balanceado lo cual significa cargas con impedancia idénticas en todas las tres fases.

Artículo 28. según la TNSD las Tolerancias para el des-balance de Tensión por parte del Distribuidor. En los puntos de entrega de energía será

Baja y media	3
Alta	1

6.4.3 Cálculo de regulación de tensión

La regulación de voltaje a plena carga es una magnitud que compara el voltaje entregado por el sistema en vacío con el voltaje entregado a plena carga y esta definida por la siguiente ecuación.

$$VR = (V_{sc} - v_{cp})/V_{pc} * 100\%$$

Donde

V_{sc} = es el voltaje sin carga

V_{pc} = es el voltaje a plena carga

VR = voltaje regulado

Con:

$$V_{sc} = 521.85$$

$$V_{pc} = 509.21$$

$$VR = \frac{(521.85 - 509.21) * 100}{509.21} = 2.48$$

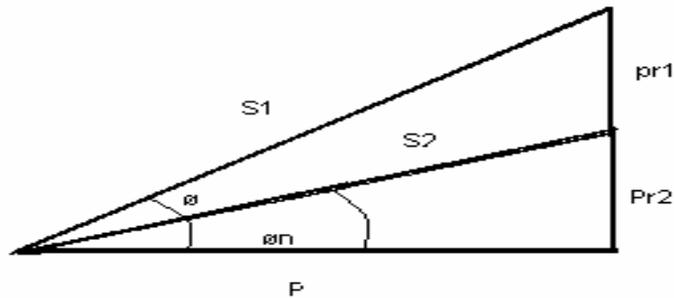
La regulación de voltaje en el hospital general san Juan de Dios es de 2.48 .

Se encuentra en los rangos permisibles según normas ANSI/IEEE std 446-1987, p.73

6.4.4 Cálculo para el mejoramiento del factor de potencia

Cuando se quiere corregir el factor de potencia de un valor conocido a un nuevo valor se puede derivar una expresión por medio del triangulo de potencia y por triángulos semejantes se puede llegar a una relación que aprovecha el teorema de Pitágoras, para demostrar que se cumple. Aprovechar la relación de cateto adyacente sobre hipotenusa para hallar la función coseno, y la relación cateto opuesto sobre cateto adyacente para la función tangente, utilizando el mismo principio y por triángulos semejantes se puede demostrar la siguiente igualdad.

$$\text{Tang } \phi = \frac{\text{sen } \phi}{\text{Cos } \phi} = \frac{kVa}{W}$$



Con :

$\cos\theta$ = factor de potencia del sistema a un Angulo de θ

S_1 = Potencia aparente del sistema en kVA

Pr_1 = potencia reactiva del sistema en kVAR

P = potencia real del sistema en kW

$\cos\theta n$ = factor de potencia deseado a un ángulo de θn

S_2 = potencia aparente para un Angulo θn en Kva.

Pr_2 = potencia reactiva para un Angulo θn en kVAR

De manera que para calcular el cambio de Angulo de un valor dado a uno deseado se debe cumplir la siguiente igualdad utilizando en principio de triángulos semejantes donde la potencia reactiva es directamente proporcional al seno del ángulo mientras la potencia real es al coseno del ángulo y el signo menos demuestra que para corregir el factor de potencia se deben restar los ángulos, como se demuestra continuación.

$$\frac{CAP}{KW} = \frac{\text{Sen } \theta}{\text{Cos } \theta} - \frac{\text{Sen } \theta n}{\text{Cos } \theta n} = \text{factor}$$

Donde:

CAP = es la cantidad de kVAR en los condensadores que se tienen que instalar para mejorar el factor de potencia

θ = es el factor de potencia conocida.

θ_n = es factor de potencia deseado.

Conociendo el valor de la potencia real en kW solo se multiplica por el factor para obtener el valor de los KVAR a instalar para corregir el factor de potencia dado, al factor deseado.

Los valores del factor que relaciona la función seno y coseno como se ha demostrado permite encontrar un factor, que multiplicado por la potencia real permite hallar los kVAR deseados.

Se dan los factores en la tabla que se construye para valores de coseno de 0.8 a 0.9 y valores de seno de 0.5 a 0.9, estos valores son considerados los mas relevantes aunque la tabla puede extenderse para valores del factor de potencia corregido en porcentaje de 80 a 99 y 50 a 99. lo que daría todos los valores del factor.

Para tener un rango mas completo, lo que permitiría obtener de forma inmediata el calculo del valor de potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia de un valor dado a un valor deseado con una simple multiplicación del factor por el valor de la potencia real en kW.

La tabla que se muestra continuación es la construida con los rangos de 0.8 a 0.9 para el coseno y 0.5 a 0.9 para valores de seno.

Tabla XXV Factores de corrección para el factor de potencia

	0.8	0.82	0.84	0.86	0.88	0.9
0.50	0.982	1.034	1.086	1.139	1.192	1.248
0.52	0.893	0.945	0.997	1.049	1.103	1.158
0.54	0.809	0.861	0.913	0.965	1.019	1.074
0.56	0.729	0.781	0.834	0.886	0.940	0.995
0.58	0.655	0.707	0.759	0.811	0.865	0.920
0.60	0.583	0.635	0.687	0.740	0.794	0.849
0.62	0.515	0.567	0.620	0.672	0.726	0.781
0.64	0.451	0.503	0.555	0.607	0.661	0.716
0.66	0.388	0.440	0.492	0.545	0.599	0.654
0.68	0.328	0.380	0.432	0.485	0.539	0.594
0.70	0.270	0.322	0.374	0.427	0.480	0.536
0.72	0.214	0.266	0.318	0.370	0.424	0.480
0.74	0.159	0.211	0.263	0.316	0.369	0.425
0.76	0.105	0.157	0.209	0.262	0.315	0.371
0.78	0.052	0.104	0.156	0.209	0.263	0.318
0.80	0.000	0.052	0.104	0.157	0.210	0.266
0.82		0.000	0.052	0.105	0.158	0.214
0.84			0.000	0.053	0.106	0.162
0.86				0.000	0.054	0.109
0.88					0.000	0.055
0.90						0.000

6.4.4.1 Artículo 50, según la NTSD Control para el Factor de Potencia.

El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del Usuario, en períodos mínimos de siete días, registrando datos de energía activa y reactiva. El factor de potencia se determinará, efectuando mediciones tanto en el período horario de punta como en el resto del día, de acuerdo a lo indicado a continuación:

$$F_{potp} = \text{EnergActp} / \text{SQTR}(\text{EnergActp}^2 + \text{EnergReactp}^2) = p/s$$

Donde:

Fpotp : Factor de Potencia para el período horario (p)

EnergActp : Energía activa registrada en el período de registro para el período horario (p)

EnergReactp : Energía reactiva registrada en el período de registro para el período horario (p).

Con:

$$\text{kW total} = 0.512 \text{ MW}$$

$$\text{kVAR total} = 0.325 \text{ MAVR}$$

$$\text{kVA total} = 0.605 \text{ MVA}$$

$$F_{pot} = p/s = 512/605 = 0.846 \quad \circ$$

$$F_{pot} = 512 / \text{SQRT}(512^2 + 325^2) = 0.844$$

El factor de potencia se encuentra en un rango aceptable según normas IEEE std 446 1987 debe mantenerse en 0.8 a 0.9.

6.4.5 Solución alternativa para corregir el factor de potencia en el hospital general San Juan de Dios.

Caso: en el hospital general se trabaja 24 horas diarias los 365 días del año de lunes a domingo en turnos de 8 horas la demanda de potencia en fines de semana y días festivos es distinta a la demanda en días normales y con ello el factor de potencia, la variación del factor de potencia se debe a que no se tiene un banco de capacitores para corregir el factor de potencia o dicho banco no está funcionando como se espera, y esto se debe a diversos factores.

Ejemplo se tiene los siguientes consumos:

ENERGÍA ACTIVA, ENERGÍA REACTIVA

Energía activa promedio = 243792 kWh

Energía reactiva promedio = 232618 kVArh

y se desea llevar el factor de potencia a 0,90.

a) Cálculo de la potencia activa y el cos promedio.

$$P = \frac{243792 \text{ kWh}}{22 \text{ días} \times 24 \text{ hs/día}} = 461 \text{ kW}$$

$$Q = \frac{232618 \text{ kVAh}}{22 \text{ días} \times 24 \text{ hs/días}} = 440 \text{ kVAh}$$

$$\cos\tilde{\phi} = \frac{p}{(P^2 + Q^2)^{1/2}} = \frac{461}{(461^2 + 440^2)^{1/2}} = 0.72$$

b) Verificación de la potencia en diferentes días del mes

Se eligieron los momentos considerados de máxima carga ó “ punta” en diferentes días del mes, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Pico en fines de semana

$$P = 497 \text{ kW}$$

$$Q = 287 \text{ kVAr}$$

$$\text{Cos } \emptyset = \frac{P}{(P^2 + Q^2)^{1/2}}$$

$$\text{Cos } \emptyset = \frac{497}{(497^2 + 287^2)^{1/2}} = 0.86$$

Pico en días normales

$$P = 840 \text{ kW}$$

$$Q = 852 \text{ kVAr}$$

$$\text{cos } \emptyset = \frac{p}{(P^2 + Q^2)^{1/2}}$$

$$\text{cos } \emptyset = \frac{840}{(840^2 + 852^2)^{1/2}} = 0.73$$

c) Determinación de la potencia reactiva capacitiva necesaria.

c.1 Considerando los valores promedio: recurrimos a la tabla I y vemos que para llevar el factor de potencia existente del 72 al 90 % hay que conectar:

$$Q(\text{Kvar}) = \text{factor} * \text{kW}$$

$$Q (\text{kVAr}) = 0,479 \times 461 \text{ kW} = 221 \text{ kVAr.}$$

$$Q_c = 1/(2 * \pi * f * C)$$

$$C = 1/(2 * 3.1416 * 60 * 221) = 0.12 \text{ pico-faradios de 480V}$$

c2) Considerando los valores pico: también apelamos a la tabla I:

-

"Pico" de días normales (73% a 90 %)

$$Q(\text{Kvar}) = \text{factor} * \text{kW}$$

$$Q (\text{kVAr}) = 0.452 \times 840 = 380 \text{ kVAr}$$

"pico" fines de semana (70 % a 90 %)

$$Q (\text{kVAr}) = 0.536 \times 497 = 266 \text{ kVAr}$$

$$C = 1/(2\pi \cdot 60 \cdot 266) = 9.97 \text{ pico-faradios y } 480V$$

d) Solución adoptada

En este caso se proponen dos alternativas.

d.1 Una batería fija de 100 KVAR compuesta por 4 capacitores de 25kVAr y otra automática de 300 KVAR compuesta por 6 pasos de 50kVAr, y estos a su vez formados por dos capacitores de 25 KVAR, cada paso conectado con un contactor que es accionado por el relé varimétrico de control.

En esta variante se garantiza una adecuada compensación durante la mayor parte de, la jornada, salvo en el "pico" vespertino en que hay sub compensación.

En general el criterio que se adopta para repartir la parte fija y automática, es aproximada-mente 25% y 75% respectivamente, aunque en realidad esto depende del transformador desde el cual se alimenta la planta.

Se puede adoptar hasta un 15% de la potencia nominal de dicho transformador para el banco fijo.

Siempre que sea posible se debe colocar una base fija de modo tal que el banco de compensación automático trabaje a partir de un cierto nivel de carga en la planta, evitando de este modo el peligroso fenómeno de "bombeo" en el banco automático.

d.2 Se utiliza la misma batería automática de 300 kVAr que en el caso anterior, pero en vez de instalar una batería fija, los 100 kVAr correspondientes, se distribuyen conectándolos directamente a las barras de los tableros seccionales, aliviando de este modo los cables de alimentación a cada uno de ellos y lográndose el mismo efecto desde el punto de vista de la facturación de energía.

El banco de capacitores del hospital general San Juan de Dios tiene una capacidad de 600 kVAr para corregir el factor de potencia. Su diseño original es para mantener el factor de potencia a 0.92 en modo automático independiente de la de la variación de potencia reactiva, caso que no se cumple cuando una de las unidades capacitivas se cortocircuitara, lo que llevaría el resto de capacitores a una descarga total. Esto anularía el objetivo del banco que es la corrección de factor de potencia, estas fallas generalmente se deben a

- Algún defecto de material o polvo acumulado durante la manufactura, la falla se auto extingue.
- Temperatura elevada, el proceso dañino continúa irremisiblemente. Cuando un capacitor no entrega su corriente nominal es porque se ha iniciado la degradación.

La tolerancia de los capacitores en baja tensión es, por norma, IEEE std 446-1987 de -0 a $+15\%$.

En resumen lo que el banco de capacitores del hospital general San Juan de Dios necesita es mantenimiento para eliminar la unidad dañada se aconseja las siguientes alternativas.

e Factor de potencia

Artículo 49. Según la NTSD Valor Mínimo para el Factor de Potencia.

El valor mínimo admitido para el factor de potencia se discrimina de acuerdo a la potencia del Usuario, de la siguiente forma:

Usuarios con potencias de hasta 11 kW	0.85	baja tensión
Usuarios con potencias superiores a 11 kW	0.90	alta tensión

6.4.5.1 Las pruebas de vida de capacitores

- Someter lotes de capacitores a sobre tensiones y sobre temperatura.
- Han demostrado, a través de miles de millones de horas prueba, que la vida eléctrica de un capacitor sigue un mismo modelo. La vida eléctrica de un capacitor (y casi de cualquier equipo eléctrico) disminuye a la mitad por cada 8 a 10°C que opere por arriba de la temperatura de diseño.
 - Detectar si hay problemas con la temperatura es muy sencillo con un amperímetro de gancho tómesese la corriente a las tres fases del banco de **capacitores**. Así alguna de ellas es menor que la corriente de placa el proceso de degradación ya se ha iniciado.
 - Una vez iniciado este proceso no hará sino acelerarse. El proceso es asintótico.

- Recuérdese que por norma los capacitores deben entregar -0% a $+15\%$ de la corriente de placa.

Por este motivo, muchas instalaciones que ya corrigieron su factor de potencia adecuadamente, vuelven a pagar penalización, debido a que su factor de potencia vuelve a disminuir, que es el caso del hospital general San Juan de Dios.

6.4.6 Criterios de decisión en la compra de transformadores

Se desea comprar uno de dos transformadores tipo seco como alternativas después de cotizaciones de casas distribuidoras, las cuales ofrecen su producto con las siguientes características.

Transformador A con un costo de 2500\$, con costo anual de operación de 900\$, vida útil de 20 años y un valor de salvamento de 200\$.

Transformador B con un costo inicial de 3500\$, costo anual de operación 700\$, vida útil de 20 años y un valor de recuperación de 350\$.

Ambos con una tasa de interés de 10% por medio de análisis económico que alternativa debe considerarse para la compra?.

Solución alternativa A

Costo A = costo inicial + costo de operación - costo de recuperación

Costo inicial = 2500\$

Costo de operación = $900(P/A, i, n)$

Costo de recuperación = $200(P/F, i, n)$

Donde $(P/A, i, n)$, es el costo presente dado una anualidad y es igual a

$$P/A = [(1 + i) \exp n - 1] / [i(1 + i) \exp n]$$

Con

i = interés

n = años

$$P/A = [[(1 + 0.10)\exp20] - 1] / [0.10(1 + 0.1)\exp20] = 8.51$$

Donde $(P/F, i, n)$ es el costo presente dado futuro y es igual a

$$P/F = 1 / [i(1 + i) \exp n]$$

Con

i = interés

n = años

$$P/F = 1 / [0.10(1 + 0.10)\exp20] = 0.14$$

Entonces el costo de A es.

$$\text{Costo A} = 2500 + 900 * 8.53 - 200 * 0.14 = 10,149$$

Es el mismo procedimiento para B

$$\text{Costo B} = 3500 + 700 * 8.53 - 350 * 0.14 = 9,422$$

Costo de A > costo de B

$$10,146 > 9,422$$

Con el análisis económico se recomienda la alternativa B ya que es la que produce los mayores beneficios aunque en primera instancia la alternativa A pareciera ser la mas barata.

6.4.6.1 Costo de operación de motores

$$\text{Kilowatt Horas} = \frac{\text{HP} \times 0.746 \times \text{Horas de operación}}{\text{Eficiencia de motor (Decimal)}}$$

Para carga promedio según características del motor.

Formula general para todas las cargas

Horas promedio por mes = 730

Horas promedio por año = 8760

Horas promedio para actividades sin jornadas nocturnas = 4000

Horas promedio por mes para jornada única = 200

Costo anual de operación = kilowatts horas anuales X costo por kilowatts-horas

Ejemplo:

La eficiencia de un motor de 20hp a plena carga es de 91.0% y 2500 horas de operación por año, con un costo de \$ 7.5 por kilowatts hora.

Cual es el costo anual de operación?

$$\text{Kilowatts horas anuales} = \frac{20 \times .746 \times 2500}{0.91} = 40,989.910$$

$$\text{Costo anual de operación} = 40,989 \times .075 = \$3,074$$

6.4.6.2 Cálculo de una nueva potencia dado cambio de velocidad

Para Ventiladores, secadoras y bombas centrifugas

$$\text{HPnuevos} = \text{HPoriginal} \times (\text{velocidad nueva} / \text{velocidad original})^3$$

Ejemplo: se quiere cambiar un sistema que trabajo a 900 rpm, con una potencia de 7.5 hp, a una de 750 rpm.

¿Cual es la nueva potencia requerida?

Dados:

$$\text{Original HP} = 7.5$$

Velocidad original = 900 RPM

Velocidad nueva = 750 RPM

Determinar la nueva potencia en HP

HPnueva = $7.5 \times (750/900)^3 = 4.3$ HP

6.4.6.3 Demanda

Es la potencia media correspondiente a un intervalo de tiempo adoptado la demanda máxima en una hora resulta ser la potencia media mayor que todas las potencias medias registradas cada intervalo de tiempo adoptado a lo largo de sea hora, la demanda máxima del día será mayor que todas las demandas obtenidas cada hora del día, la demanda máxima del mes será mayor que todas las demandas obtenidas cada día del mes. Y se calcula por medio de la siguiente ecuación

$$D_{max} = E / (f_c * T *)$$

Donde

Dmax = demanda máxima

E = energía

T = periodo o tiempo

Fc = factor de carga, máximo valor 1, valor mínimo 0.

Con

$$E = 94983885 \text{ kW-h}$$

$$T = 24 \text{ horas}$$

$$F_c = 1 \text{ tomando un maximo}$$

$$D_{\max} = 94983885 / 24 = 3957661.875$$

Respecto a la carga total conectada representa un 4.16%

CONCLUSIONES

1. No existe en ejecución, un programa de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico del Hospital, que comprende sub-estación eléctrica, plantas de emergencia, transformadores y tableros de distribución
2. Los niveles de des-balance de cargas en el sistema eléctrico en el hospital general San Juan de Dios representan un 5% de la carga total, un aumento del mismo es el resultado de un aumento de carga sin un estudio previo.
3. La falta de mantenimiento preventivo en los ductos eléctricos es un factor que ha contribuido a disminuir la vida útil de tableros industriales y trafos, aumentando los niveles de mantenimiento correctivo.
4. El 90% de tableros industriales nema 1 instalados en el Hospital General son de marca federal pacific, discontinuos en el mercado, presentando dificultades su adquisición o reemplazo en el momento de una falla.
5. No siempre el menor costo de dos equipos o alternativas es el más económico.
6. Es necesario corregir el factor de potencia en el sistema eléctrico para reducir pérdidas.

RECOMENDACIONES

- 1 Adoptar como modelo las rutinas de mantenimiento que en este trabajo se proponen e implementarlo a corto plazo, para garantizar el suministro de energía eléctrica en el Hospital.
- 2 Concientizar a las autoridades del Hospital, que el costo del mantenimiento correctivo es más alto que el costo del mantenimiento preventivo, además esta Institución no se puede dar a la libertad de que sus equipos dejen de funcionar por falta de mantenimiento.
- 3 Colocar señalización u orientación adecuada al público en general respecto al contacto con fuentes de alto voltaje para que tomen las precauciones necesarias para no sufrir descargas que pueden ocasionar la muerte y dañar al equipo.
- 4 Programar actividades de mantenimiento preventivos en los diferentes centros de carga eléctricos.
- 5 Todo el personal encargado de operar plantas eléctricas se encuentra expuesto a descargas, corto circuitos, voltajes de contacto, voltajes de paso y voltajes transferidos por lo que debe de contar con: bata, casco, botas aislantes para electricista, guantes, gafas, multitester y conocimientos básicos sobre primeros auxilios para no ser sorprendidos por eventualidades no esperadas al momento de efectuar operaciones de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. H. Wayne Beaty, James L. Kirtley,
Manual del motor electric
Editorial McGraw-Hill
2. P. c Krause, analisis of Electric Machinery, McGrauw-Hill Neuva Cork
1986.
3. Manual de Ingeniería Eléctrica decimotercera edición, Mc Graw Hill
Donald Fink H. Wayne Beaty.
4. Catálogo 2006, Baja Tensión control, instlación y automatización,
SIEMENS.
5. Diseño de subestaciones electricas, José Raúll Martín.
6. Manual de subestación eléctrica Hospital General San Juan de Dios.
SIEMENS, división industria Guatemala, 2da calle 6-76 zona 10
cuidad.
6. Estaciones transformadoras y de distribución, Gaudencio Zoppetti
Júdez decima edición, editorial Gustavo Gili S. A. Barcelona 15-
calle del Rosellón 87-89.
7. Manual de equipos de moto-generación eléctrica, EQUISEGUA S. A.
9. Ávila Tang. Propuesta de programa de mantenimiento hospitalario.
Tesis. Esc. Mec. Elec,USAC, Abril 1981.
- 10 Rich Cerna Luís Arturo. Equipos de medición Tesis, Esc. Mec. Elec,
USAC Aril de 2002.
- 11 Instalaciones de baja tensión calculo de líneas eléctrica. Enciclopedia
CEAC de electricidad Dr. José Ramírez Vásquez.
- 12 Leland T. Bank, Anthony J. Tarquin, Ingenieria Economica, Tercera
Edicion.

APÉNDICE

Resultados de estudio de calidad de energía tomados en el Hospital general San Juan de Dios con la ayuda del equipo

➤ Medidor de parámetros marca circutor serie AR.5 visión

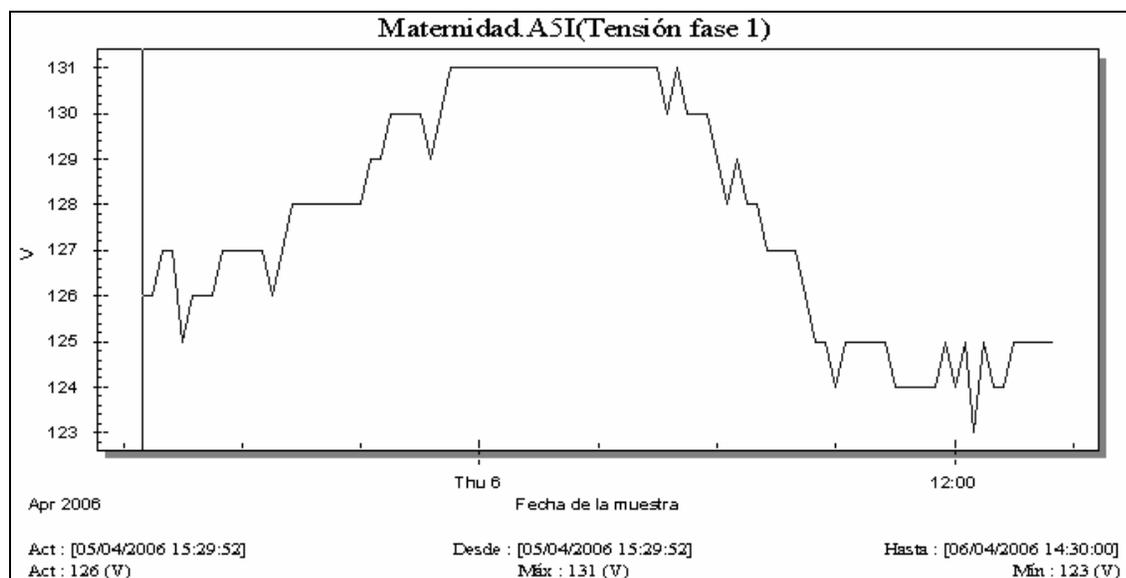


Figura 34. Características del AR.5 visión

- Sensibilidad: 0.5% de la escala.
- Presición: 1% de escala.

- Exactitud: 1% de la escala.
 - Escala: magnitud del parámetro a medir.
- Resultados de medición de prueba
- El factor de potencia en la fase uno es de 0.71 y en la fase dos es de 0.70.
 - El factor de potencia es menor a lo recomendado por el manual de acometidas de la EEGSA, el cual recomienda que el factor de potencia no debe ser menor a punto 0.85.

Figura 35 Voltaje



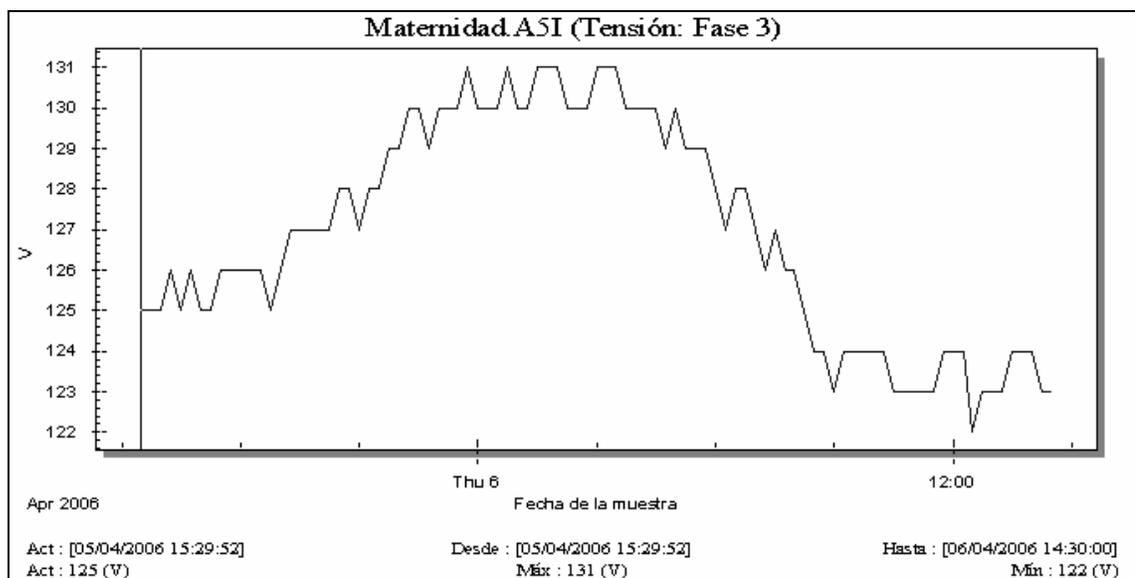
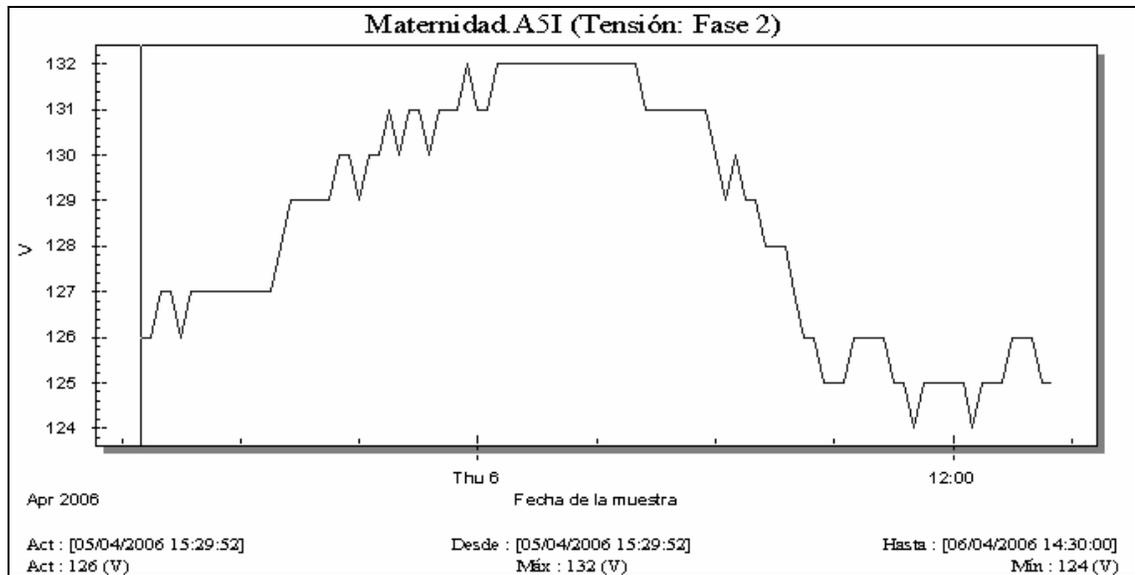
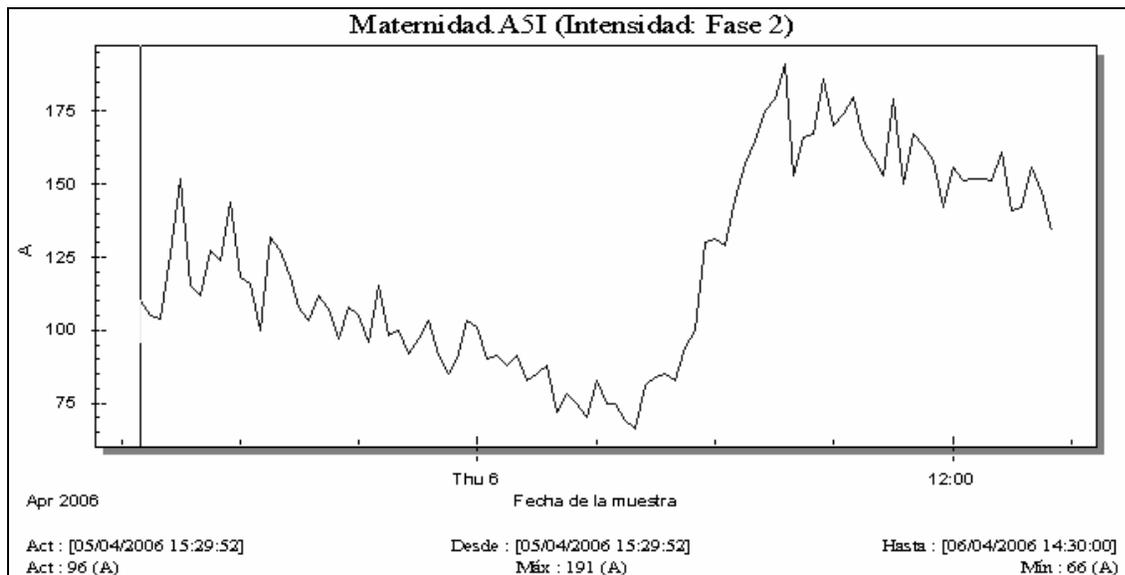
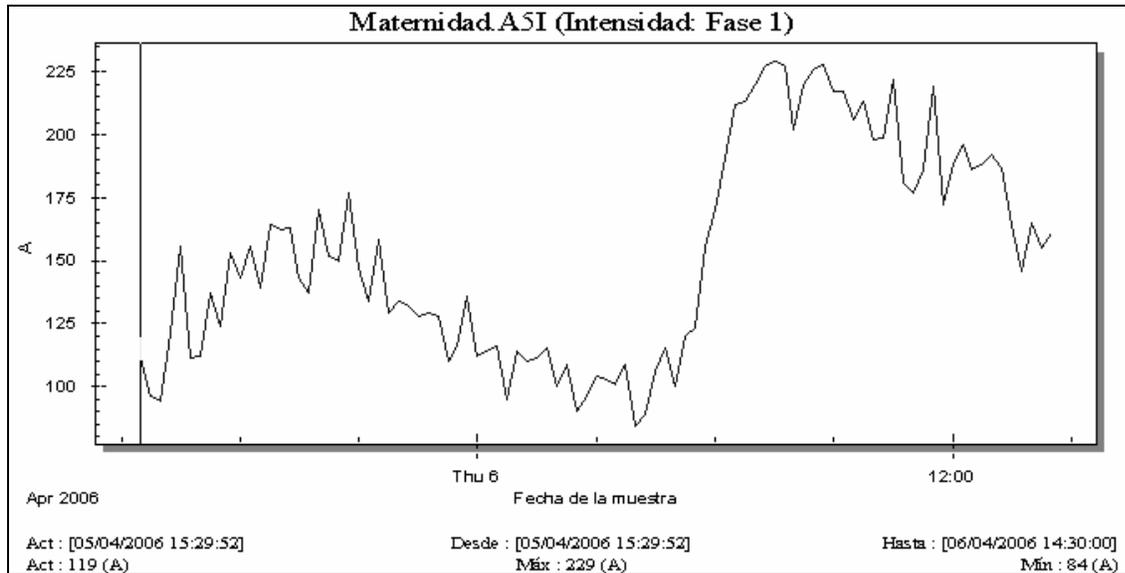


Figura 36 Corriente



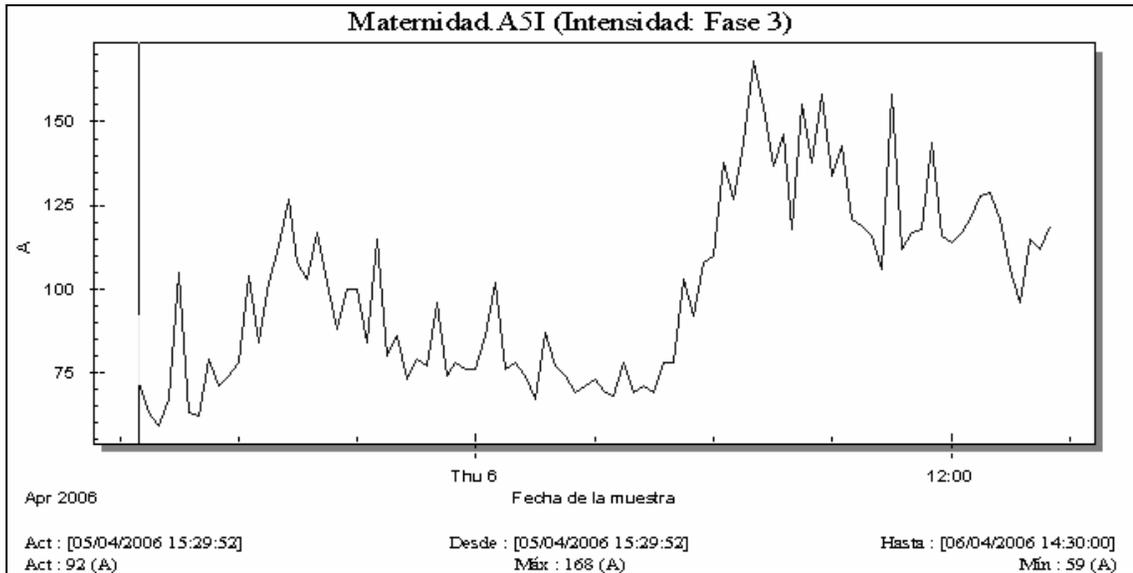
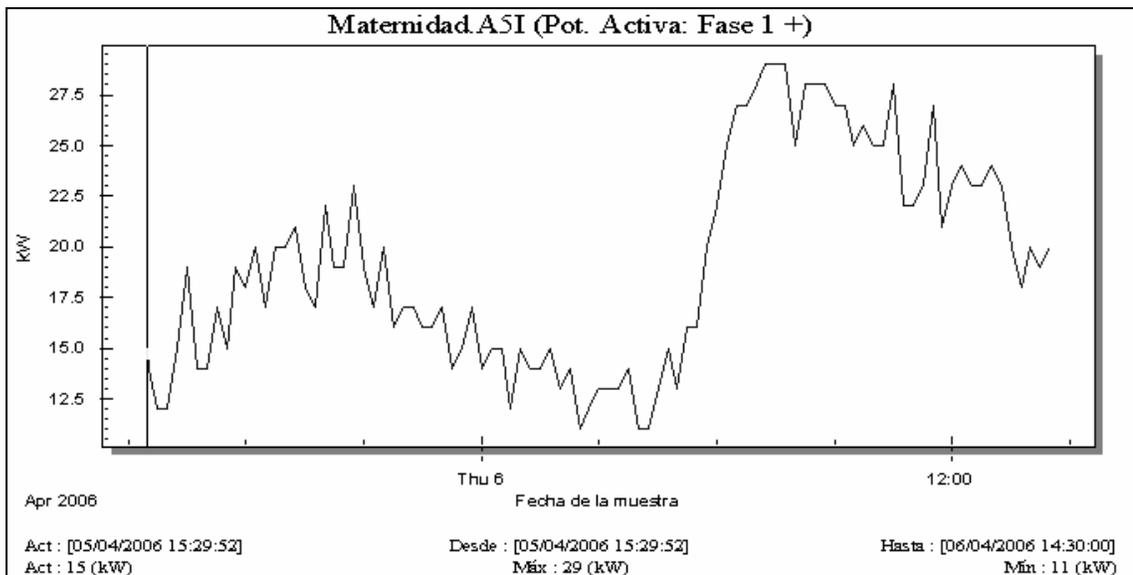


Figura 37 Potencia activa



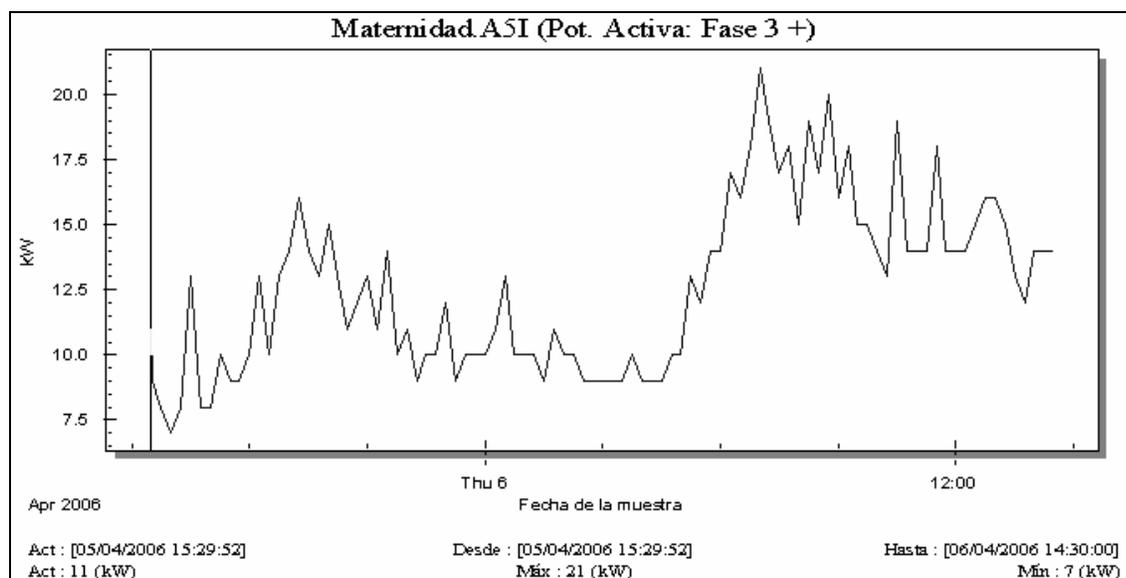
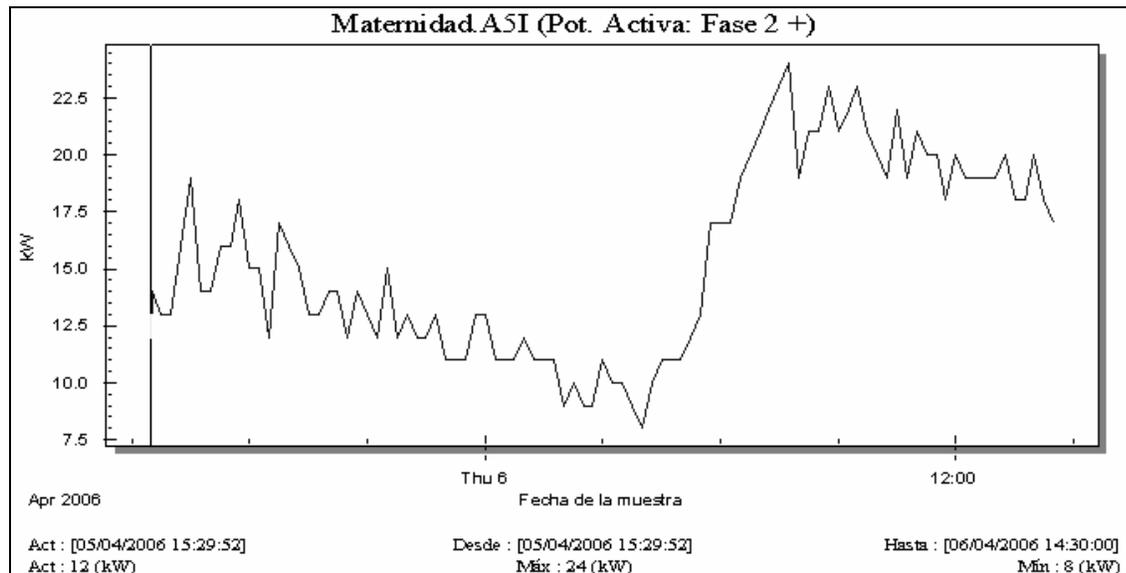
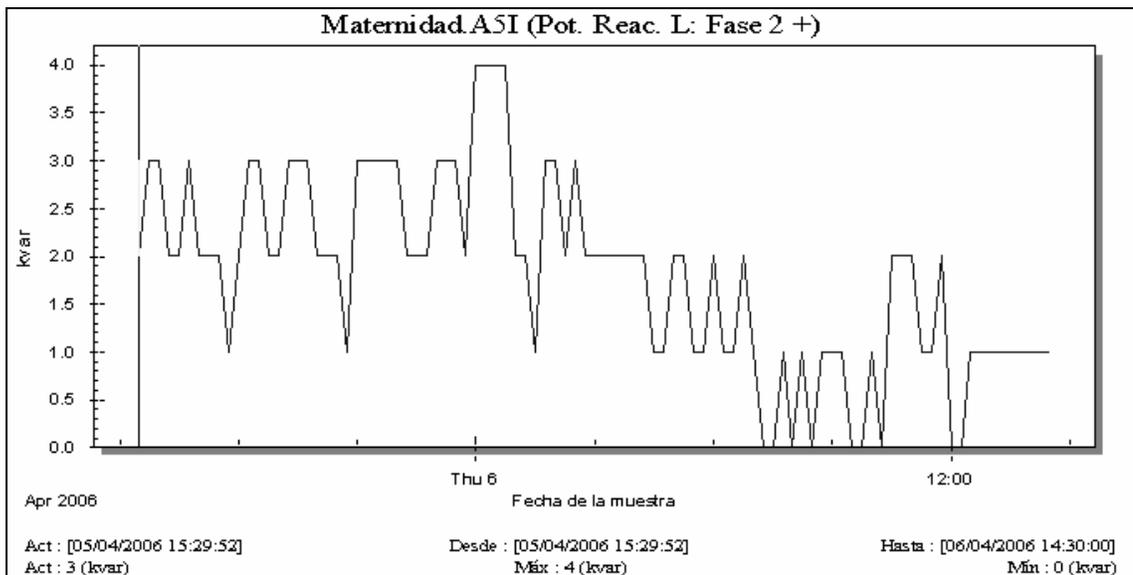
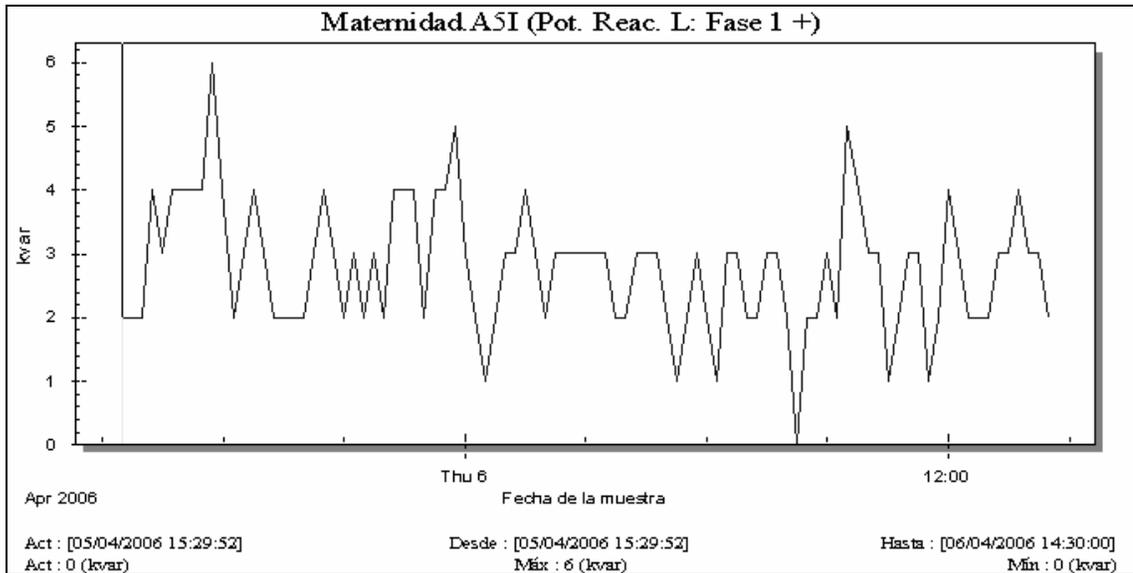


Figura 38 Potencia reactiva inductiva



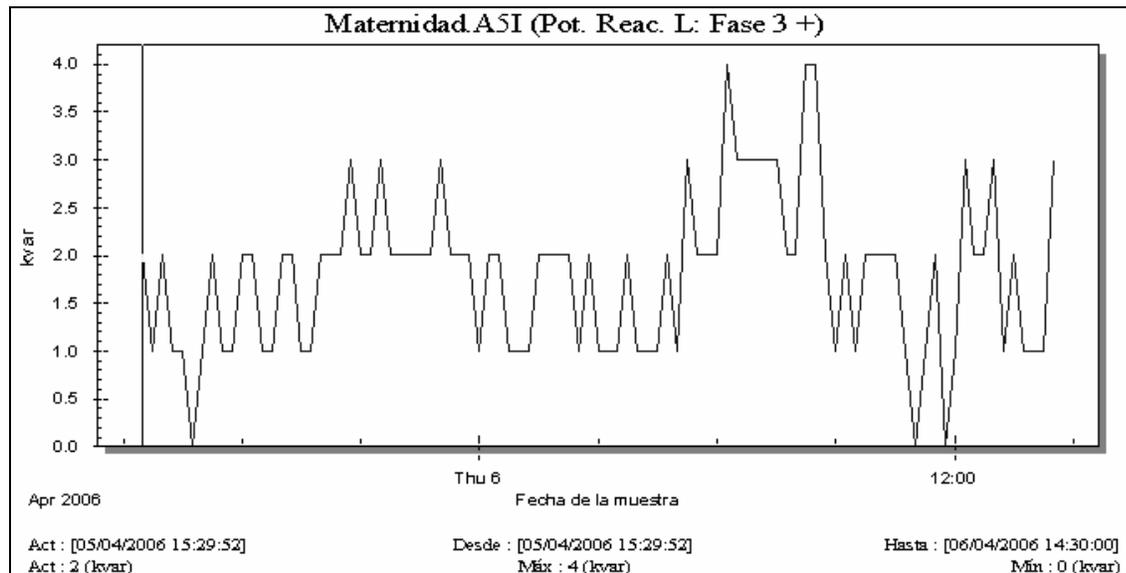
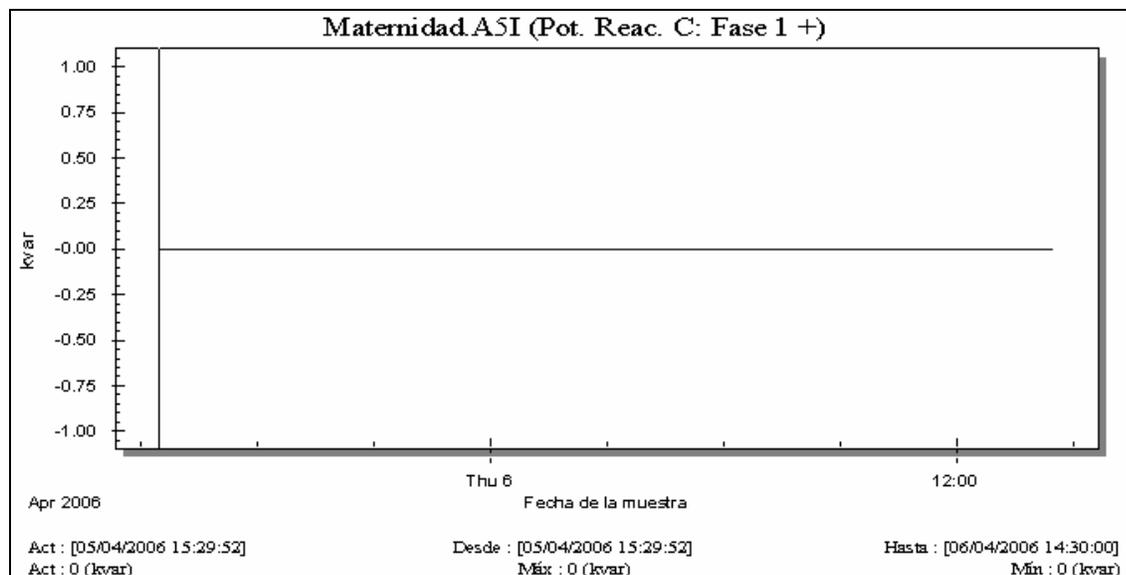


Figura 39 Potencia reactiva capacitiva



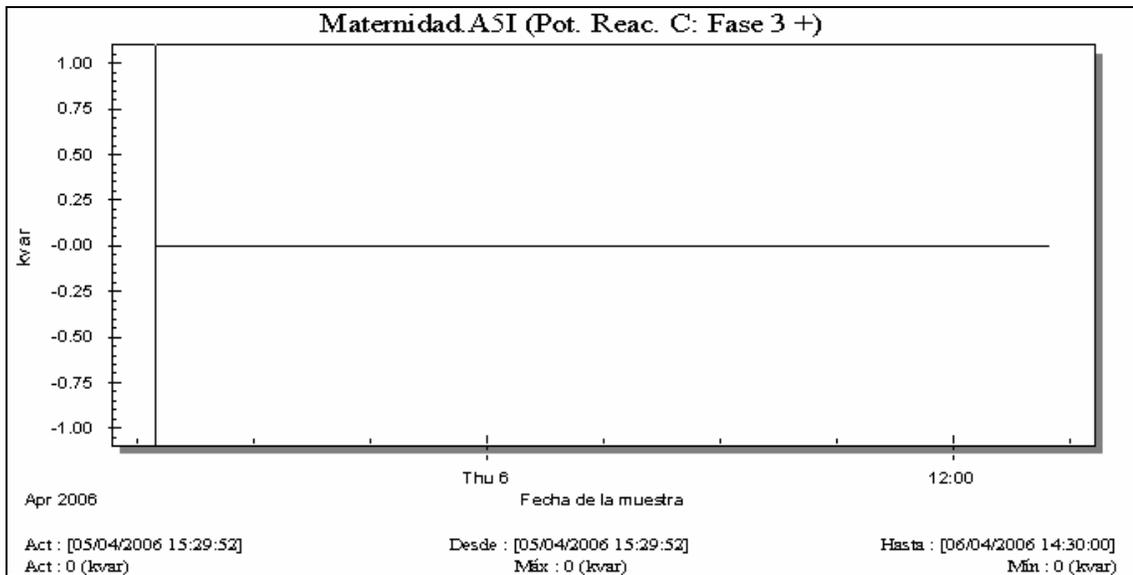
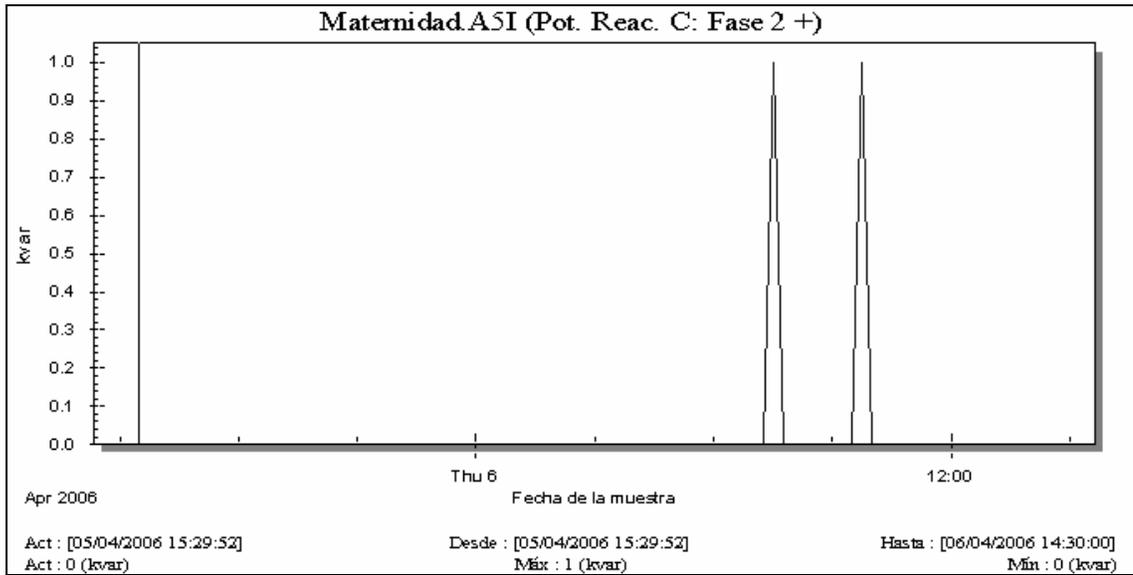
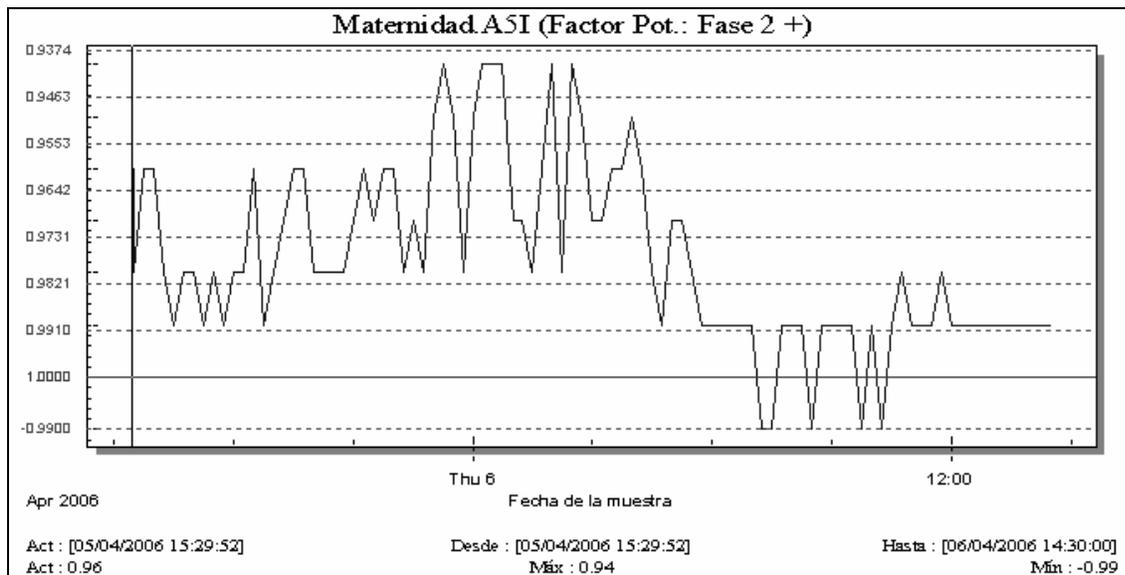
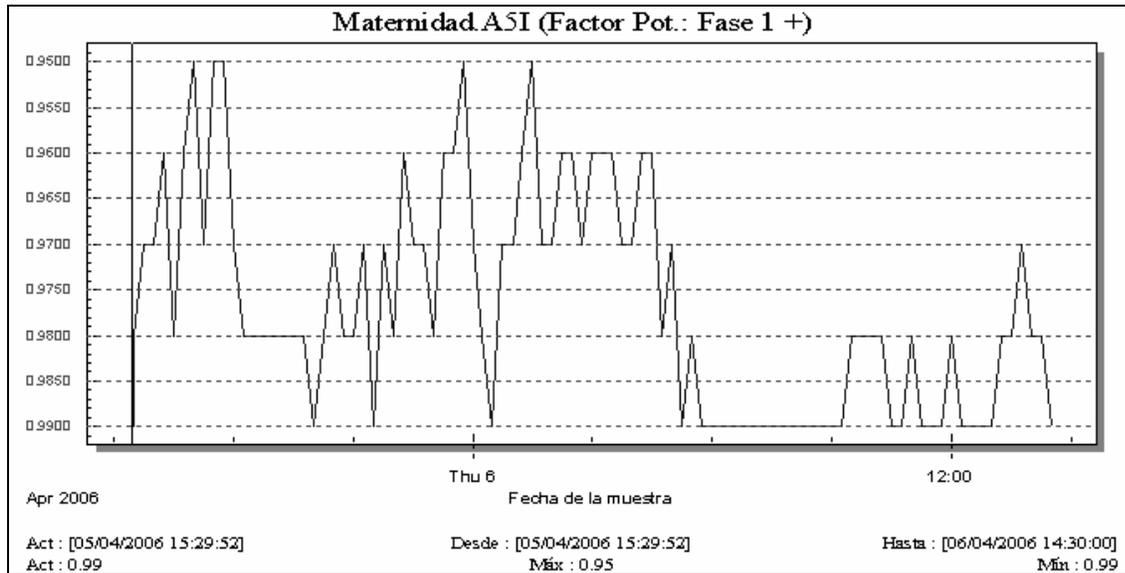


Figura 40 Factor de potencia



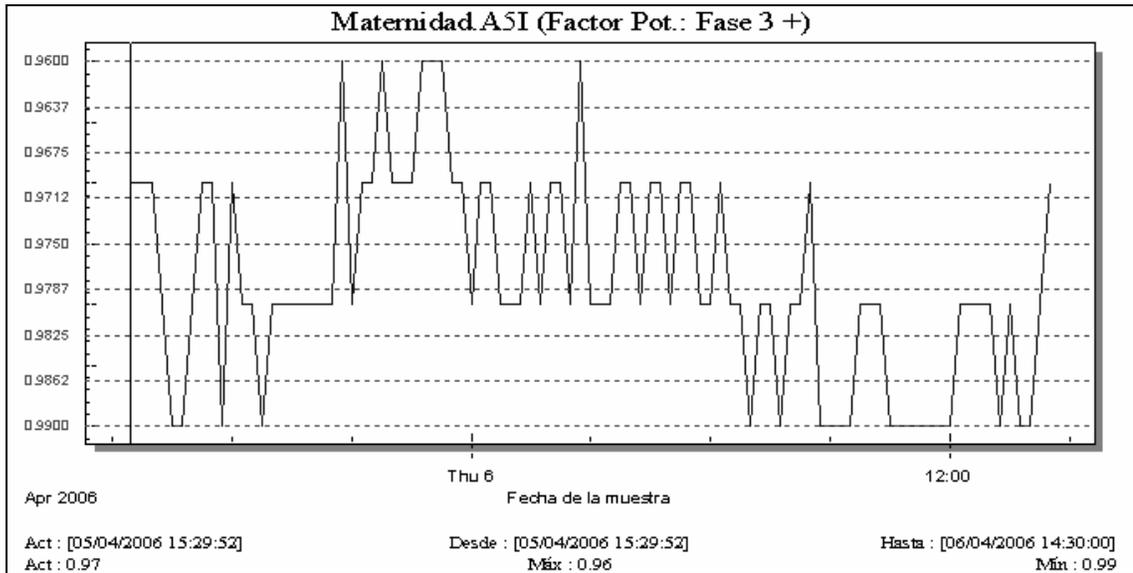


Figura 41 Frecuencia

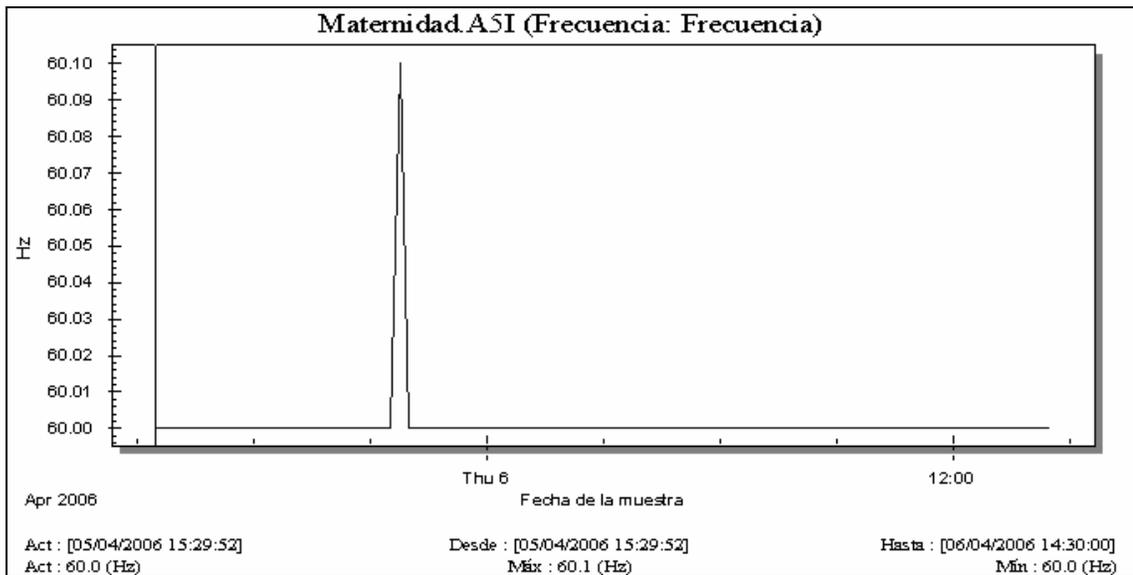


Figura 42 Armónicos de la 1era a la 30va armónica

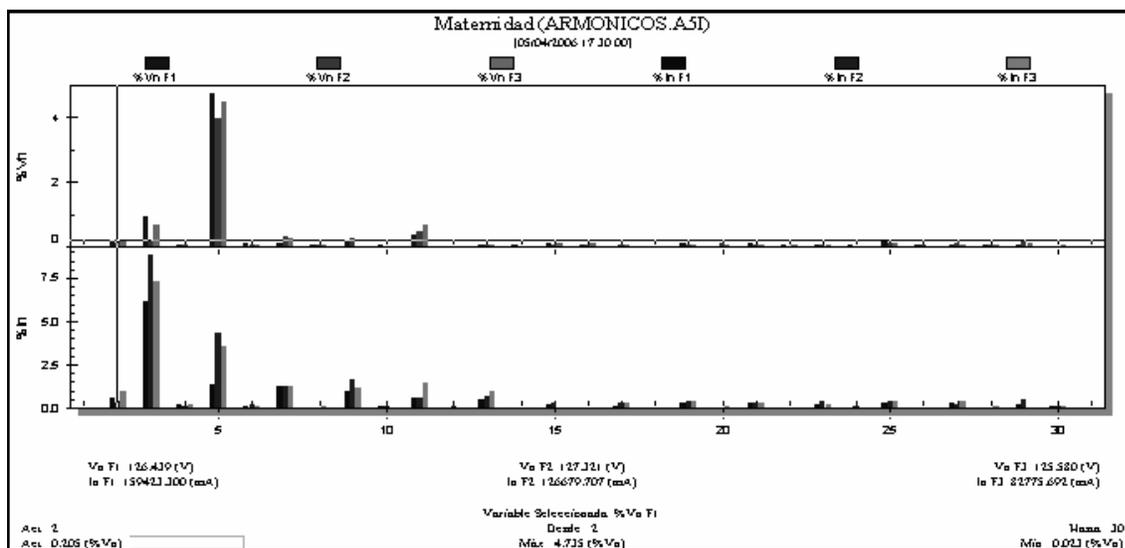
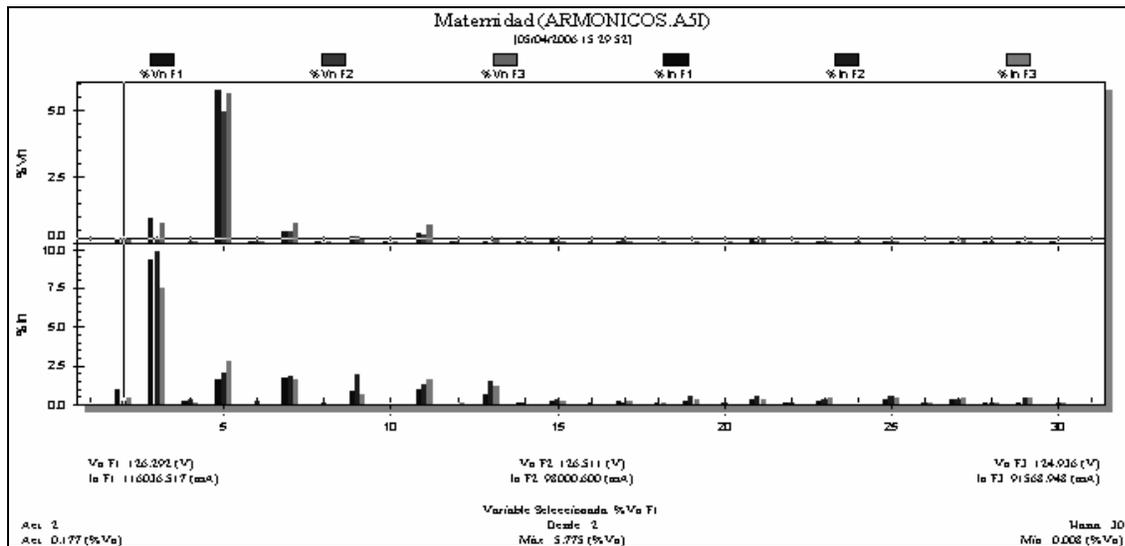
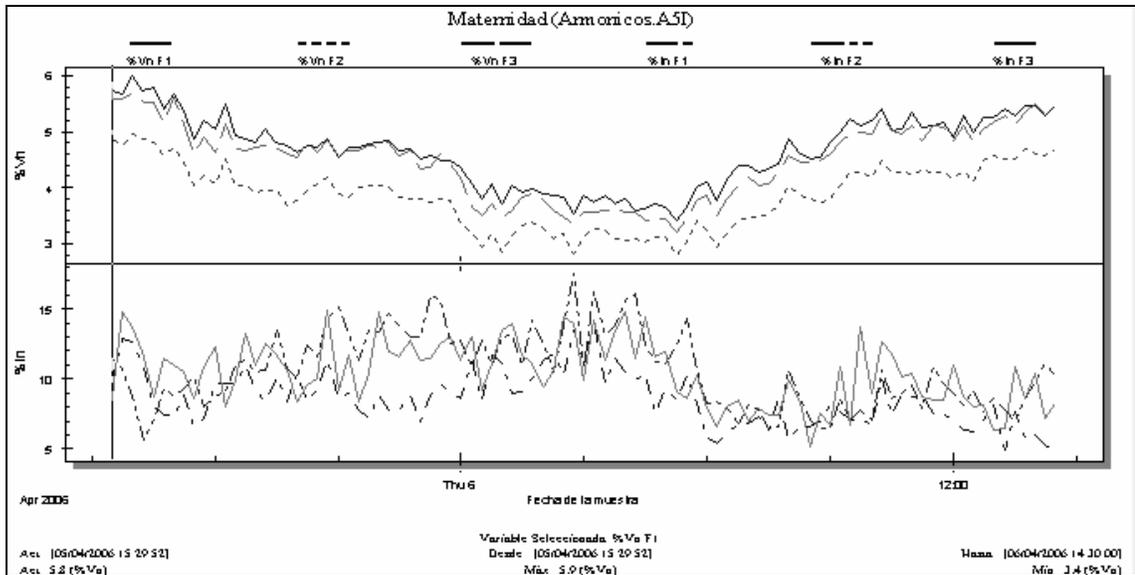
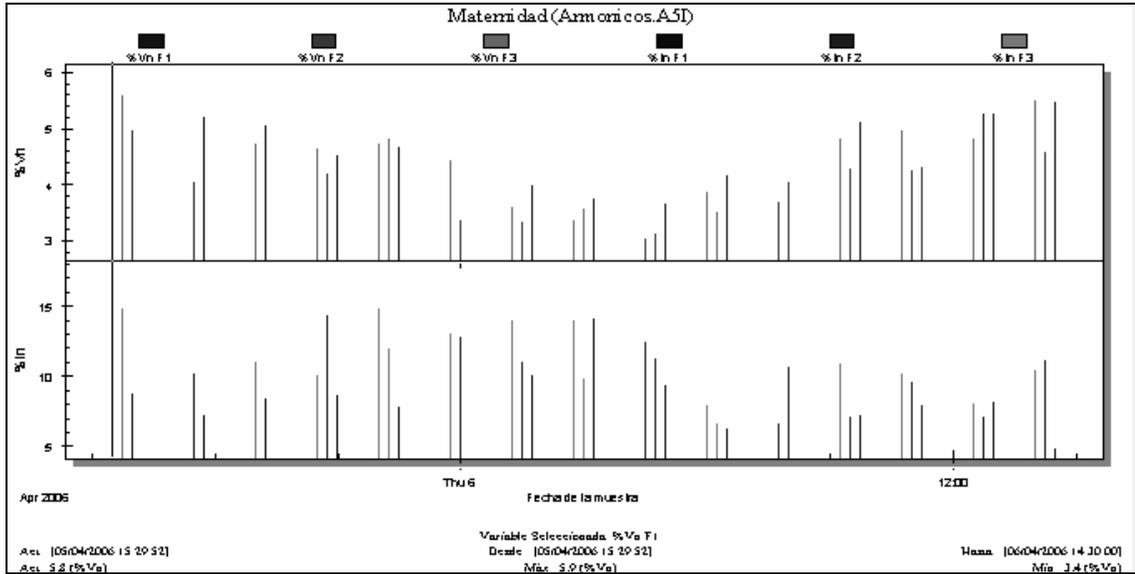
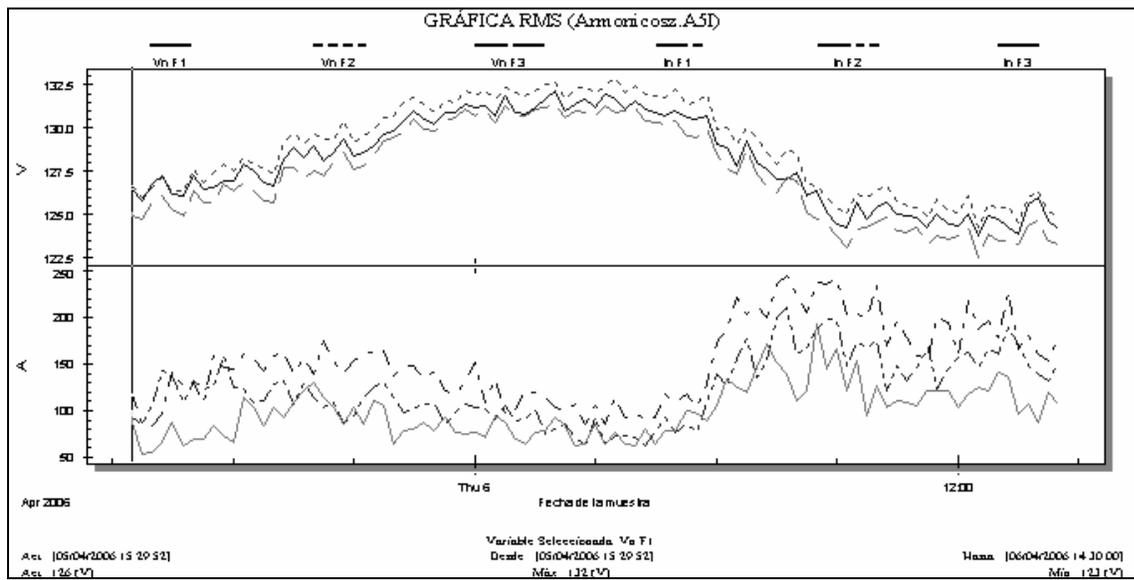
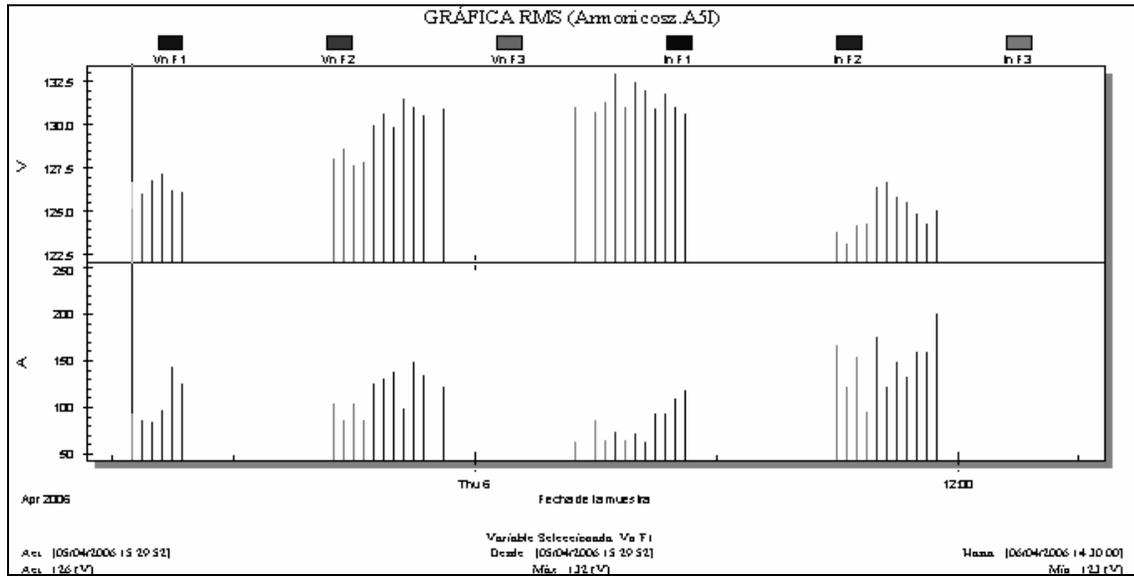
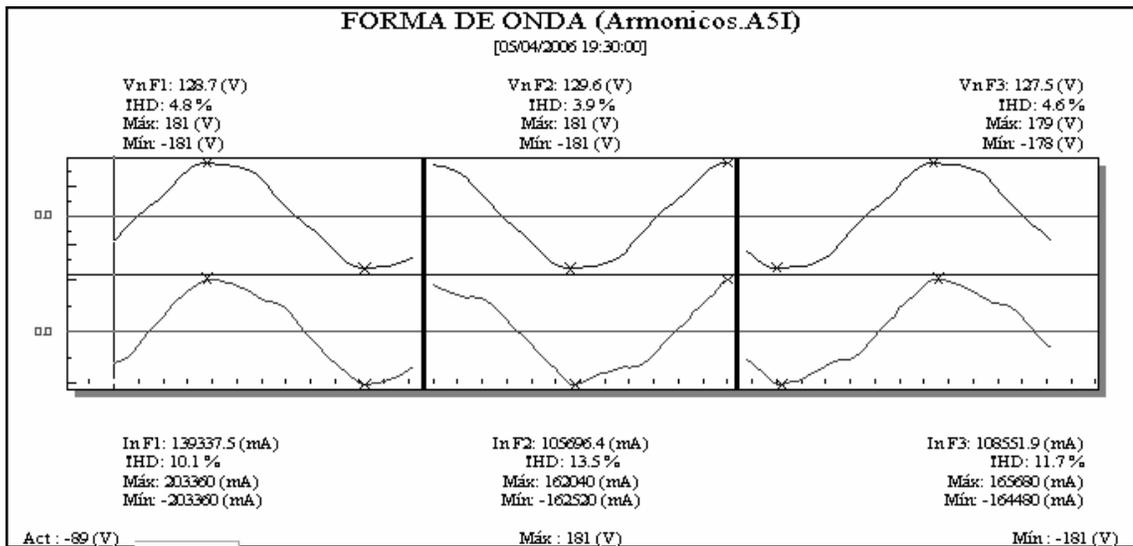
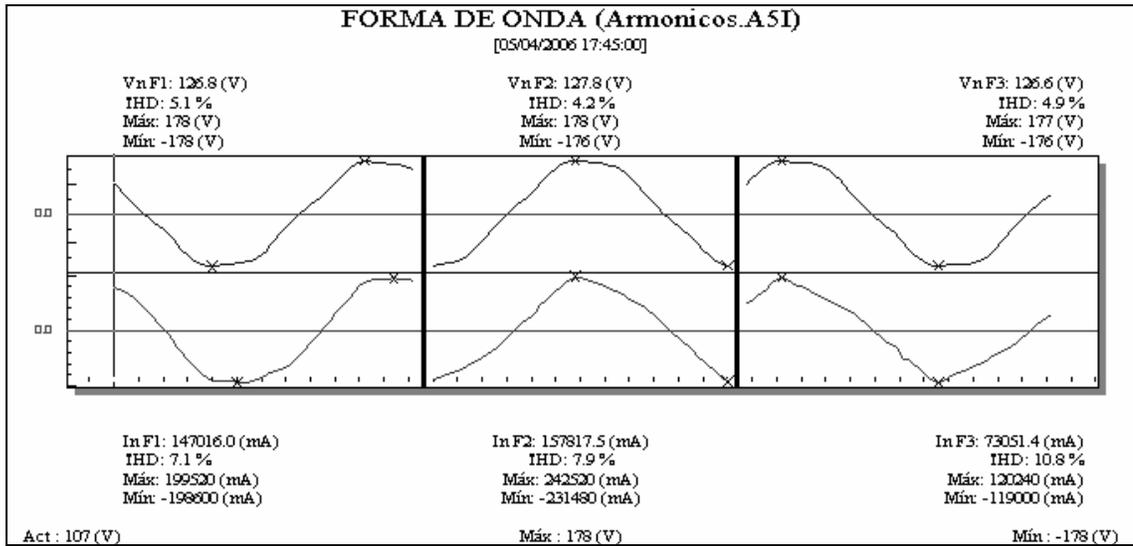


Figura 43 Armónicos







ANEXO

Acometida

Una acometida es una fuente de alimentación principal, para un sistema eléctrico, según el código nacional eléctrico NEC 1999. Establece que se debe considerar que una edificación u otra estructura a la que se suministra energía se debe de alimentar solamente por una acometida, además se debe de considerar una acometida aquella que alimenta un conjunto de conductores de calibre 1/0 y mayores que van colocados en un mismo lugar y están conectados juntos en su extremo de alimentación pero no están conectados juntos en su extremo de carga.

b Seccionador

Para aislar las diversas partes de una instalación o sistema eléctrico se utilizan seccionadores, llamados también separadores, un seccionador tripolar sencillo, lleva tres seccionadores en un mismo armazón y las cuchillas respectivas unidas por medio de un material aislante y resistente, estos aisladores de soporte deben poder resistir la tensión de trabajo a que se hallan sometidos y sufrir las pruebas de sobre tensión según normas y ensayos de laboratorio. La función principal de un seccionador es seccionar ciertos equipos de una subestación eléctrica para dar mantenimiento al equipo y trabajar sin mayor problema evitando así accidentes por voltajes transferidos, de paso o contacto.

La selección de un seccionador debe estar en función de su diseño considerando como parámetros principales la corriente nominal, I_n , el voltaje nominal, V_n y la corriente térmica de operación I_t . Cabe mencionar que los seccionadores deben ser operados solo en tensión o sea sin carga. Para altas corrientes en el orden de los K.

c Transformador

El transformador es una maquina estática de inducción en la cual la energía es transformada en sus dos factores: tensión e intensidad. Cualquiera sea el uso que se le haga a un transformador se llama primario el circuito que recibe la energía y secundario al que suministra a la maquinaria o aparatos receptores.

La utilidad de un transformador es extraordinaria a ello se debe la obtención de modo fácil de tensiones elevadas y gracias a esto ha resultado posible llevar a cabo los envíos de energía en gran escala, a largas distancias, generación, transmisión, distribución.

Por carecer de partes móviles permite una construcción mas sencilla que otras maquinas eléctricas, esta construido por un núcleo magnético cerrado y laminado sobre la cual van los arrollamientos primarios y secundarios.

c1 ESPECIFICACIONES GENERALES DE TRANSFORMADORES

El estado actual de los diferentes trafos se obtuvieron como consecuencias de estudios realizados en las diferentes áreas de localización de los transformadores, toman en cuenta área, ventilación, libranzas, y tiempo de vida útil de los equipos señalando y enumerando directamente los trafos que exigen un cambio inmediato así como los que reclaman mantenimiento.

Para los transformadores tipo seco, deberá tomarse en cuenta las siguientes situaciones: voltaje, corriente, ubicación, capacidad y configuración

c2 CLASIFICACION SEGÚN EL MÉTODO DE ENFRIAMIENTO

Se adoptará como norma la siguiente clasificación que concuerda esencialmente con la recomendación IEC/ISO.

El medio refrigerante y tipo de su circulación se identificarán con letras como se indica a continuación:

TIPO DE REFRIGERANTE	SÍMBOLO
Aceite mineral	O
Askarel	L
Gas	G
Agua	W
Aire	A
Aislante sólido	S

c3 Tipo de circulación

Natural	N
Forzada	F

Cada método de enfriamiento se identificará con cuatro letras ordenadas según se indica enseguida, y se utilizará una diagonal en el caso de presentarse varias alternativas.

1a. letra	2da. Letra	3a. letra	4a. letra
Indica el medio refrigerante en contacto con los devanados		Indica el medio refrigerante en contacto con el sistema de enfriamiento exterior	
Clase de refrigerante	Clase de circulación	Clase de refrigerante	Clase de circulación

Se propone como alternativa el uso transitorio de la clasificación norteamericana para la identificación de las clases de enfriamiento que se describe a continuación mientras se generaliza el uso de la nomenclatura IEC/ISO

Transformadores sumergidos en aceite enfriados por aire

- a- sumergidos en aceite, auto enfriados (OA)
- b- sumergidos en aceite, auto enfriados/aire forzado (OA/FA)
- c- sumergidos en aceite, auto enfriados /aire forzado/aire forzado (OA/FA/FA)

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con aire y enfriados con aceite forzado

- a- sumergidos en aceite, auto enfriados/aire forzado/aceite forzado (OA/FA/FOA)

- b- sumergidos en aceite, auto enfriados/aire forzado-aceite forzado/aire forzado-aceite forzado (OA/FA/FOA).

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con agua

- a- sumergidos en aceite, enfriados con agua (OW)
- b- sumergidos en aceite, enfriados con agua /auto enfriados (OW/A)

Transformadores sumergidos en aceite enfriados con aceite forzado

- a. sumergido en aceite, aceite forzado con aire forzado (FOA)
- b. sumergido en aceite, aceite forzado con agua forzada (FOW).

d Supresor de picos

Equipo utilizado para eliminar picos de corrientes y voltajes se fabrican en diferentes marcas generalmente en función de corrientes, voltajes y frecuencias.

Un modulo de supresión de **picos** es usado como un elemento único en soluciones integradas dentro de un sistema de **picos** y transientes.

Este incorpora un único disco Varistor de Oxido Metálico de grado distribución ensamblado bajo presión en una cubierta de aluminio sellada al ambiente.

d1 Perturbaciones

Las perturbaciones pueden ser generadas por varias causas, una de ellas es la conexión a la red del sistema eléctrico de grandes motores y soldadores. La EEGSA considerará aplicar penalizaciones en aquellos casos en que los niveles de emisión de perturbaciones de un cliente se entiendan inadmisibles para la empresa o para otros clientes.

Estos límites admisibles se encuentran en las normas de EEGSA y los criterios de aceptación de clientes perturbadores-EEGSA.

d2 perturbaciones

Las principales perturbaciones son:

- Huecos de Tensión
- Sobre tensión temporaria
- Sobre tensión transitoria
- Subtensión
- Fluctuaciones de Tensión (Flicker)
- Armónicos
- Desequilibrios de tensión

- Huecos de tensión

Un hueco de tensión es una súbita reducción de la tensión de alimentación a un valor entre un 90% y un 1% de la tensión nominal V_n , seguida de una recuperación luego de un período corto de tiempo.

Convencionalmente la duración de un hueco de tensión es entre 10 ms y 1 minuto.

La profundidad de un hueco de tensión se define como la diferencia entre el valor RMS mínimo durante el hueco y la tensión nominal. Cambios de tensión que no reducen la tensión de alimentación a menos del 90 % de la tensión nominal V_n no se consideran como huecos.

- **Sobre tensión temporaria**

Una sobre tensión temporaria es una sobre tensión, en algún punto, de relativamente larga duración, a la frecuencia de 60 Hz.

Nota: Sobre tensiones temporarias usualmente se originan por cierre o apertura de interruptores, o fallas. (Por ejemplo, reducción súbita de cargas, fallas asimétricas o conexión de cargas no lineales)

- **Sobre tensión transitoria**

Es una sobre tensión de corta duración, oscilatoria o no, usualmente altamente amortiguada, y con una duración de algunos milisegundos.

Nota: Sobre tensiones transitorias son causadas usualmente por rayos, conmutación u operación de fusibles.

El tiempo de establecimiento de una sobre tensión transitoria puede variar desde menos de un microsegundo hasta algunos milisegundos.

- **Subtensión**

Es un descenso del valor eficaz de la tensión por debajo del valor especificado en la Norma de Niveles de Tensión de EEGSA.

- **Flicker**

Las fluctuaciones de tensión pueden causar cambios de luminancia de lámparas incandescentes, las cuales pueden crear el fenómeno visual llamado flicker (parpadeo). Por encima de cierto umbral el flicker se vuelve perceptible.

Dicha percepción crece muy rápidamente con la amplitud de la fluctuación. A ciertas frecuencias del fenómeno aún muy pequeñas amplitudes pueden ser percibidas.

- **Armónicos**

- **Armónicos de Tensión.**

Es una tensión sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental (60 Hz) de la tensión de suministro. Las tensiones armónicas pueden ser evaluadas de dos formas, individualmente y globalmente.

· Individualmente, por su amplitud relativa V_h , relacionada a la tensión de la componente fundamental V_1 , donde h es el orden del armónico.

· Globalmente, por ejemplo mediante el cálculo de la distorsión armónica total, mediante la siguiente expresión:

$$\text{THD} = \sqrt{\frac{\text{Suma de los cuadrados de la amplitudes de todos los armónicos}}{\text{Cuadrado de la amplitud de la fundamental}}} \cdot 100\%$$

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_k^2}}{V_1} \cdot 100\% \quad (\text{en la tensión})$$

V_h = Tensión del armónico de orden h (h=1 corresponde a la tensión fundamental)

La Distorsión Armónica Total (THD) es un término comúnmente usado para definir el "factor de distorsión armónica" (DF) en la tensión o corriente, es decir, el efecto de los armónicos sobre la tensión o corriente del sistema de potencia. Este factor se usa en sistemas de baja, media y alta tensión.

Nota: Los armónicos de la tensión de suministro son causados principalmente por cargas no lineales pertenecientes a los clientes, conectadas a cualquier nivel de tensión.

- Armónicos de Corriente

Es una corriente sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental (60 Hz). Armónicos de corriente que fluyen a través de la impedancia del sistema dan lugar a armónicos de tensión.

Los armónicos de corriente y las impedancias del sistema, y en consecuencia los armónicos de tensión en los terminales de suministro son variables en el tiempo.

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (\text{en la corriente})$$

Donde:

I_h = Corriente del armónico de orden h (h=1 corresponde a la corriente fundamental).

La IEEE 519-1992 [8], establece los límites de distorsión armónica en la corriente para sistemas de distribución, en función de la relación I_{cc}/I_L (máxima corriente de cortocircuito simétrica entre la máxima corriente de carga) (ver anexo F).

Esta misma norma establece también los límites de distorsión armónica presentes en la tensión para sistemas de potencia (también en el anexo F).

- **Desequilibrios de tensión.**

En un sistema trifásico, es una condición en la cual los valores eficaces de las tensiones de fase o los ángulos entre fases consecutivas no son iguales.

e Cargas Perturbadoras

Pueden ser cargas perturbadoras:

- Grandes cargas con elevada frecuencia de conexión y desconexión.
 - Hornos de arco y de punto.
 - Soldadura por arco eléctrico.
 - Grandes motores de cargas variables.
 - Molinos de trituración.
 - Conmutación frecuente de los escalones de compensación de potencia reactiva.
 - Equipos de electrónica de potencia:
 - Rectificadores controlados
 - Variadores de frecuencia
 - Convertidores en general
 - Reguladores electrónicos de cargas.
 - Diseño e instalación
- Alimentación eléctrica separada de los circuitos de control y los circuitos de potencia.
- Alimentación a los circuitos de control con fuentes de muy alta calidad:
- Corriente Continua con condensadores o baterías.
 - Corriente Alterna a través de sistemas de alimentación ininterrumpida.
 - Corriente Alterna a través de motor eléctrico-generador con volante de inercia.
- Especial atención a los circuitos de tierra, garantizando el valor adecuado de resistencia, tanto en Media como en Baja Tensión.
- Las líneas de circuitos de mando y control deberán apantallarse suficientemente y conectarse debidamente al circuito de tierra.

La existencia de corrientes armónicas y picos de corriente de arranque deberán ser consideradas a efectos de caídas de tensión y dimensionado de conductores, transformadores, etc.

- El conductor de neutro deberá estar especialmente dimensionado en caso de consumos desequilibrados o cuando exista circulación de armónicos de frecuencia múltiplo de tres.
- Los relés de protección deben ser adecuadamente seleccionados y tratados para no provocar actuaciones intempestivas.

- Adquisición de nuevo material

Debe cumplir la reglamentación vigente (Norma NEC 1999) en cuanto a la emisión de perturbaciones se refiere, garantizando que se encuentra por debajo de los límites establecidos. El fabricante debe garantizar su nivel de inmunidad frente a las perturbaciones.

No debe prescindirse de los elementos adicionales a cualquier aparato que aseguren su adecuado comportamiento en cuanto a la emisión de perturbaciones y a su inmunidad frente a las mismas.

Adecuación en las instalaciones del hospital para evitar la producción y transmisión de perturbaciones

De las posibles recomendaciones orientadas a evitar la producción de estos efectos, se anuncian las siguientes:

- · Instalación de arrancadores suaves o escalonados.
- · Correcto diseño y ejecución cuidadosa de las instalaciones.
- · Evitar las coincidencias de los picos de corriente a consumir.
- · Utilización de compensadores estáticos que mediante interruptores electrónicos y reactancias compensen las fuertes oscilaciones de corrientes en las cargas.
- · Regulación correcta de protecciones internas de la instalación.
- · Suprimir o reducir el consumo de corrientes armónicas por parte de los receptores, con un cuidadoso diseño de los circuitos electrónicos de potencia.
- · Evitar el funcionamiento en la zona de saturación de las máquinas que utilicen núcleos ferromagnéticos.
- · Inserción de filtros antiarmónicos en la alimentación a los circuitos generadores de armónicos.

A efectos de evitar la posible transmisión de perturbaciones que se refiere básicamente al caso de los impulsos (sobre tensión transitoria) y de los armónicos, en ese sentido se propone:

- · Instalación de pararrayos (según Norma NEC 1999).
- · Alimentación eléctrica independiente de los receptores generadores de armónicos.
- · Instalación de filtros antiarmónicos, sintonizados a las frecuencias apropiadas, en lugar de baterías de condensadores simples.

g Acciones Correctivas

Actuación en las instalaciones del Hospital General San Juan de Dios para reducir las repercusiones de las perturbaciones.

Entre los medios de atenuación y corrección de los efectos de las perturbaciones descritas se proponen las siguientes:

- · Alimentar contactores y relés de los circuitos de mando, con corriente continua y condensador de almacenaje.
- · Temporizar contactores y relés cuya velocidad no sea crítica en los procesos.
- · Reajuste de tiempo y nivel de actuación de protecciones.
- · Aumento de energía almacenada en las fuentes de alimentación a los circuitos electrónicos de control.
- · Sustitución de tipos de lámparas de descarga sensibles a los huecos de tensión por otras que no lo sean.

Además y en particular para los impulsos de tensión se propone lo siguiente:

- · Instalación de supresores de sobre tensiones de forma escalonada varistores, diodos zener, incluyendo reactancias en serie en caso necesario.
- · Disposición de filtros y redes RC en la alimentación a circuitos electrónicos.

- · Alimentación a través de transformadores de aislamiento apropiados a las cargas críticas.

Para el caso concreto de instalaciones que puedan sufrir la influencia de equipos generadores de corrientes armónicas se propone:

- · Sobredimensionar condensadores.
- · Sobredimensionar transformadores de potencia.
- · Sobredimensionar conductores.
- · Alimentar separadamente las cargas generadores de corrientes armónicas del resto de la instalación.
- · Estudiar la posibilidad de resonancia entre baterías de condensadores y reactancias de transformador de potencia y red h, relacionada a la tensión de la componente fundamental V_h , donde h es el orden del armónico, redes RC en la alimentación a circuitos electrónicos

i Tableros Industriales

Los tableros son una serie de dispositivos que tienen por objeto soportar, barras, bus mímicos, indicadores luminosos alarmas, aparatos de control, medición y protección. Generalmente se fabrican con lámina de acero de 3mm de grueso o de plástico reforzado u otro material que cumpla con todas las condiciones, como tensión, deflexión y temperatura según normas.

Estas se montan sobre bases estructurales que van ancladas en bases de concreto. Dependiendo de la función que prestan y del tamaño de la subestación, los tableros se pueden clasificar en varios tipos.

- a- Tableros de un solo frente: son los más usados en subestaciones pequeñas, son de tipo vertical, en ella se montan equipos de protección, medición y control. La colocación de los elementos debe hacerse en forma tal que ningún elemento interfiera con la operación y maniobra de otra.
- b- En otras palabras debe cumplir con libranzas eléctricas respetando ciertos espacios mínimos entre cajas de relevadores y espacios necesarios para los ductos de cableado.
- c- Tableros de doble frente o duplex: son de tipo vertical tienen dos frentes opuestos con un pasillo al centro, son utilizados en subestaciones medianas. Tiene como característica llevar los equipos de medición y control en la parte frontal, mientras que en la parte posterior llevan los relevadores de protección.
- d- Tableros separados para mando y protección: en subestaciones en gran escala los espacios que ocupan los tableros son demasiados considerables por lo que es necesario separar tableros, los necesarios para medición y control accesibles al operador y los necesarios para protección según las necesidades en la subestación.
- e- Tableros tipo mosaico: es un tipo de arreglo con elementos modulares formados por cuadros de 2.5 mm de lado, se utiliza en tableros de frente vertical o de tipo consola, que se instalan en subestaciones controladas a control remoto, en la que los relevadores se fijan en tableros separados.

Tiene mayor aplicación en subestaciones encapsulados, ya que estos tableros son sumamente compactos y esta medida es precisamente por el uso de transductores para medición relevadores de interposición y cable de control tipo telefónico.

Para establecer un procedimiento de mantenimiento es necesario conocer tipo, aplicación, detalles y servicios que prestan.

Tableros para servicio de estación: estas pueden ser tipo intemperie o de tipo interior, esta última es la utilizada en el hospital general en el área de quirófanos.

- a- Tipo intemperie: es un tablero tipo blindado, de doble frente, sin pasillo al centro, utilizado para control y protección de todos los servicios de corriente alterna, formado por cuatro secciones dos de ellas para recibir la energía de los transformadores y las otras para los interruptores termo magnéticos.
- b- Tipo interior: conocido como tablero secundario, normalmente se encuentra en los edificios y son los que reciben la energía secundaria de 220 V también formado por cuatro secciones.

Sección 1: empleado para protección y control de servicios de tensión de 220 V tres fases, cuatro hilos, con el neutro solidamente conectado a tierra.

Sección 2: recibe la energía de las barras del tablero secundario y la distribuye para el control y protección de circuitos de alumbrado de aparatos registradores y aparatos de mantenimiento.

Sección 3: recibe la energía de las barras de corriente alterna del tablero y la distribuye a través del rectificador, a las barras de corriente directa de 120 V y de esta a los interruptores termo magnético que alimentan servicios de 120 V incluyendo la carga de la batería de 120 V.

Sección 4: recibe la energía de las barras de corriente alterna del tablero y la distribuye al rectificador, esta a las barras de corriente directa de 51.6 V a partir de las cuales y por medio de interruptores termo magnéticos que alimentan servicios de 51.6 V incluyendo la carga de la batería de 51.6 V.

Tabla XXV Detalles generales para tableros

Normas y procedimientos para tableros		
Tableros	distancias	detalles
Para servicios de estación	altura máxima 2.28 m	
	altura mínima 60 cm.	Partes vivas sobre el suelo
	altura máxima 1.90 m	Tablillas, terminales y conexiones sobre el suelo
de control	altura máxima 160 cm.	conmutadores, bus mímico
	altura mínima 80 cm.	conmutadores
Bus mímico dimensiones	Capacidad en kv	color de bus
Plástico de 3 mm x 10 mm	6.6	verde
	13.8	negro
	23	blanco
	34.5	café
	69	naranja
	85	rojo
	230	amarillo
	400	azul
de protección		
	altura mínima suelo 10 cm.	Altura de tablillas, máximo 30 tablillas, tertmoplast
	altura mínima suelo 10 cm.	Altura de cuchillas máximo 24 cuchillas
perforaciones para aparatos	altura >75 altura < 220cm	limites de perforaciones
distancias mínimas	4 cm.	orilla de tablero

Fuente: diseño de subestaciones eléctricas, José Raul Martín.