



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

**PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO
GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL**

Julio Gonzalo Robles Palma

Asesorado por el Ing. Byron René Lucas Ríos

Guatemala, abril de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO
GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO GONZALO ROBLES PALMA

ASESORADO POR EL ING. BYRON RENÉ LUCAS RÍOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ABRIL DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I: Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II: Ing. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III: Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV: Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA: Ing. Marcia Ivónnee Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR: Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR: Ing. Jorge Pérez Rivera
EXAMINADOR: Ing. Saúl Cabezas Durán
SECRETARIA: Ing. Marcia Ivónnee 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:

**PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO
GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha marzo de 2006.



Julio Gonzalo Robles Palma

Guatemala, 05 de diciembre de 2006

Ing. Ángel Roberto Sic García
Coordinador Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Sic:

Por este medio le informo que como Asesor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) del estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica **Julio Gonzalo Robles Palma**, procedí a revisar el informe final de la practica de EPS, titulado **“PLANIFICACION PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL”**.

Le manifiesto que encuentro el trabajo satisfactorio y en mi opinión llena los requisitos para su aprobación. En virtud lo doy por APROBADO, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular me es grato suscribirme.

Atentamente,


Ing. Byron Rene Lucas Ríos
Asesor
Colegiado No. 2197

BYRON RENE LUCAS RIOS
Ing. Mecánico Electricista
Colegiado No. 2,197



Guatemala, 23 de enero de 2007
Ref. EPS, C. 35.01.07

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 **“PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL DE GINECO - OBSTETRICIA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL”**.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante universitario, **Julio Gonzalo Robles Palma**, quien fue asesorado por el Ing. Byron René Lucas Ríos 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 aprobación del mismo por parte del asesor y supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“*Id y Enseñad a Todos*”

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS

ARSG/jm



Guatemala, 23 de enero de 2007
Ref. EPS. C. 35.01.07

Ing. Angel Roberto Sic García
Director 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 Mecánica Eléctrica, **Julio Gonzalo Robles Palma**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es titulado **“PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL DE GINECO - OBSTETRICIA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL”**.

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,

“D y Enseñad a Todos”

Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Colegiado 6271

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



KIER/jm



FACULTAD DE INGENIERIA

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; Julio Gonzalo Robles Palma titulado: **PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 10 DE ABRIL 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: **PLANIFICACIÓN PARA LA REMODELACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA DEL INSTITUTO GUATEMALTECO DE SEGURIDAD SOCIAL**, presentado por el estudiante universitario **Julio Gonzalo Robles Palma**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, abril de 2007



AGRADECIMIENTO A

Dios	Por ser mi creador y Padre celestial el que siempre me ha bendecido con la sabiduría, valor, y fuerzas necesarias para vencer cualquier obstáculo y alcanzar mis metas en la vida.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser ingeniero.
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Por la implementación formal del programa de EPS en la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
División de Mantenimiento del IGSS	Por permitir la realización de este proyecto y por toda la ayuda brindada en el desarrollo del mismo.
Hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS	Por su total apoyo y comprensión en todo momento durante la realización de los estudios necesarios dentro de sus instalaciones.
Centro de Investigaciones de Ingeniería	Por su aporte en la realización de las mediciones del estado actual de la iluminación y de la red de tierras del hospital.

ACTO QUE DEDICO A

- Mis padres** Julio César Robles García e Isabel Palma de Robles, como un reconocimiento por todo su amor, dedicación, confianza y esfuerzos por hacer de mí la persona que soy ahora.
- Mis hermanos** Julio Rogelio y Julio César, por su cariño, apoyo, comprensión y ejemplo que me han dado durante todos estos años.
- Mi tía** Martha Vidahí Robles, con especial cariño por su apoyo incondicional y sus sabios consejos.
- Mis primos** Paolo Alejandro y Harry Nilson, por compartir conmigo tantos recuerdos de los momentos vividos.
- Mis familiares** En general, por su aprecio, apoyo y consejos en los momentos que he compartido con cada uno.
- Mi mejor amiga** Hileen Elizabeth, por su cariño, compañía y apoyo en todo momento.
- Mis amigos** Carlos Boj, Francisco Trujillo, Andrés Recinos, Edy Aguilar y muchos más junto a los cuales unimos esfuerzos para alcanzar nuestras metas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS	XXIII
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. EVALUACIÓN EN MEDIANA TENSIÓN	1
1.1. Acometidas principales.....	1
1.1.1. Situación actual.....	1
1.1.2. Puntos de conexión a la red.....	2
1.1.3. Conductores.....	3
1.2. Bancos de transformadores.....	3
1.2.1. Capacidad.....	3
1.2.2. Configuración.....	5
1.3. Medición.....	7
1.3.1. Forma de medición.....	7
1.3.2. Ubicación de la medición.....	9
2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES	11
2.1. Instalaciones.....	11
2.1.1. Caracterización de cargas.....	12

2.1.2.	Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos.....	22
2.1.2.1.	Método por cálculo de corriente.....	27
2.1.2.2.	Método por cálculo de caída de tensión.....	36
2.1.3.	Tuberías.....	40
2.1.3.1.	Cálculo de calibres.....	43
2.1.4.	Protección.....	46
2.1.4.1.	Prueba de disparo.....	47
2.1.4.2.	Capacidad de corto circuito.....	49
2.1.4.3.	Corriente nominal.....	50
2.1.5.	Tableros.....	52
2.1.5.1.	Condición actual.....	53
2.2.	Análisis de redes.....	55
2.2.1.	Corrientes.....	56
2.2.2.	Voltajes.....	61
2.2.3.	Factor de potencia.....	65
2.2.4.	Potencias.....	68
2.2.4.1.	Activa.....	69
2.2.4.2.	Reactiva.....	73
2.2.4.3.	Aparente.....	76
2.2.5.	Factor k.....	77
2.2.6.	Análisis de armónicos.....	78
2.2.6.1.	Distorsión armónica THDV.....	81
2.2.7.	Captura de perturbaciones.....	86
2.2.8.	Desbalance.....	86
2.3.	Iluminación.....	87
2.3.1.	Revisión visual.....	88
2.3.2.	Características de las luminarias.....	90
2.3.3.	Iluminación en áreas de parqueo.....	93

2.3.4.	Medición de luxes.....	94
2.4.	Carga instalada.....	97
2.4.1.	Iluminación, Fuerza y Equipos especiales.....	97
3.	DISEÑO DE NUEVA DISTRIBUCIÓN, CANALIZACIÓN Y ALIMENTACIÓN DE TABLEROS PARA LA UNIFICACIÓN DE CADA UNA DE LAS ACOMETIDAS PRINCIPALES DE LOS HOSPITALES.....	99
3.1.	Canalización.....	99
3.1.1.	Rutas de acceso y cajas de registro.....	100
3.1.2.	Diámetros de tuberías y distancias.....	103
3.1.3.	Instalaciones futuras.....	109
3.2.	Tableros principales.....	109
3.2.1.	Cálculo de capacidad.....	110
3.2.2.	Ubicación.....	114
3.2.3.	Cantidades de circuitos a alimentar.....	115
4.	RED DE TIERRAS Y SISTEMA DE PROTECCIÓN ELECTROSTÁTICA.....	119
4.1.	Red de tierras.....	119
4.1.1.	Condición actual.....	121
4.1.2.	Medición.....	124
4.1.3.	Cálculos para nuevo diseño.....	127
4.2.	Pararrayos.....	131
4.2.1.	Condición actual.....	134
4.2.2.	Medición.....	136
4.2.3.	Cálculos para nuevo diseño.....	136
5.	INSTALACIONES ESPECIALES.....	143

5.1.	Área Médica.....	143
5.1.1.	Quirófanos.....	144
5.1.2.	Rayos X.....	148
5.1.3.	Aire acondicionado.....	148
5.1.4.	Equipo para banco de sangre.....	150
5.1.5.	Equipo para fabricación de prótesis.....	153
5.2.	Área de mantenimiento y servicios.....	153
5.2.1.	Bombas de agua.....	153
5.2.2.	Lavadoras de ropa industriales.....	154
5.2.3.	Secadoras de ropa industriales.....	154
5.2.4.	Equipo industrial para cocina.....	155
5.2.5.	Máquinas industriales para costurera.....	155
6.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS	
	RELACIONADAS.....	157
6.1.	Especificaciones técnicas de los equipos a instalar.....	157
6.1.1.	Medidas, tipos de materiales y como instalarlo.....	157
6.2.	Normas para instalaciones eléctricas en hospitales.....	165
6.2.1.	Normas NEC.....	165
6.2.2.	Normas IEEE.....	167
6.2.3.	Normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala.....	169
7.	CANTIDADES DE TRABAJO.....	171
7.1.	Instalaciones básicas.....	171
7.1.1.	Lámparas.....	171
7.1.2.	Tomacorrientes.....	173
7.2.	Otras instalaciones.....	174
7.2.1.	Tableros de distribución.....	174
7.2.2.	Instalaciones de equipo especial.....	175

7.2.3.	Canalización de acometidas.....	177
7.3.	Mediciones y estudios realizados.....	178
8.	PROPUESTA DE UNA NUEVA SUBESTACIÓN.....	179
8.1.	Características a considerar.....	180
8.1.1.	Capacidad.....	181
8.1.2.	Ubicación.....	183
8.1.3.	Canalización.....	184
8.1.4.	Distribución general para todas las acometidas.....	184
9.	INTEGRACIÓN DE CARGAS Y PLANILLAS DE TABLEROS.....	187
9.1.	Cargas.....	187
9.1.1.	Integración de nuevas cargas.....	187
9.1.2.	Factor de crecimiento.....	188
9.2.	Planillas de tableros.....	188
9.2.1.	Especificación para alimentación de los mismos.....	188
9.2.2.	Cantidad de cargas para cada tablero.....	189
10.	PLANOS Y DIAGRAMAS.....	191
10.1.	Planos eléctricos.....	192
10.1.1.	Planos unifilares de las acometidas y planillas de tableros.....	199
10.2.	Diagramas.....	203
10.2.1.	Para especificaciones técnicas.....	203
11.	EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL HOSPITAL DE GINECO- OBSTETRICIA AL MERCADO MAYORISTA COMO GRAN USUARIO.....	207
11.1.	Requisitos para la incorporación al Mercado Mayorista.....	208

11.2. Factibilidad de incorporar el hospital de Gineco-Obstetricia al
Mercado Mayorista.....210

CONCLUSIONES.....211

RECOMENDACIONES.....213

BIBLIOGRAFÍA.....215

ANEXOS.....217

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Configuración delta-estrella de transformadores.....	6
2. Configuración delta-delta de transformadores.....	6
3. Conexión de un transformador monofásico.....	7
4. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 1.....	13
5. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 1.....	13
6. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 1.....	14
7. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 2.....	17
8. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 2.....	17
9. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 2.....	18
10. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 3.....	20
11. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 3.....	20
12. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 3.....	21
13. Configuraciones de interruptores Termomagnéticos.....	51
14. Gráfica de corriente en L1, L2 y L3 del banco No. 1.....	57
15. Gráfica de corriente trifásica del banco No. 1.....	57
16. Gráfica de corriente en L1, L2 L3 del banco No. 2.....	58
17. Gráfica de corriente trifásica del banco No. 2.....	59
18. Gráfica de corriente en L1 y L3 del banco No. 3.....	60
19. Gráfica de voltajes en L1, L2 y L3 del banco No. 1.....	61
20. Gráfica de voltaje trifásico del banco No. 1.....	62
21. Gráfica de voltajes en L1, L2 y L3 del banco No. 2.....	62
22. Gráfica de voltaje trifásico del banco No. 2.....	63

23. Gráfica de voltajes en L1 L3 del banco No. 3.....	64
24. Gráfica de factores de potencia en L1, L2 Y L3 del banco No. 1.....	65
25. Gráfica de factor de potencia trifásico del banco No. 1.....	66
26. Gráfica de factores de potencia en L1, L2 y L3 del banco No. 2.....	66
27. Gráfica de factor de potencia trifásico del banco No. 2.....	67
28. Gráfica de factores de potencia en L1 y L3 del banco No. 3.....	68
29. Gráfica de potencias activas en L1, L2 y L3 del banco No. 1.....	69
30. Gráfica de potencia activa trifásica del banco No. 1.....	70
31. Gráfica de potencias activas en L1, L2 y L3 del banco No. 2.....	71
32. Gráfica de potencia activa trifásica del banco No. 2.....	71
33. Gráfica de potencias activas en L1 y L3 del banco No. 3.....	72
34. Gráfica de potencias reactivas en L1, L2 y L3 del banco No. 1.....	73
35. Gráfica de potencia reactiva trifásica del banco No. 1.....	74
36. Gráfica de potencias reactivas en L1, L2 y L3 del banco No. 2.....	74
37. Gráfica de potencia reactiva trifásica del banco No. 2.....	75
38. Gráfica de potencia reactiva en L1 y L3 del banco No. 3.....	76
39. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 1.....	80
40. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 2.....	80
41. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 3.....	81
42. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 1.....	82
43. Distorsión armónica de voltaje y corriente en % del banco No. 1.....	83
44. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 2.....	84
45. Distorsión armónica de corriente y voltaje en % del banco No. 2.....	84
46. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 3.....	85
47. Distorsión armónica de voltaje y corriente en % del banco No. 3.....	85
48. Lámpara scialítica para quirófano.....	89
49. Lámpara incandescente.....	91
50. Lámpara fluorescente.....	92
51. Lámpara DD (<i>Dusk to Dawn</i>) de vapor de mercurio.....	94

52. Varilla de puesta a tierra en el módulo 9.....	122
53. Varilla de puesta a tierra en el módulo 12.....	122
54. Varilla de puesta a tierra en el módulo 14.....	123
55. Varilla de puesta a tierra en la cabaña 1.....	123
56. Varilla de puesta a tierra en la cabaña 3.....	124
57. <i>Megger</i> medidor de tierras.....	125
58. Método de caída de potencial para medir resistencia a tierra.....	126
59. Sistema de electrodo a tierra.....	128
60. Conexión de las varillas de la red de tierras de la subestación.....	130
61. Pararrayos ubicado en el área de mantenimiento.....	135
62. Pararrayos ubicado a la par de la cabaña 4.....	135
63. Subestación tipo unitaria o encapsulada.....	180
64. Plano de conjunto de todo el Complejo de Pamplona.....	191
65. Plano de canalización eléctrica general actual de los hospitales de Gineco-Obstetricia y Rehabilitación.....	192
66. Plano de canalización eléctrica nueva para módulos y oficinas.....	193
67. Plano de canalización eléctrica nueva para cabañas.....	194
68. Plano de puestas a tierra actuales de las cabañas.....	195
69. Plano de puestas a tierra actuales de los módulos.....	196
70. Plano de red de tierras nueva para las cabañas y subestación.....	197
71. Plano de red de tierras nueva para los módulos y subestación.....	198
72. Plano situación actual de banco de transformadores No. 1.....	199
73. Plano situación actual de banco de transformadores No. 2.....	200
74. Plano situación actual de banco de transformadores No. 3.....	200
75. Plano de nuevo Tablero Principal TP-1.....	201
76. Plano de nuevo Tablero Principal TP-2.....	201
77. Plano de nueva distribución eléctrica general del hospital de Gineco-Obstetricia.....	202

78. Diagrama de radio de protección del pararrayos <i>Franklin</i> para la subestación.....	203
79. Diagrama de radio de protección del pararrayos <i>Pulsar</i> de <i>Helita</i> para las cabañas.....	204
80. Diagrama de radio de protección del pararrayos <i>Pulsar</i> de <i>Helita</i> para los módulos.....	205

TABLAS

I. Capacidad de conducción de corriente de conductores.....	23
II. Propiedades de aislamiento de los conductores.....	24
III. Área transversal de conductores en mm ²	26
IV. Calibres de conductores actuales y carga total que alimentan.....	28
V. Datos de los conductores por el método de caída de tensión.....	39
VI. Comparación y elección de calibres conductores alimentadores.....	40
VII. Área aproximada en plg ² y cantidad de conductores que pueden ir dentro de una tubería.....	45
VIII. Características de operación tiempo-corriente de Interruptores termomagnéticos.....	48
IX. Clasificación de operación de interruptores termomagnéticos.....	48
X. Condición actual Tablero TP-1.....	54
XI. Condición actual Tablero principal banco transformadores No. 2.....	55
XII. Condición actual Tableros principales de las cabañas.....	55
XIII. Factores K típicos.....	78
XIV. Datos de medición de luxes.....	95
XV. Resumen de diámetros, distancias de las tuberías y cajas.....	108

XVI.	Barras e interruptor principal de tableros de distribución.....	111
XVII.	Valores de barras e interruptor principal de los tableros TP-1, TP-2 y TP-SUB.....	112
XVIII.	Cálculo de protecciones principales que alimentan los módulos y cabañas desde los tableros principales TP-1 y TP-2.....	113
XIX.	Cálculo de protecciones principales que alimentan los módulos y cabañas desde el tablero de la Subestación.....	113
XX.	Circuitos conectados a Administración, Garita y Lavandería.....	116
XXI.	Circuitos conectados a Clínica de rayos X, módulos 9 y 10.....	116
XXII.	Circuitos conectados a módulos 11, 12 y 13.....	116
XXIII.	Circuitos conectados al módulo 14.....	116
XXIV.	Circuitos conectados a cabañas 1, 2, 3 y 4.....	117
XXV.	Valores de resistencia en varillas de puesta a tierra actuales.....	127
XXVI.	Conductores de puesta a tierra para todos los tableros.....	129
XXVII.	Cálculo del área de captura equivalente del rayo.....	137
XXVIII.	Cálculo de Nd y Nc de pararrayos.....	137
XXIX.	Determinación del Nivel de protección de pararrayos.....	138
XXX.	Radios de protección de pararrayos <i>Pulsar de Helita</i>	140
XXXI.	Costos totales reemplazo de lámparas, balastos y <i>starters</i>	172
XXXII.	Costos totales reemplazo de tomacorrientes.....	173
XXXIII.	Costos totales de tableros principales y de distribución.....	174
XXXIV.	Costos totales montaje de la subestación.....	176
XXXV.	Costos totales montaje de pararrayos.....	176
XXXVI.	Costos totales instalación red de tierras.....	177
XXXVII.	Costos totales de nueva canalización.....	178
XXXVIII.	Costos totales de mediciones y estudios realizados.....	178
XXXIX.	Cantidades de cargas para cada tablero principal.....	189

GLOSARIO

Acometida	Conjunto de conductores y componentes utilizados para transportar la energía eléctrica, desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica suministradora, a la instalación eléctrica del inmueble servido.
Alta tensión	Se refiere a todo suministro de energía eléctrica con tensión superior a 1,000 voltios.
Autoclave	Es un dispositivo que sirve para esterilizar material médico o de laboratorio, inactivando todos los virus y bacterias, utilizando vapor de agua a alta presión y temperatura para ello.
Baja tensión	Se refiere a todo suministro de energía eléctrica con tensión inferior a 1,000 voltios.
Bajante	Parte de la instalación exterior de protección contra el rayo, destinada a conducir la corriente de rayo desde la punta captadora a la toma o puesta a tierra.
Balastro	Dispositivo de estabilización de la descarga eléctrica necesaria para el funcionamiento de las lámparas de descarga. Eléctricamente es una reactancia.

Bentonita	Es una arcilla color pardo, de formación natural. Posee baja resistividad (aprox. 5 ohm-metro) y no es corrosiva, es utilizada para reducir la resistividad del terreno en dónde se colocan las varillas de puesta a tierra debido a que puede absorber la humedad del suelo circundante.
Canalización	Se refiere a canales, canaletas, ductos o tubos por donde se hacen pasar los conductores, con el fin de protegerlos mecánicamente y evitar el contacto de personal no calificado con los mismos.
Capacidad de conducción	Se refiere a la capacidad máxima de conducción de conductores eléctricos, expresados en amperios.
Capacidad interruptiva	Es la corriente de cortocircuito que puede interrumpir a voltaje nominal un interruptor, sin daños para el mismo.
Caracterización de cargas	Es una actividad fundamental en el ámbito eléctrico realizada para poder determinar el comportamiento del consumidor.
Carga instalada	Es la suma de la capacidad nominal de todo el equipo eléctrico que se conectará a la acometida.
Cebado	Fenómeno físico comprendido entre la aparición de los efluvios del efecto corona y la propagación continua del trazador ascendente.

Cerámico	Es el número de días promedio por año con tormenta eléctrica en una región específica.
Conductor	En general, es todo aquel material capaz de conducir la corriente eléctrica. También se definen como los “hilos” que transportan la energía eléctrica fabricados generalmente de cobre o aluminio.
Conexión a tierra	Aterrizado de equipo eléctrico en forma efectiva por medio de una conexión de baja impedancia, con suficiente capacidad, de modo que corrientes de cortocircuito no provoquen voltajes que puedan dañar el equipo, instalaciones y/o a las personas.
Contador	Aparato que mide el consumo de energía (activa o reactiva) puede ser propiedad del cliente o de la empresa suministradora. Mide los consumos en kWh.
Cortocircuito	Es una intensidad de corriente sumamente alta, que se forma por contacto directo entre dos o más conductores de distinta fase o de éstos con el neutro.
Demanda	Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo, expresada en kW a un factor de potencia determinado.
Demanda máxima	Es la máxima demanda que se tiene en una instalación durante un período de tiempo específico.

Desbalance	Es un factor que afecta al voltaje, provocando así una mala distribución de la carga y la calidad de la energía eléctrica en la instalación.
Distorsión armónica	Es la distorsión de la onda sinusoidal de corriente o tensión eléctrica de frecuencia nominal, ocasionada por la presencia de señales eléctricas sinusoidales de frecuencias diferentes y múltiplos de dicha frecuencia.
Equipo de medición	Se entiende por equipo de medición a aquel equipo propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con la condiciones del contrato compra-venta.
Equipotencial	Que pone al mismo potencial.
Fusible	Elemento de protección en las instalaciones que se utiliza para protegerlas de las sobre-intensidades causadas por cortocircuitos.
Instalación eléctrica	Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Integración de carga	Procedimiento de transferencia permanente de carga a cierta fuente de energía adecuada en términos de potencia suficiente para alimentarla.
Intensidad de corriente	Es una de las magnitudes que caracterizan a la corriente eléctrica y se define como la cantidad de electricidad que pasa a través de un conductor en un segundo. Su unidad de medida es el amperio.
Intensidad luminosa	Se describe como la fuerza de la luz en una dirección determinada, su unidad de medida es pie-candela.
Interruptor	Es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente.
Interruptor principal	Es el que va colocado entre la acometida y el resto de instalación, sirve para protección del sistema o red suministradora.
Ionización	Es la producción de iones en un gas o en un electrolito.
Lux	Es el efecto de la luz, al incidir sobre una superficie, constituye la iluminación o iluminancia.
Mástil	Soporte de sujeción donde se coloca una punta captadora de pararrayos.

Materiales aislantes	Son materiales no conductores eléctricamente hablando, son utilizados para aislar los conductores de cualquier material conductor u otros conductores en la instalación. Son utilizados como forros de conductores, cintas de aislar, soportes de varias clases, barnices, etc.
Monofásico	Suministro de energía eléctrica que se realiza con una fase y un neutro.
Ohmio	Unidad de medida de la resistencia eléctrica que nos indica la dificultad que opone un conductor al paso de la corriente eléctrica.
Starter o cebador	Dispositivo utilizado para encender una lámpara de descarga (especialmente fluorescente) que provee el precalentamiento necesario de los electrodos o provoca una sobretensión momentánea en combinación con el balastro en serie.
Subestación eléctrica	Es el conjunto de equipo eléctrico coordinado para recibir potencia eléctrica a un nivel de voltaje primario, y suministrarla a los consumidores a un nivel de voltaje secundario.
Tablero	Se le llama tablero eléctrico a un gabinete metálico donde se colocan instrumentos de medida, interruptores, arrancadores y dispositivos de control.

Tensión o Voltaje	Es la diferencia de potencial eléctrico que tiene que existir entre dos partes activas de una instalación, para que la corriente eléctrica circule por dicha instalación. Su unidad de medida es el voltio.
Transformador	El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido por el equipo en la instalación.
Trifásico	Suministro de energía eléctrica que se realiza con tres fases, y dependiendo de la conexión de los transformadores puede tener un neutro.
UPS	Es un sistema completo de respaldo de energía eléctrica capaz de mantener operando el equipo electrónico conectado a él por un período de tiempo mientras no haya suministro eléctrico, con la finalidad de no perder la operación del equipo.
Voltaje nominal	Es el valor para el que ha sido previsto el funcionamiento de un equipo. Por ejemplo: 120/240, 240/480 voltios, etc.

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω	Unidad de resistencia eléctrica en ohmios
A	Unidad de intensidad de corriente eléctrica en amperios
V	Unidad de tensión o voltaje eléctrico en voltios
W	Unidad de potencia activa en watos
Hz	Unidad de frecuencia eléctrica en Hertz
kV	Unidad de tensión o voltaje eléctrico que equivale a mil voltios
kA	Unidad de intensidad de corriente eléctrica que equivale a mil amperios
kW	Unidad de potencia activa que equivale a mil watos
kVA	Unidad de potencia aparente que equivale a mil voltamperios
Kva.	Unidad de potencia reactiva que equivale a mil voltamperios reactivos
kWh	Unidad de consumo energía eléctrica activa que equivale a mil watos por hora
m	Unidad de medida lineal en metros
cm	Unidad de medida lineal en centímetros
mm	Unidad de medida lineal en milímetros
“	Unidad de medida lineal en pulgadas
m²	Unidad de medida de área en metros cuadrados
mm²	Unidad de medida de área en milímetros cuadrados
plg²	Unidad de medida de área en pulgadas cuadradas
°C	Unidad de medida de temperatura en grados centígrados
Φ	Símbolo utilizado en vez de la palabra fases, como por ejemplo 3 Φ significa trifásico o tres fases

LISTADO DE ABREVIATURAS

AMM	Administrador del Mercado Mayorista
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares
AWG	Calibre Americano de Cable
DME	Demanda Máxima Estimada
FD	Factor de Demanda
FP	Factor de Potencia
Hp	Caballos de fuerza
IEC	Comisión Eléctrica Internacional
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social
Inom, In	Intensidad de corriente nominal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

INTECAP	Instituto Técnico de Capacitación y Productividad
MCM	Mil Circular Mil
NEC	Código Eléctrico Nacional
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NTIE	Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución
PVC	Cloruro de Polivinilo (material termoplástico)
rpm	Revoluciones por minuto
THDV	Distorsión Armónica Total de Voltaje
THW	Termoplástico resistente a la Humedad y el Calor
UPS	Suministro de energía ininterrumpido

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, se llevó a cabo un análisis completo del estado actual de cada uno de los componentes que conforman el sistema eléctrico del Hospital de Gineco-Obstetricia del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Dicho análisis incluye una evaluación en mediana tensión desde los bancos de transformadores, también un diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas en cada uno de los módulos, cabañas y oficinas del hospital, llegando al diseño para la remodelación del sistema eléctrico actual.

La remodelación del sistema eléctrico toma en cuenta los datos obtenidos del análisis de calidad de energía que se hizo en las instalaciones y los datos del censo de carga instalada en el hospital. Todo esto para poder diseñar un nuevo sistema en base a una mejor ubicación de tableros principales, dimensionamiento adecuado de conductores alimentadores, cálculo de canalizaciones y las protecciones para cada uno de los circuitos.

Este trabajo incluye el diseño de un nuevo sistema de red de tierras, un nuevo sistema de pararrayos y más importante aún el montaje de una subestación eléctrica tipo unitaria para poder prescindir de los múltiples bancos de transformadores con que cuenta actualmente el hospital, dicha subestación abastecerá del suministro de energía eléctrica no solo a éste hospital sino que también a los hospitales de Rehabilitación y de Salud Mental del IGSS.

Después de todo esto se muestra una serie de planos de conjunto, planos unifilares y diagramas, en los cuales se describe gráficamente el estado actual de las instalaciones eléctricas y el nuevo diseño de las mismas. Y por último se da a conocer la evaluación para la incorporación del hospital al Mercado Mayorista como Gran Usuario.

OBJETIVOS

- **General**

Analizar y evaluar la condición actual del sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS para poder proponer las mejoras correspondientes por medio de un nuevo diseño de sus instalaciones eléctricas.

- **Específicos**

1. Determinar el estado actual de cada elemento que conforma el sistema eléctrico del hospital.
2. Realizar un análisis de redes para poder determinar la calidad de la energía que poseen las instalaciones eléctricas del hospital y la influencia que tienen sobre éstas las diferentes cargas conectadas al sistema.
3. Rediseñar el sistema eléctrico en las áreas que sea necesario, tomando en cuenta los análisis de carga instalada y funcionalidad del hospital, satisfaciendo las necesidades de crecimiento que posee el mismo.

4. Rediseñar los sistemas de puesta a tierra y de pararrayos de todo el hospital.

5. Calcular y diseñar la subestación eléctrica tipo unitaria que será la encargada de abastecer del suministro de energía a los hospitales de Gineco-Obstetricia, Rehabilitación y Salud Mental del IGSS.

6. Dar a conocer el costo total de cada una de las remodelaciones e implementaciones de nuevo equipo en las instalaciones del hospital.

7. Evaluar la posibilidad de incorporar el hospital de Gineco-Obstetricia al Mercado Mayorista como Gran Usuario.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad nuestra sociedad con todos los adelantos en las diferentes ramas de la ciencia, tecnología, arte, entretenimiento, y en todo aquello que no sólo nos facilita la vida sino que nos hace ser más eficientes en nuestros trabajos y labores cotidianas, se ha vuelto incapaz de prescindir de la electricidad. Convirtiéndose esto en una constante adaptación de nuestros lugares de trabajo, hogares, y aquellos sitios donde se prestan servicios específicos a las comunidades como lo puede ser un hospital.

Hablando más específicamente en el caso del hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS, esta adaptación es muy importante y necesaria para poder contrarrestar los efectos del crecimiento desproporcionado de la población que se atiende en la actualidad.

Para lograr esto no es suficiente hacer pequeños ajustes a corto tiempo en las instalaciones eléctricas del hospital, hace falta realizar un estudio profundo del estado actual de las mismas en base a las necesidades de más y mejores equipos, una óptima calidad de energía, funcionalidad, seguridad, y protección del personal y los equipos, etc., y así poder hacer un rediseño que nos lleve a través de una planificación eficiente a la remodelación del sistema eléctrico total, logrando satisfacer las necesidades de crecimiento constante que posee éste, prolongando su vida útil de manera segura y eficiente.

1. EVALUACIÓN EN MEDIANA TENSIÓN

1.1. Acometidas Principales

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora de la energía eléctrica, y los conductores alimentadores que abastecen al usuario.

1.1.1. Situación actual

Hablaremos de lo que son las acometidas principales del hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS de manera generalizada; a partir de que las instalaciones con las que cuenta dicho hospital no son las adecuadas, debido a que fueron concebidas para otro tipo de hospital como lo es el de Rehabilitación, los dos hospitales comparten una acometida en común que se podría decir es la que abastece del suministro eléctrico a la mayoría de módulos de ambos hospitales. Como es de imaginarse del año 1,976 (año en que fue trasladado el hospital de Gineco-Obstetricia a dichas instalaciones del hospital de Rehabilitación) hasta la actualidad, los dos hospitales han tenido un crecimiento desproporcionado por el número creciente de personas afiliadas a dicha Institución con necesidad de atención médica personalizada.

Dicho crecimiento ha tenido como consecuencia el incremento del número de acometidas principales a través de bancos de transformadores ubicados en diferentes puntos del hospital.

1.1.2. Puntos de conexión a la red

Actualmente el hospital de Gineco-Obstetricia cuenta con tres acometidas o puntos de conexión a la red general de la Empresa Eléctrica de Guatemala de 13.2 kV; dichos puntos serán mencionados en orden de capacidad e importancia desde ahora en adelante en todas las secciones del presente informe.

El primero y el principal de todos es el que comparte con el hospital de Rehabilitación, está ubicado en el patio del área de mantenimiento del primer hospital en mención donde se encuentran lo que son las calderas que abastecen constantemente con agua caliente y vapor de agua a ambos hospitales.

El segundo punto de conexión es el que está ubicado en el parqueo de la entrada a la emergencia del hospital de Gineco-Obstetricia; y por último pero no menos importante el que está ubicado en las colinas del Complejo de Pamplona, en donde se encuentran cuatro módulos más, llamados cabañas de dicho hospital. Todos éstos bancos y su ubicación exacta para mejores referencias, aparecen en los planos de conjunto mostrados en el capítulo 10 del presente informe.

1.1.3. Conductores

El primer punto de conexión a la red alimenta de forma subterránea un tablero principal que de ahora en adelante será llamado TP-1, de dónde se deriva a todos los tableros de distribución principal en cada módulo, los conductores alimentadores de este tablero son cuatro hilos (tres líneas vivas y una línea neutral), de calibre TWB AWG # 4/0. En el segundo punto de conexión a la red que alimenta la clínica de rayos X, los conductores alimentadores son cuatro hilos (tres líneas vivas y una línea neutral), tipo *cuadruplex* ACCR con alma de acero, calibre AWG # 4/0. El tipo de alimentación de esta acometida es de tipo aérea.

Y por último en el punto número tres de conexión a la red, ubicado entre las cabañas 1 y 2, los conductores alimentadores son aéreos y son tres hilos (dos líneas vivas y una línea neutral), tipo *triplex* ACCR con alma de acero, calibre AWG # 2/0.

1.2. Bancos de Transformadores

1.2.1. Capacidad

El Hospital de Gineco-Obstetricia tiene tres bancos de transformadores, uno en cada punto de conexión a la red ya mencionados por ubicación anteriormente.

Cabe mencionar previo a especificar cada uno de los bancos de transformadores, que los hospitales de Gineco-Obstetricia y Rehabilitación cuentan con lo que son 14 módulos, identificados desde módulo No. 1 hasta módulo No. 14; de los cuales los que pertenecen al hospital de Rehabilitación son los módulos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y los pertenecientes al hospital de Gineco-Obstetricia son los módulos 9, 10, 11, 12, 13 y 14. Además este hospital cuenta con cuatro cabañas adaptadas para poder ser utilizadas por el hospital de Gineco-Obstetricia, la primer cabaña funciona como Laboratorio Clínico, la segunda como Costurería, la tercera como aulas para Docencia Médica y la última cabaña para Bodega General del hospital.

El primer banco de transformadores ubicado en el poste No. 171608 en el patio del área de mantenimiento del hospital, es un banco de tres transformadores monofásicos de 50 kVA de potencia cada uno, creando así un banco trifásico con capacidad total de 150 kVA de potencia, dichos transformadores se identifican con los números 10297, 10298 y 10299 respectivamente. Este banco alimenta lo que son los módulos 5, 6, 7 y 8 del Hospital de Rehabilitación, y los módulos 9, 10, 11, 12, 14, la administración, lavandería, garita de control, y la mayor parte del módulo 13 a excepción de la clínica de rayos X.

El segundo banco de transformadores ubicado en el poste No. 328884 en el parqueo de la entrada a la emergencia del mismo hospital, es también un banco de tres transformadores monofásicos de 25 kVA de potencia cada uno, formando un banco trifásico con capacidad total de 75 kVA de potencia, dichos transformadores se identifican con los números 18538, 18539 y 18540 respectivamente.

Este banco alimenta solamente lo que es la clínica de rayos X ubicada en el módulo 13.

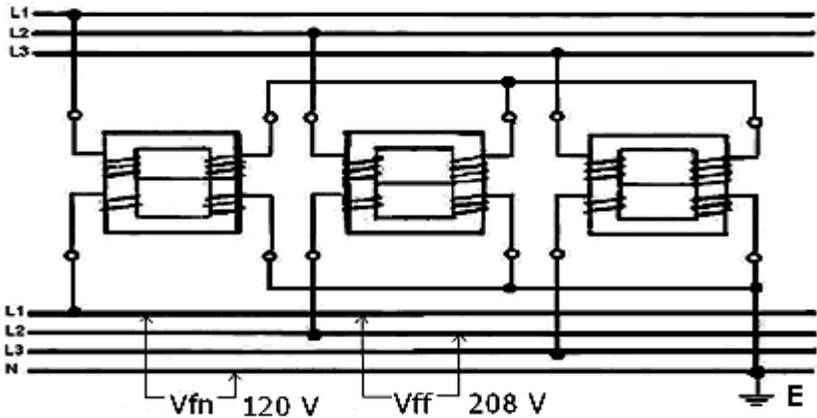
El tercer punto de conexión a la red consta de un transformador monofásico ubicado en el poste No. 328924 en las colinas del Complejo Pamplona entre las cabañas 1 y 2; este transformador tiene una capacidad de 50 kVA de potencia identificado con el número 30547.

Este transformador alimenta lo que son las 4 cabañas ya mencionadas anteriormente pertenecientes al hospital de Gineco-Obstetricia.

1.2.2. Configuración

La configuración del primer banco de transformadores trifásico de 150 kVA, corresponde a lo que es una conexión en estrella – estrella aterrizada, por lo que se cuenta con niveles de voltaje de alimentación secundario de 208Y / 120 V trifásico, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hz; este tipo de conexión es recomendada por las Normas para Acometidas de la Empresa Eléctrica en su sección VI de Instalaciones Industriales, en su artículo 2, inciso 2.3, en el caso que la carga a conectarse sea monofásica y exceda de 48 kW, para evitar desbalance en las líneas de la Empresa. En la siguiente figura se puede observar este tipo de configuración así como los voltajes de fase a fase y de fase a neutro obtenidos con este tipo de configuración.

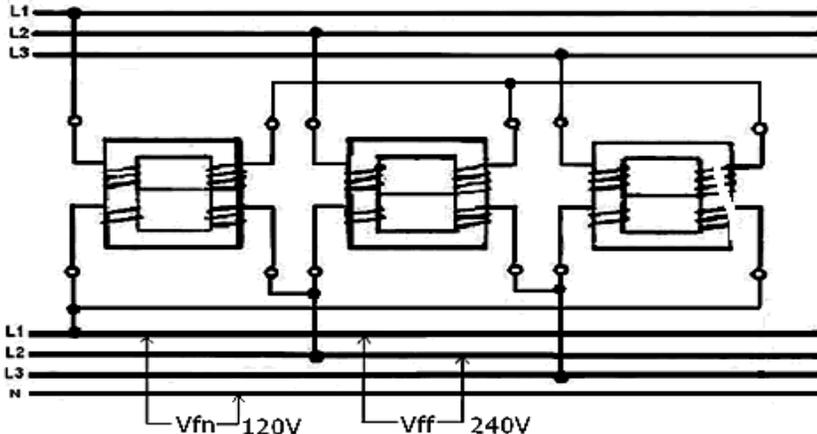
Figura 1. Configuración delta-estrella de transformadores



Fuente: www.monografias.com, Conexiones de transformadores.

La configuración del segundo banco de transformadores trifásico de 75 kVA, corresponde a una conexión en estrella – delta, con la que se cuenta con niveles de voltaje de alimentación secundario de 240 / 120 V trifásico, 4 hilos, corriente alterna, 60 Hz; según la Empresa Eléctrica en su sección VI, artículo 2, inciso 2.2, esta conexión se puede utilizar hasta los 500 kVA. En la Figura 2 se observa en forma gráfica los detalles de este tipo de configuración.

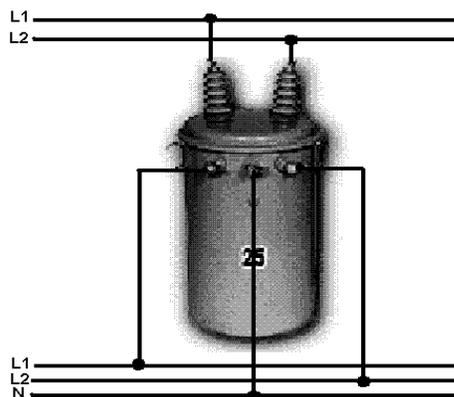
Figura 2. Configuración delta-delta de transformadores



Fuente: www.monografias.com, Conexiones de transformadores.

Por último se tiene el banco No. 3 con el transformador monofásico de 50 kVA, este provee un nivel de voltaje de alimentación secundario de 120 / 240 V monofásico, 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz; según la Empresa Eléctrica en su sección VI, artículo 2, inciso 2.1, este tipo de voltaje debe estar disponible hasta un máximo de 48 kW. En la Figura 3 se observa el diagrama de conexión en un transformador real de este tipo.

Figura 3. Conexión de un transformador monofásico



Fuente: www.monografias.com, **Conexiones de transformadores.**

1.3. Medición

1.3.1. Forma de medición

La forma de medición de los tres bancos de transformadores es de tipo secundaria, a continuación se especifica cada una.

Como lo establecen las Normas para Acometidas de Servicio Eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala en su sección VI, artículo 3, inciso 3.2.3 para una demanda de 75 a 225 kVA, 208Y/120V, estrella aterrizada, trifásica, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hz, y siendo este el caso del banco No. 1 expuesto anteriormente con capacidad de 150 kVA de potencia se utiliza una medición secundaria, con tres transformadores de corriente, una caja de contador polifásico y un contador demandómetro identificado con el No. T00205 encargado de registrar el consumo de energía eléctrica en este punto; se utiliza una caja tipo III para albergar los transformadores de medición de corriente.

En el caso del banco con capacidad de 75 kVA de potencia se encuentra instalado un contador demandómetro autocontenido registrado con No. K21537, puesto que esta es la disposición de la Empresa Eléctrica cuando la demanda es de 50 a 75 kVA, con 240/120V delta, trifásica, 4 alambres, corriente alterna, 60 Hz.

Ahora bien para una demanda de 10 a 50 kVA, monofásica, 120/240V, 3 alambres, corriente alterna, 60 Hz, como en el caso del transformador monofásico de 50 kVA que alimenta las cuatro cabañas, se cuenta en cada una de las cabañas con un contador demandómetro autocontenido monofásico; los cuales están registrados con los números D53682 para el contador de la cabaña 1, con el No. I59807 para la cabaña 2, con el No. H4784 para la cabaña 3 y con el No. E58372 para la cabaña 4.

1.3.2. Ubicación de la medición

Cada una de las mediciones o equipos de medición de consumo de energía eléctrica se ubica a la entrada de su respectiva alimentación pudiendo así registrar el consumo completo de cada dependencia, como lo exige la Empresa Eléctrica de Guatemala.

En el caso del banco de transformadores con capacidad de 150 kVA de potencia, ya que estos se encuentran ubicados en el poste de la Empresa Eléctrica, la caja Tipo III y su contador demandómetro se encuentran ubicados en el mismo poste que el banco de transformadores exactamente debajo de ellos a una altura aproximada de 1.5 metros, adecuada para su mantenimiento y lectura.

En el banco de transformadores de 75 kVA de capacidad, su contador demandómetro se encuentra cruzando la calle de la entrada a la emergencia del hospital, en el parte exterior del módulo 12.

En las cabañas cada contador se encuentra en la parte de atrás y en el interior de cada una de ellas, a la par del tablero de distribución principal.

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS ACTUALES

2.1. Instalaciones

Antes de comenzar es necesario mencionar que el estudio realizado por mi persona abarca desde la alimentación de cada uno de los bancos de transformadores del hospital hasta los tableros de distribución principal ubicados en cada uno de los módulos y cabañas del hospital, dejando fuera el estudio de cada circuito conectado a dichos tableros. Esto se debe a que hacer un levantamiento y reconocimiento de los circuitos conectados a los tableros principales de cada uno de los módulos y las cabañas abarcaría no sólo más tiempo sino que además no se puede realizar debido a la naturaleza de las instalaciones ya que se trata de un hospital en donde se atienden emergencias, partos normales, se hacen pruebas y exámenes en los laboratorios, etc., las 24 horas del día los 7 días de la semana; no pudiendo así privar del suministro eléctrico a ninguna de las áreas anteriores en ningún momento, debido a éstas circunstancias no se contó con el apoyo de las autoridades para realizar dicho estudio.

Sin embargo sí se tomó nota de cada aparato, equipo y elemento que se alimentan desde los tableros principales para los datos de carga instalada necesarios para el cálculo de la demanda máxima estimada (DME) utilizada en el nuevo diseño de la red de alimentación expuesta más adelante.

2.1.1. Caracterización de cargas

Los elementos y equipos eléctricos conectados a las instalaciones eléctricas de los diferentes módulos y cabañas del hospital de Gineco-Obstetricia son inductivos en su mayoría, de donde el sistema de iluminación está conformado por una casi totalidad de lámparas fluorescentes y equipos de aire acondicionado.

Debido a que en cada uno de los módulos existen oficinas, aparte también están las oficinas de recepción, archivos, gerencia, dirección, se encuentra mucho en uso equipo electrónico de estado sólido como computadoras, impresoras, fotocopadoras, radios, televisores, máquinas de escribir eléctricas, etc.

También en lo que es la cabaña 1 (laboratorio clínico); en el módulo 13 en donde se encuentra la clínica de rayos X y el Banco de Sangre, y en el módulo 14 que se encuentran los quirófanos para partos; en todas éstas áreas existen equipos electrónicos de estado sólido como los equipos médicos especiales para realizar las operaciones, y las pruebas pertinentes en los laboratorios.

Las características de la carga del hospital, en cada uno de sus tres bancos de transformadores, así como las gráficas de las demandas diarias de potencias activa, reactiva, y consumo de energía activa y gasto de reactiva, y el cálculo de los diferentes factores que la describen se muestran a continuación.

Figura 4. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 1

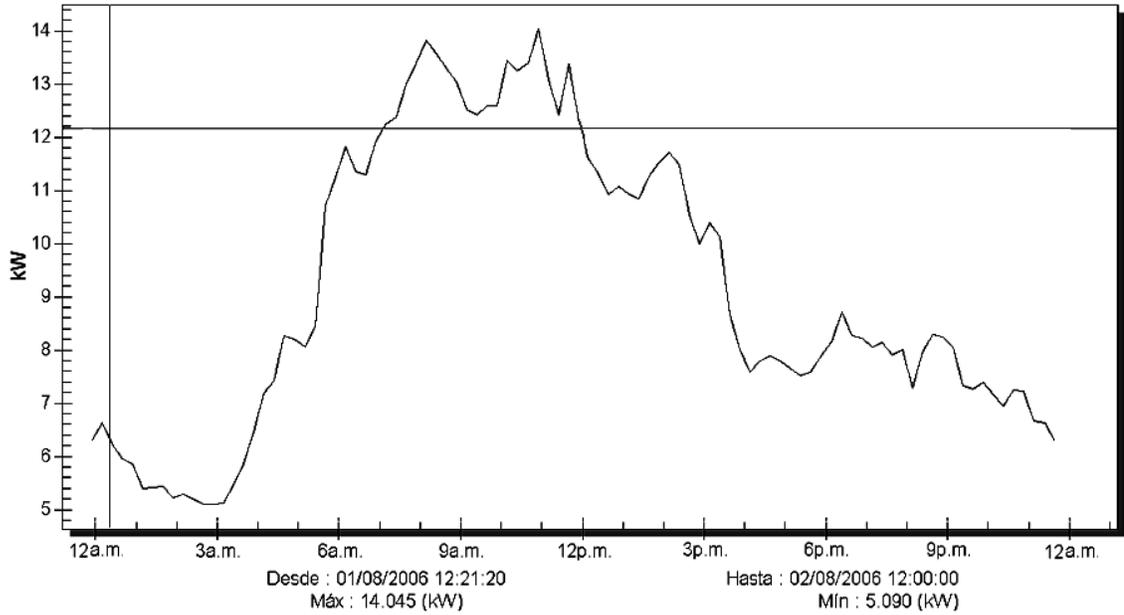


Figura 5. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 1

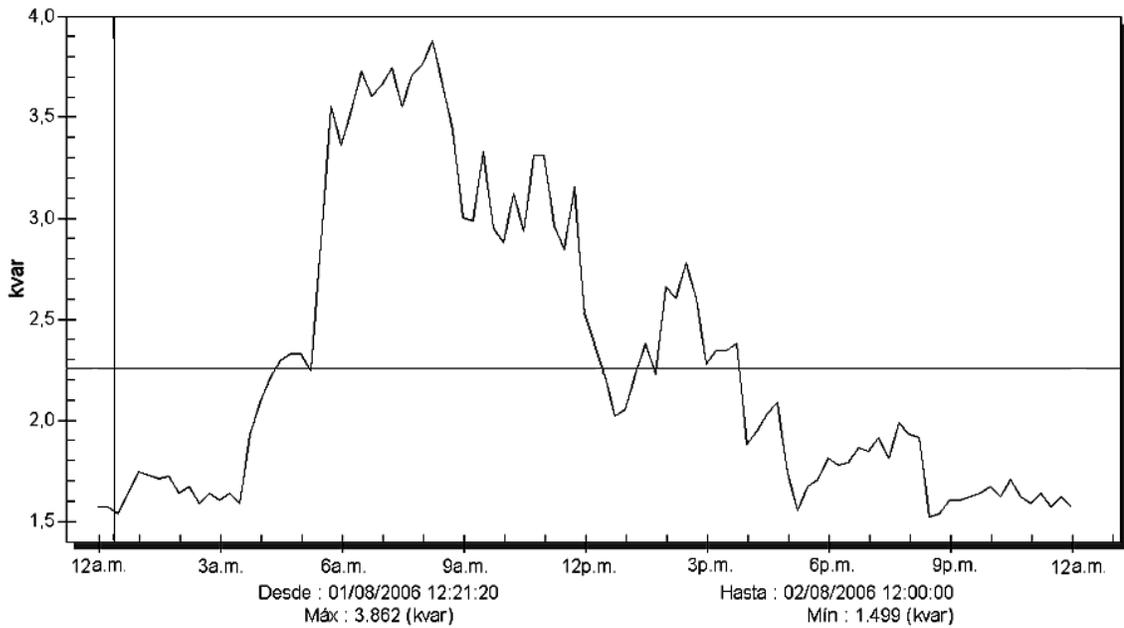
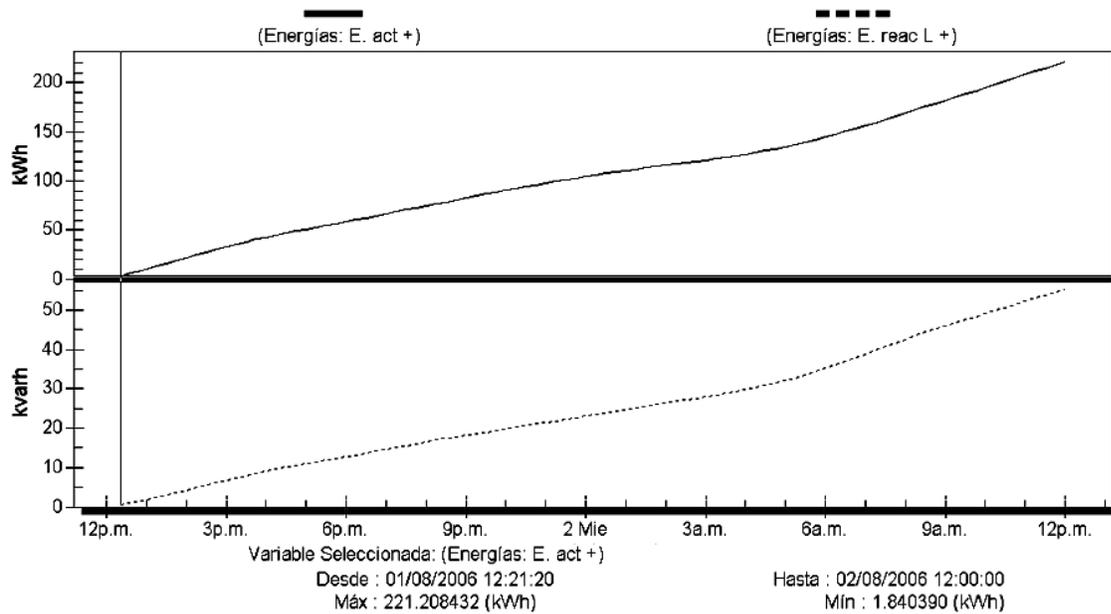


Figura 6. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 1



- Factor de potencia de 0.96 en promedio.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Una carga instalada (Pi) de 252.49 kW.
- La energía consumida durante el día es de 221.2 kWh.
- La demanda máxima (Dmax) es de 14.04 kW.

La demanda promedio (DP) se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$DP = \frac{\text{Energía consumida en el período}}{\text{No. de horas del período}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Entonces al aplicar la ecuación 2.1 obtenemos que la demanda promedio es de:

$$DP = \frac{221.2 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = 9.22 \text{ kW}$$

El factor de carga (Fc) indica en que porcentaje alcanza la DP a la demanda máxima (Dmax) en cada pico, y la forma en que se utiliza el equipo eléctrico de una instalación. Este factor se calcula con la siguiente ecuación:

$$Fc = \frac{DP}{Dmax} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Aplicando esta ecuación obtenemos:

$$Fc = \frac{9.22 \text{ kW}}{14.04 \text{ kW}} = 0.66$$

Otro factor importante que debemos de considerar es el Factor de demanda (Fd), que nos indica el porcentaje de potencia instalada (Pi) que está siendo alimentada, y se calcula con la ecuación 2.3.

$$Fd = \frac{Dmax}{Pi} \quad \text{Ec. 2.3}$$

$$F_d = \frac{14.04 \text{ kW}}{252.49 \text{ kW}} = 0.055$$

Y por último tenemos lo que es el factor de utilización (F_u), que nos indica el porcentaje de la capacidad del sistema o potencia principal (P_p) que está siendo utilizado durante el pico de demanda máxima.

$$F_u = \frac{D_{\max}}{P_p} \quad \text{Ec. 2.4}$$

$$F_u = \frac{14.04 \text{ kW}}{150 \text{ kW}} = 0.0936$$

Ahora pasamos a analizar las características de la carga del hospital instalada en su banco de transformadores No. 2:

- Factor de potencia de 0.52 en promedio.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Una carga instalada (P_i) de 32.15 kW.
- La energía consumida durante el día es de 489.84 kWh.
- La demanda máxima (D_{\max}) es de 5.63 kW.

Figura 7. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 2

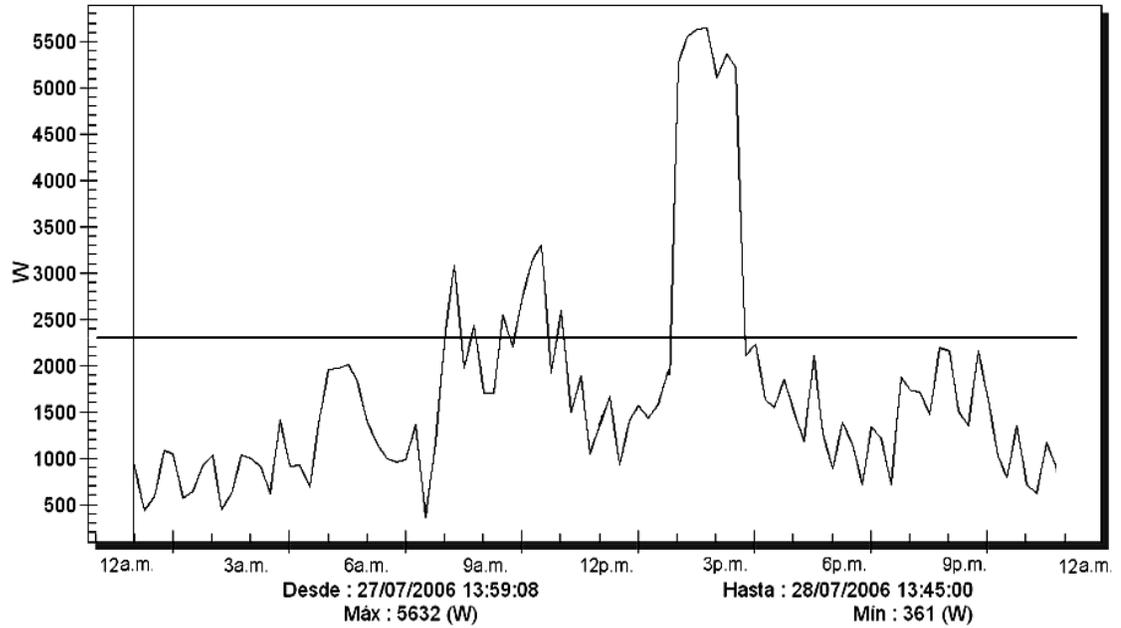


Figura 8. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 2

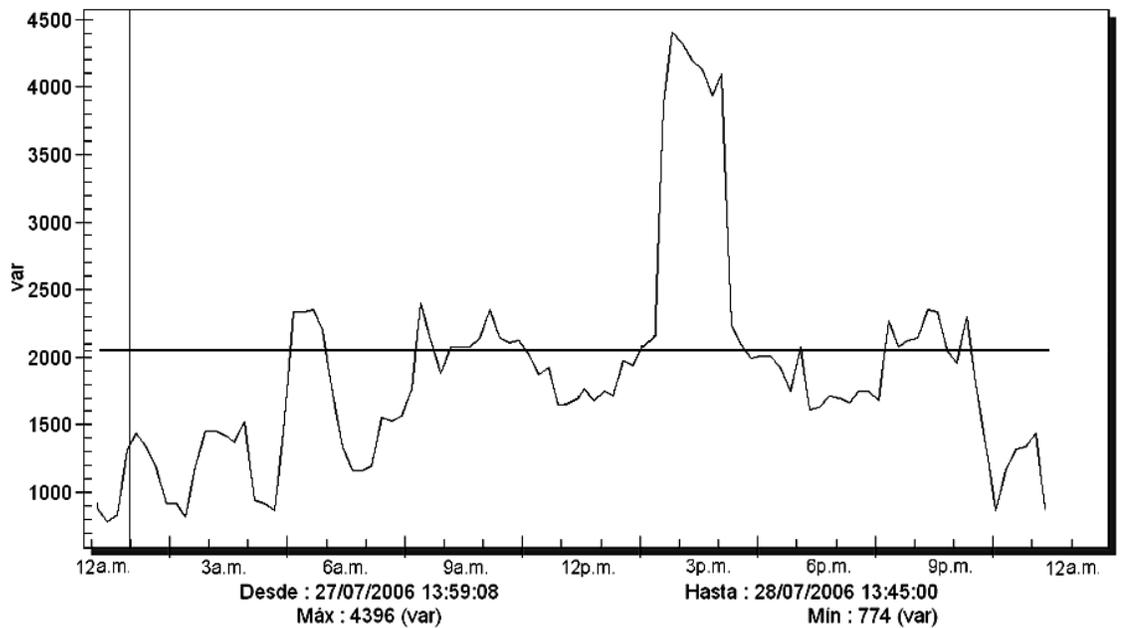
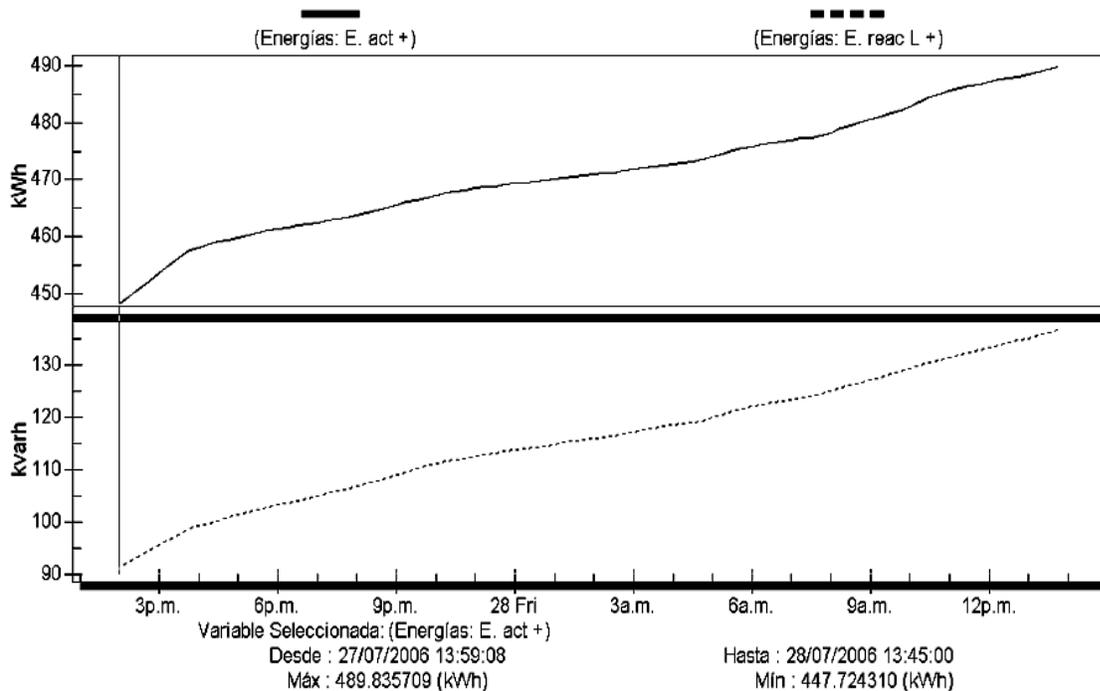


Figura 9. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 2



Aplicamos la ecuación 2.1 y obtenemos que la demanda promedio para el banco de transformadores No. 2 es de:

$$DP = \frac{489.84 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = 20.41 \text{ kW}$$

Aplicando la ecuación 2.2 obtenemos el factor de carga:

$$Fc = \frac{20.41 \text{ kW}}{5.63 \text{ kW}} = 3.63$$

Se obtiene también el factor de demanda para el banco de transformadores No. 2 con el uso de la ecuación 2.3:

$$F_d = \frac{5.63 \text{ kW}}{32.15 \text{ kW}} = 0.175$$

Por último, encontramos el factor de utilización con la ecuación 2.4:

$$F_u = \frac{5.63 \text{ kW}}{75 \text{ kW}} = 0.075$$

Para terminar con la caracterización de las cargas del hospital de Gineco-Obstetricia, haremos el análisis y los cálculos correspondientes al banco de transformadores No. 3.

- Factor de potencia de 0.96 en promedio.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Una carga instalada (P_i) de 53.14 kW.
- La energía consumida durante el día es de 356.25 kWh.
- La demanda máxima (D_{max}) es de 26.03 kW.

Figura 10. Curva de demanda diaria de potencia activa del banco No. 3

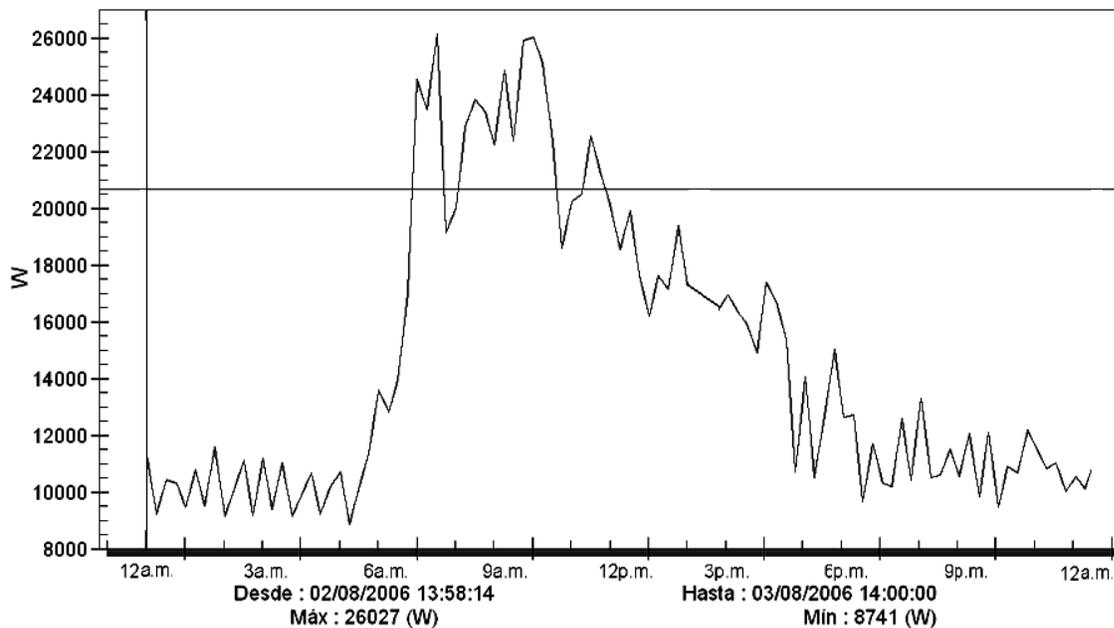


Figura 11. Curva de demanda diaria de potencia reactiva del banco No. 3

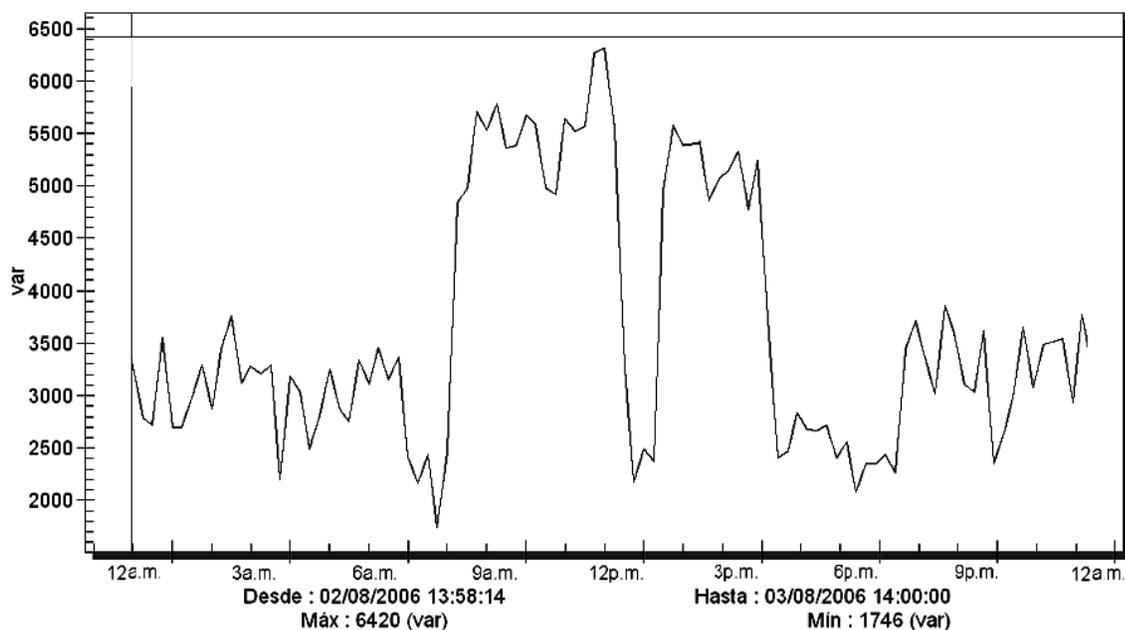
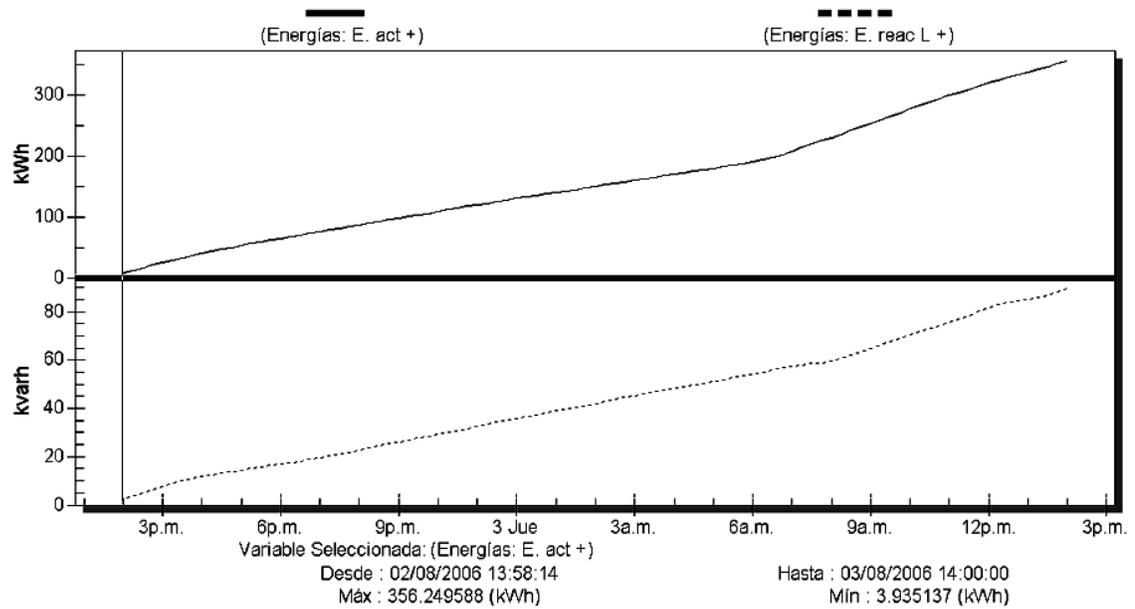


Figura 12. Consumo de energía activa y gasto de reactiva del banco No. 3



Aplicamos la ecuación 2.1 y obtenemos que la demanda promedio para el banco de transformadores No. 3 es de:

$$DP = \frac{356.25 \text{ kWh}}{24 \text{ h}} = 14.84 \text{ kW}$$

Aplicando la ecuación 2.2 obtenemos el factor de carga:

$$Fc = \frac{14.84 \text{ kW}}{26.03 \text{ kW}} = 0.57$$

Se obtiene también el factor de demanda para el banco de transformadores No. 3 con el uso de la ecuación 2.3:

$$F_d = \frac{26.03 \text{ kW}}{53.14 \text{ kW}} = 0.49$$

Por último encontramos el factor de utilización con la ecuación 2.4:

$$F_u = \frac{26.03 \text{ kW}}{50 \text{ kW}} = 0.52$$

2.1.2. Capacidad, calibres y secciones de conductores eléctricos

Las instalaciones eléctricas del hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS están hechas en su totalidad con conductores de cobre, tanto los circuitos de iluminación como los circuitos de fuerza, y también las instalaciones especiales como puestas a tierra, etc. Los conductores se encuentran en diferentes secciones de áreas o calibres, los cuales están estipulados por la *American Wire Gauge (AWG)*.

Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son: capacidad de conducción de corriente para las condiciones de instalación, caída de voltaje permitida, capacidad para soportar la corriente de cortocircuito, análisis económico.

A continuación se muestra una tabla conteniendo lo que son las capacidades de conducción en amperios de los diferentes calibres de conductores ya sea AWG o MCM, cabe mencionar que se incluyeron solamente los calibres AWG pares del # 14 al # 2 pues son los existentes en el mercado nacional, los calibres del 1/0 hasta el 4/0 si se incluyen, y también del 250 MCM al 1000 MCM.

Tabla I. Capacidad de conducción de corriente de conductores

Calibre AWG / MCM	Capacidad de conducción (amperios)	
	60° C TW	75° C THW
14	20	20
12	25	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1/0	125	150
2/0	145	175
3/0	165	200
4/0	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490
900	435	520
1000	455	545

Fuente. Phelps Dodge, **Manual eléctrico**. Pág. 131.

Los conductores eléctricos están forrados por material aislante, que por lo general contiene materiales orgánicos. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione.

Tabla II. Propiedades de aislamiento de los conductores

Conductores aislados para baja tensión					
NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAXIMA °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
Hule resistente al calor	RH	75	Hule resistente al calor	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor	RHH	90	Hule resistente al calor	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales húmedos y secos
Hule látex resistente al calor	RUH	75	90% hule no molido sin grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales secos
Hule látex resistente a la humedad	RUW	60	90% hule no molido sin grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de flama	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico duplas resistente a la humedad	TWD	60	Termoplástico resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos

Continúa

Termoplástico resistente al calor, con cubierta de nylon	THHN	90	Termoplástico resistente al calor, retardador de la flama	Nylon	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	75	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Ninguna	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	90	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Ninguna	Aplicaciones especiales en equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Limitado a un circuito abierto de 1000 V o menos.
Termoplástico resistente a la humedad y al calor con cubierta de nylon	THWN	60	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Nylon	Locales con grasa, aceites y gasolina
Termoplástico resistente a la humedad y al calor con cubierta de nylon	THWN	75	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama.	Nylon	Locales secos y húmedos.
Termoplástico resistente a la humedad (doble forro)	DF	75	Termoplástico resistente a la humedad.	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de flama	
Termoplástico resistente a la humedad y a la corrosión (cable plano bipolar o tripolar)	NMC	90	Termoplástico resistente a la humedad y al calor, retardador de flama	No metálica, resistente a la humedad, a los hongos a la corrosión y retardador de flama	Locales secos y húmedos.

Fuente: Tabla 310-13, **Código Eléctrico Nacional**. Pág. 70-149.

Es importante tomar en cuenta que el *National Electric Code* (NEC) dice que los conductores que se van a instalar en ducto que no sea metálico tienen que tener aislamiento para soportar los 90° C, pero que la capacidad de conducción de corriente de los mismos sea utilizada de acuerdo a los conductores para 60° C.

Otro dato útil a la hora de realizar el cálculo de conductores es el área transversal de cada uno de ellos en sus diferentes calibres, ya que en el método de cálculo de caída de voltaje este dato es indispensable para determinar el calibre a utilizar, en la siguiente tabla se muestran cada uno de los calibres especificados en la Tabla I con su respectiva sección transversal en mm².

Tabla III. Área transversal de conductores en mm²

Tamaño del conductor AWG / MCM	Artículo I. Area transversal mm²
14	2,1
12	3,3
10	5,3
8	8,4
6	13,3
4	21,2
2	33,6
1/0	53,5
2/0	67,4
3/0	85,0
4/0	107,2
250	127,0
300	152,0
350	177,0
400	203,0
450	228,0
500	253,0
600	304,0
700	355,0
800	405,0
900	456,0
1000	507,0

Fuente: Luis Alfonso Méndez, **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Pág. 12.

2.1.2.1. Método por cálculo de corriente

Basándose en una inspección de campo visual, se hizo la tabulación de los diferentes tipos de calibres de los conductores alimentadores de los tableros principales de cada módulo del hospital de Gineco-Obstetricia, se incluyen los módulos 5, 6, 7, y 8 del hospital de Rehabilitación debido a que son alimentados también por el banco de transformadores No. 1 antes mencionado con capacidad de 150 kVA de potencia, pero para el nuevo diseño y los cálculos se dejarán fuera de análisis debido a que uno de los objetivos de éste es que se independicen eléctricamente ambos hospitales.

También se incluyen en la Tabla IV los datos de los calibres utilizados para alimentar la clínica de rayos X del módulo No. 13 a través del banco de transformadores No. 2, y además se incluyen los conductores alimentadores de los tableros de las cabañas alimentados por el banco No. 3.

Además se incluye también la demanda máxima estimada (DME) de cada tablero debido a que es indispensable para el cálculo de los nuevos conductores por el método de cálculo por corriente, estas demandas máximas estimadas se obtuvieron de los totales de las cargas instaladas especificados en las tablas expuestas más adelante en el anexo A de este informe.

Tabla IV. Calibres de conductores actuales y carga total que alimentan

Banco de Transformadores	Módulo que alimenta	Calibre del conductor	DME
			(VA)
No. 1	5	AWG # 4/0	100271,11
No. 1	6	# 250 MCM	79747,78
No. 1	7	AWG # 2/0	3664,44
No. 1	8	AWG # 2/0	27280,00
No. 1	9	AWG # 4/0	27403.33
No. 1	10	AWG # 2/0	5355,78
No. 1	11	# 250 MCM	15866.78
No. 1	12	AWG # 4/0	53912.67
No. 1	13	AWG # 2/0	38821.12
No. 1	14	AWG # 4/0	41592.11
No. 1	Administración	AWG # 8	7531.56
No. 1	Garita	AWG # 6	377,78
No. 1	Lavandería Gineco.	AWG # 4/0	53955.00
No. 1	Lavandería Rehabi.	AWG # 1/0	14054,44
No. 2	Clínica rayos X	AWG # 4	35726.33
No. 3	Cabaña 1	AWG # 2/0	40815.29
No. 3	Cabaña 2	AWG # 2/0	10991,11
No. 3	Cabaña 3	AWG # 2/0	3538.44
No. 3	Cabaña 4	AWG # 2/0	3703.45

Como se dijo anteriormente para los cálculos ya no se tomarán en cuenta los módulos 5, 6, 7, 8 y lavandería del hospital de Rehabilitación, debido a que no formarán parte del nuevo diseño del sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia. El voltaje de alimentación de los tableros de distribución principal de cada módulo y cabañas, seguirá siendo de 208 V como en la mayoría de éstos actualmente, pero para la alimentación de los tableros principales TP-1 y TP-2 se utilizará un voltaje de 480 V para poder transportar la corriente necesaria de una mejor manera y con mayores ventajas sobre las pérdidas en los conductores, etc. Empezaremos calculando el calibre del conductor alimentador principal del módulo 9 con los datos de la Tabla IV y con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} \quad \text{Ec. 2.5}$$

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{27,403.33VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 76.06A$$

Para encontrar el calibre del conductor neutral, se multiplica la I_{nom} del cable encontrada anteriormente por un factor del 70%, dando como resultado 53.24 A. Según resultados y con ayuda de la Tabla I podemos decir que se utilizará un cable No. 2 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas, y un cable No. 6 THW para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador del módulo 10:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{5,355.78VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 14.87A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 10.41 A, entonces se utilizará un cable No. 14 AWG con forro aislante THW, tanto para las líneas vivas como para la línea neutral, debido a que no es recomendable poner un conductor de menor calibre que éste.

En el cálculo del conductor alimentador del módulo 11 incluimos la carga del módulo 10 debido a que éste último toma su alimentación del tablero principal del módulo 11:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{21,222.56VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 58.91A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 41.24 A, entonces se utilizará un cable No. 4 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 6 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador del módulo 12:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{53,912.67VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 149.65A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 104.76 A, entonces se utilizará un cable No. 3/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 1/0 AWG para la línea neutral.

A continuación calculamos el conductor alimentador del módulo 13:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{38,821.12VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 107.76A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 75.43 A, entonces se utilizará un cable No. 1/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 2 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador del módulo 14:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{41,592.11VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 115.45A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 80.82 A, entonces se utilizará un cable No. 1/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 2 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador del módulo de la Administración:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{7,531.56VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 20.91A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 14.64 A, entonces se utilizará un cable No. 12 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 14 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la garita de control:

$$Inom\ cable = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times Vn} = \frac{377.78VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 1.05A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 0.74 A, entonces se utilizará un cable No. 14 AWG con forro aislante THW, tanto para las líneas vivas como para la línea neutral, debido a que no es recomendable poner un conductor de menor calibre que éste.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la Lavandería del hospital de Gineco-Obstetricia:

$$Inom\ cable = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times Vn} = \frac{53,955.00VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 149.76A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 104.83 A, entonces se utilizará un cable No. 3/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 1/0 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la Clínica de Rayos X :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{35,726.33VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 99.17A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 69.42 A, entonces se utilizará un cable No. 1/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 4 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la Cabaña 1 :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{40,815.29VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 113.29A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 79.3 A, entonces se utilizará un cable No. 1/0 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 2 AWG para la línea neutral.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la Cabaña 2 :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{10,991.11VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 30.51A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 21.36 A, entonces se utilizará un cable No. 8 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 12 AWG para la línea neutral.

A continuación calculamos el conductor alimentador de la Cabaña 3 :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{3,538.44VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 9.82A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 6.87 A, entonces se utilizará un cable No. 14 AWG con forro aislante THW, tanto para las líneas vivas como para la línea neutral, debido a que no es recomendable poner un conductor de menor calibre que éste.

A continuación se calcula el conductor alimentador de la Cabaña 4 :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{3,703.45VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 10.28A$$

Ahora se calcula el conductor neutral obteniendo para éste 7.2 A, entonces se utilizará un cable No. 14 AWG con forro aislante THW, tanto para las líneas vivas como para la línea neutral, debido a que no es recomendable poner un conductor de menor calibre que éste.

Con el cálculo realizado de los conductores alimentadores para cada uno de los tableros de distribución en cada uno de los módulos y las cabañas, se procede a calcular el calibre de los conductores alimentadores del tablero principal 1 que identificaremos como TP-1, de donde se distribuirá a los módulos 9, 10, 11, 12, 13, 14, administración, garita de control, lavandería y clínica de rayos X. Para esto se toma la DME total de todos los tableros anteriores, además se utilizará un voltaje de 480 V desde la subestación hasta este tablero como se dijo anteriormente:

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{280,542.46VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 337.44A$$

Ahora calculamos el conductor neutral obteniendo para éste 236.21 A, entonces se utilizará un cable No. 500 MCM con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 300 MCM para la línea neutral.

Se procede a calcular también los conductores alimentadores del tablero principal 2 al cual nos referiremos como TP-2, éste tablero no existe actualmente pues cada una de las cabañas toman su alimentación directamente desde el banco de un transformador monofásico No. 3, pero en el nuevo diseño alimentará lo que son las cuatro cabañas, para este tablero también se utilizará una tensión de 480 V proveniente de la nueva subestación :

$$I_{nom\ cable} = \frac{Carga\ instalada}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{59,048.30VA}{\sqrt{3} \times 208V} = 71.02A$$

Ahora calculamos el conductor neutral obteniendo para éste 49.71 A, entonces se utilizará un cable No. 2 AWG con forro aislante THW para las líneas vivas y un cable No. 6 AWG para la línea neutral.

2.1.2.2. Método por cálculo de caída de tensión

Por caída de tensión se entiende como la diferencia existente entre el voltaje aplicado en un extremo del conductor y el obtenido en el otro extremo de éste, cuando circula por él una corriente de plena carga. A esta caída de tensión cuando se expresa en porcentaje se le conoce comúnmente como regulación de voltaje y se calcula con la fórmula:

$$e = \frac{V_a - V_t}{V_a} \times 100 \quad \text{Ec. 2.6}$$

Donde:

Va = voltaje aplicado en un extremo del conductor

Vt = voltaje presente en la carga

En la selección de conductores por el método de caída de tensión es necesario tener presente los valores de regulación de voltaje máximos permitidos por las normas, que son 2% del contador al centro de carga (alimentador) y 3% del tablero o centro de carga a la carga misma (ramal), para obtener un máximo de regulación permitido desde el contador hasta la carga de 5%.

Para propósitos del cálculo de conductores y manipulando la Ley de Ohm se encuentra una fórmula que proporciona el área del conductor adecuado en mm², para alimentar una carga específica, tomando en cuenta la regulación de voltaje debida a la longitud de los conductores.

$$A = \frac{I_{nom} \times d \times F}{\sigma \times e} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde:

I_{nom} = corriente nominal

d = longitud del conductor que alimentará la carga

F = factor que toma los siguientes valores dependiendo si el circuito es 1Φ ó 3Φ

F = 2 para circuitos 1Φ

F = $\sqrt{3}$ para circuitos 3Φ

σ = conductividad del tipo de material del conductor

$\sigma = 57$ para el cobre

$\sigma = 36$ para el aluminio

e = regulación de voltaje

$e = 0.02 \times V_{nom}$ para alimentador

$e = 0.03 \times V_{nom}$ para ramales

$e = 0.05 \times V_{nom}$ total

A = área en milímetros cuadrados (mm^2)

Para poder encontrar la I_{nom} del conductor primero debe aplicarse la fórmula:

$$I_{nom} = \frac{P}{V \times fp \times \sqrt{3}} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Donde:

P = potencia activa en Watios

fp = factor de potencia

V = voltaje

Para simplificar los cálculos correspondientes a la I_{nom} y el área del conductor adecuado, se utilizó una hoja electrónica de cálculo en el programa Excel, cuyos resultados son mostrados en la tabla siguiente:

Tabla V. Datos de los conductores por el método de caída de tensión

Tablero	Potencia Wattios	Inom	Regula. voltaje	Distan. metros	Área conduc. vivo (mm ²)	Calibre conduc. vivo	Área conduc. neutro (mm ²)	Calibre conduc. neutro
9	24663	68.5	6.24	74	24.67	2	17.27	4
10	4820.2	13.4	6.24	18	1.17	14	0.82	14
11	14280.1	39.6	6.24	31	5.98	8	4.19	10
12	48521.4	135	6.24	83	54.44	2/0	38.11	1/0
13	34939.01	97	6.24	85	40.14	1/0	28.1	2
14	37432.9	104	6.24	95	48.07	1/0	33.65	2
Admón.	6778.4	18.8	6.24	12	1.1	14	0.77	14
Garita	340	0.94	6.24	52	0.24	14	0.17	14
Lavand.	48559.5	135	6.24	16	10.5	6	7.35	8
Rayos X	32153.7	89.3	6.24	77	33.47	2	23.43	2
Cabaña 1	36733.76	102	6.24	28	13.9	4	9.73	6
Cabaña 2	9892	27.5	6.24	39	5.22	10	3.65	10
Cabaña 3	3184.6	8.84	6.24	78	3.36	10	2.35	12
Cabaña 4	3333.11	9.25	6.24	154	6.94	8	4.86	10
TP-1	252488.2	304	4.16	115	255.11	500	178.58	400
TP-2	53143.47	63.9	4.16	60	28.01	2	19.61	4

Ahora bien, con los cálculos realizados de los calibres de los conductores alimentadores de cada uno de los tableros, tanto de distribución como los principales, por los dos métodos ya mencionados, se hace una comparación y elección del calibre con mayor sección transversal, los datos se muestran en la Tabla VI.

Tabla VI. Comparación y elección de calibres conductores alimentadores

Módulo ó Tablero	Calibre conductor actual	Calibre conductor capacidad de corriente	Calibre conductor caída de tensión	Calibre conductor elegido
	AWG ó MCM	AWG ó MCM THW	AWG ó MCM THW	AWG ó MCM THW
9	4/0	2	2	4/0
10	2/0	14	14	2/0
11	250	4	8	250
12	4/0	3/0	2/0	4/0
13	2/0	1/0	1/0	2/0
14	4/0	1/0	1/0	4/0
Admón.	8	12	14	8
Garita	6	14	14	6
Lavandería	4/0	3/0	6	4/0
Rayos X	4	1/0	2	1/0
Cabaña 1	2/0	1/0	4	2/0
Cabaña 2	2/0	8	10	2/0
Cabaña 3	2/0	14	10	2/0
Cabaña 4	2/0	14	8	2/0
TP-1	4/0	500	500	500
TP-2	actualmente no existe el tablero	2	2	2/0

2.1.3. Tuberías

El sistema de canalizaciones eléctricas en el hospital no es muy variado y se ajusta a los requerimientos de espacio necesarios de acuerdo con la cantidad de conductores que pasan por él.

La conexión entre el banco de transformadores No. 1 y el tablero principal como establecen las Normas de Acometidas de la Empresa Eléctrica, se hace con tubería *conduit* galvanizada de 4" (pulgadas) de diámetro subterráneamente por lo que presenta problemas de corrosión.

De este tablero se deriva hacia los tableros de distribución principales en los módulos 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14 y la lavandería, con tubo plástico (poliducto) de 3 ½ " de diámetro, de manera subterránea, contando con cajas de distribución hechas de concreto de 33 ½ " x 33 ½ " colocadas a distancias determinadas por el terreno y la construcción de los módulos. Esta tubería de este material y medida en el caso de la lavandería llega hasta el tablero de distribución principal de la misma, pero en el caso de los otros módulos mencionados llega hasta la última caja de distribución a la entrada principal de cada uno de los módulos, de dónde cambia a tubería *conduit* galvanizada de 3 ½ " de diámetro con sus accesorios de entrada correspondientes, hasta su tablero de distribución principal.

La alimentación del módulo 7 se hace de forma aérea sobre el techo de los pasillos desde el tablero de distribución principal del módulo 8, con tubo *conduit* galvanizado de 2 ½ " de diámetro. La alimentación del módulo 10 se hace con el mismo tipo y medida de tubería, pero desde el tablero de distribución principal del módulo 11 y tiene en su trayectoria dos cajas de registro metálicas de 8"x 8".

La tubería que transporta los conductores alimentadores del tablero del módulo 13 de emergencias, es tubo PVC eléctrico color naranja de 3 ½ " de diámetro, el cual está colocado sobre el techo del hospital atravesando los módulos 11 y 12 hasta llegar al módulo 13, posee cajas de registro metálicas de 8"x 8" para conectar los tramos de canalización. Los conductores que alimentan la Administración son transportados dentro de tubo plástico (poliducto) de 1 ½ " de diámetro subterráneamente.

La garita de control también es alimentada subterráneamente con poliducto de 2" de diámetro y posee dos cajas de registro de 10"x 10" en su trayectoria hasta su tablero de distribución.

En los módulos 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14, administración, garita de control y lavandería, la tubería sobrepuesta en cielo y empotrada en losa para los circuitos de iluminación es de tipo *ducton* de media pulgada de diámetro cuando por ella pasan no más de tres conductores y de $\frac{3}{4}$ " si pasan cuatro o más conductores. Además la canalización de los circuitos de fuerza de dichos módulos se lleva a cabo mediante tubería *ducton* empotrada en piso, de $\frac{1}{2}$ " si conducen uno o dos circuitos y de $\frac{3}{4}$ " si conducen dos o más circuitos.

En los que existen tableros auxiliares la distribución se hace con tubo PVC eléctrico ó poliducto sobrepuesto de $\frac{3}{4}$ " hasta 1" de diámetro; los cuales son más económicos que los tubos metálicos, el tubo PVC es estéticamente aceptable cuando se utiliza sobrepuesto como en este caso, ambos tipos de tubo tienen la característica de ser malos conductores del calor lo cual impide que dicho calor producido por los conductores sea llevado fuera de la tubería reduciendo considerablemente la capacidad de conducción de corriente de los mismos.

En los módulos 7, 10 y 13 toda la tubería que sale de sus tableros de distribución principales para los circuitos tanto de fuerza como de iluminación es de tipo PVC eléctrico ó poliducto sobrepuesto, de $\frac{3}{4}$ " hasta 1" de diámetro

En el banco de transformadores No. 2 que alimenta lo que es la clínica de rayos X, la tubería que baja desde el accesorio de entrada o calavera hasta el contador como lo establecen las Normas de Acometidas de la Empresa Eléctrica es de tipo *conduit* galvanizado de 3 “ de diámetro, después de pasar por el contador y tablero principal, se pasa a tubería subterránea PVC de 2 ½ “ de diámetro y color naranja hasta el tablero de distribución principal de la clínica, pasando por dos cajas de registro de 10”x 10” . La canalización de los circuitos de fuerza y de iluminación es de tipo PVC eléctrico, *ducton* ó poliducto sobrepuesto, de ¾ “ hasta 1” de diámetro.

Y por último en el banco del transformador monofásico No. 3 la canalización de los conductores eléctricos dentro de cada cabaña debido a que éstas son de madera en las paredes se hace sobrepuesta por medio de tubería en su mayoría *ducton* metálica, aunque en algunos lugares es de PVC eléctrico o poliducto de ¾ “ hasta 1” de diámetro.

2.1.3.1. Cálculo de calibres

A continuación se explicará lo que es la teoría o método para el cálculo de tuberías eléctricas, hallando así la más adecuada en medida para el número y calibre de conductores que serán transportados por la misma. En este apartado no se calcularán las diferentes tuberías que serán utilizadas para la remodelación de la canalización del sistema del hospital de Gineco-Obstetricia, pero sí se hará en el capítulo 3 de este informe.

En primer lugar se calcula la sumatoria total de áreas de los conductores que irán alojados en la tubería, dato que se divide dentro del porcentaje que se les asigna a los conductores dentro de dicha tubería llamado también factor de relleno, que en este caso sería de 40% por tratarse de tres o más conductores dentro de dicha tubería, lo que nos dará como resultado el área total en plg² de la tubería.

$$A = \frac{a}{F} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde:

A = área total del la tubería en plg².

a = sumatoria de las área individuales de los conductores en el tubo en plg².

F = factor de relleno

F = 53% para un conductor

F = 31% para dos conductores

F = 40% para tres o más conductores

Dado que los fabricantes de tuberías dan los datos en diámetros y no el área del producto, por lo tanto calculamos el diámetro de las tuberías con la fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad \text{Ec. 2.10}$$

El procedimiento anterior es utilizado cuando se transportarán por la tubería conductores de distintos calibres, pero también puede ser utilizado cuando son del mismo calibre. Además de este método se puede utilizar la siguiente tabla en la cual se tienen las áreas aproximadas en plg² de los diferentes calibres de conductores, así como los diámetros de las tuberías y la cantidad de conductores que caben en ellas según su calibre, las cuales se pueden encontrar comercialmente en el mercado.

Tabla VII. Área aproximada en plg² y cantidad de conductores que pueden ir dentro de una tubería

Calibre AWG ó MCM	Aislante TW ó THW Área aproximada plg ²	Diámetro de tubería en pulgadas									
		½	¾	1	1¼	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4
14	0,0206	4	6	10	18	25	41	58	90	121	155
12	0,0251	3	5	8	15	21	34	50	76	103	132
10	0,0311	1	4	7	13	17	29	41	64	86	110
8	0,0526	1	3	4	7	10	17	25	38	52	67
6	0,0819	1	1	3	4	6	10	15	23	32	41
4	0,1087	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
2	0,1473		1	1	3	3	6	9	14	19	24
1/0	0,2367			1	1	2	4	6	9	12	16
2/0	0,2781			1	1	1	3	5	8	11	14
3/0	0,3288			1	1	1	3	4	7	9	12
4/0	0,3904				1	1	2	3	6	8	10
250	0,4877				1	1	1	3	5	6	8
300	0,5581				1	1	1	3	4	5	7
350	0,6291				1	1	1	1	3	5	6
400	0,6969					1	1	1	3	4	6
500	0,8316					1	1	1	3	4	5
600	1,0261						1	1	1	3	4
700	1,1575						1	1	1	3	3
750	1,2252						1	1	1	3	3
800	1,2908						1	1	1	2	3
900	1,4208						1	1	1	1	3
1000	1,5482						1	1	1	1	3

Fuente: Tabla C1 del apéndice C, **Código Eléctrico Nacional**. Pág. 70-707

2.1.4. Protección

Un dispositivo de protección es aquel que tiene como objetivo principal en el momento de presentarse una falla en el sistema abrir dicho circuito eléctrico con seguridad y confiabilidad. Para llevar a cabo esto primero debe poder detectar la falla y luego ejecutar la interrupción. Una protección eléctrica adecuada debe poseer las siguientes características:

- **Confiabilidad:** es una característica relevante, ya que una protección adecuada debe siempre poder operar en el momento que se presenten condiciones anormales en el sistema.
- **Rapidez y Sensibilidad:** cada protección debe en forma ideal actuar inmediatamente después de ocurrir una falla, para ello no debe tener retraso voluntario y operación de tiempo definido al momento de actuar. Además la sensibilidad es parte esencial en la operación de la protección a la hora de asegurar que los interruptores del circuito sean disparados.
- **Selectividad:** esto significa que el circuito al ocurrir una falla, remueve o deja fuera de funcionamiento al menor número de equipo en el sistema cuando aísla dicha falla.
- **Economía:** debe hacerse una evaluación técnica-económica de protecciones para considerar la inversión necesaria para la instalación y operación del sistema contra el costo de reparación de los daños ocasionados además del costo de interrupción del servicio.

2.1.4.1. Prueba de disparo

Distintas pruebas son realizadas a los dispositivos de protección, las cuales generalmente el fabricante proporciona en el manual de especificaciones técnicas de su producto. Con especial énfasis en la prueba de disparo, ésta es realizada en los interruptores termomagnéticos según las normas IRAM 2169 de junio de 1991 ó IEC 889 – 1988, las que tratan acerca de las exigencias a que se ve sometido un termomagnético en una casa o instalaciones industriales pequeñas y que son cortocircuitos de valores no mayores de 500 A provocados generalmente por fallas en los electrodomésticos y equipo pequeño.

Conociendo el valor donde el dispositivo dispara y soporta un valor de corriente de cortocircuito, se puede definir el tipo de protección que se utilizará en la instalación.

Existen dos factores o efectos por los cuales se pueden disparar u operar debido a los valores de corriente aplicada a los dispositivos, el primero es la capacidad interruptiva la cual varía de un interruptor a otro.

Se tienen comercialmente diferentes valores de operación como : 1,500 – 3,000 – 4,500 – 6000 – 10,000 – 15,000 amperios, de los cuales los más utilizados en las instalaciones domiciliarias son los de 3,000 amperios, para esto debe conocerse la corriente presunta de cortocircuito con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla VIII. Características de operación tiempo-corriente de Interruptores termomagnéticos

Ensayo	Tipo	Corriente de ensayo	Condición inicial	Límite de tiempo de desconexión y no desconexión	Resultado	Observaciones
A	B, C, D	1.13 I _n	frío	t ≥ 1h para I ≤ 63A t ≥ 2h para I _n ≤ 63A	no desconexión	
B	B, C, D	1.45 I _n		t > 1h para I ≤ 63A t < 2h para I _n > 63A	desconexión	corriente aumentada continuamente en 5s
C	B, C, D	2.55 I _n	frío	1s < t < 60s I ≤ 32A 1s < t < 120s I _n > 32A	desconexión	
D	B C D	3 I _n 5 I _n 10 I _n	frío	t ≥ 0,1s	no desconexión	corriente establecida por cierre de interruptor auxiliar
E	B C D	5 I _n 10 I _n 20 I _n	frío	t < 0,1s	desconexión	corriente establecida por cierre de interruptor auxiliar

Fuente: **Manual ACC protecciones.** Pág. 20

El segundo efecto que se debe mencionar es la desconexión instantánea, en la tabla siguiente se muestran los interruptores termomagnéticos en su clasificación dependiendo de la capacidad para soportar corrientes de valores de n veces mayores que el valor nominal de operación de una instalación eléctrica normal.

Tabla IX. Clasificación de operación de interruptores termomagnéticos

Tipo	Gama
B	> 3 I _n hasta e incluyendo 5 I _n
C	> 5 I _n hasta e incluyendo 10 I _n
D	> 10 I _n hasta e incluyendo 20 I _n

Fuente: **Manual ACC protecciones.** Pág. 21

2.1.4.2. Capacidad de corto circuito

Un cortocircuito se caracteriza por intensidades sumamente altas, del orden de cientos y hasta miles de veces la corriente nominal. Estos se forman por contacto directo entre dos o más conductores, quedando la intensidad limitada solo por las impedancias propias de las fuentes y los cables. Los elementos de la instalación no podrán resistir estas altísimas corrientes por más de una fracción de segundo, por lo que las protecciones contra cortocircuitos deben actuar en forma casi instantánea.

La experiencia ha demostrado que entre el 70% y 80% de las fallas de cortocircuito son del tipo monofásicas a tierra (o línea a tierra), que se originan en el flameo de una línea a tierra. Aproximadamente en 5% de las fallas intervienen las tres fases, estas son las llamadas fallas trifásicas simétricas.

En una instalación monofásica, la corriente de cortocircuito I_{cc} se obtiene muy fácilmente, simplemente dividiendo el voltaje E_L entre la impedancia de la línea Z_L entre el punto de abastecimiento y la falla. Como las instalaciones monofásicas siempre son pequeñas, se puede despreciar la contribución de la corriente de los motores.

La impedancia que siempre hay que considerar es la de los transformadores cuando se tienen calibres mayores a un conductor AWG No. 2.

Una enorme cantidad de instalaciones eléctricas, por no decir casi todas las de importancia, son trifásicas, y deben ser estudiadas teniendo en cuenta esa condición. En funcionamiento normal la red es equilibrada de manera que se presentan en todas las fases las mismas corrientes desfasadas 120 grados eléctricos.

La falla trifásica simétrica se trata con un circuito equivalente monofásico que representa una sola fase del sistema, con este equivalente se puede determinar la corriente alterna fácilmente.

2.1.4.3. Corriente nominal

Los elementos que componen un circuito o sistema eléctrico se ven afectados cuando esta intensidad nominal o corriente nominal como se le conoce, es sobrepasada por excesos de carga o sobrecargas. Estas se deben al hecho de conectar indiscriminadamente cargas adicionales sobre un circuito, o también por fallas en una máquina que exige una potencia eléctrica mayor en uno de sus motores, etc.

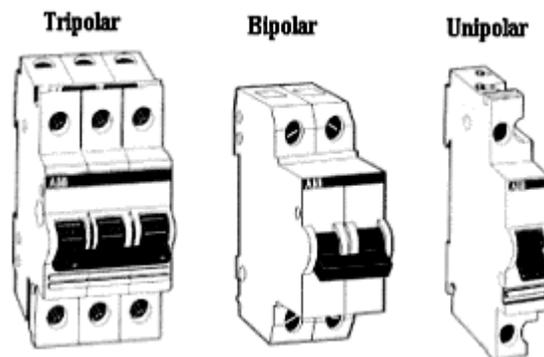
Estas sobrecargas se caracterizan por un incremento no mucho mayor que la corriente nominal por lo que las instalaciones pueden resistirlas pero no durante mucho tiempo. Pero después de pocos minutos los elementos de dichas instalaciones sufren un recalentamiento que en exceso puede producir un incendio.

Para evitar lo descrito anteriormente se utilizan lo que son los interruptores termomagnéticos. Generalmente, éstos interruptores combinan los sistemas de protección de sobrecarga y cortocircuito, en un solo aparato. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético, cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Los interruptores termomagnéticos o cortacircuitos se debe adquirir de tal forma que se active o abra sus contactos cuando por el circule una corriente que sea igual o poco inferior a la corriente nominal que soporta el conductor del circuito que dicho interruptor protege.

En la figura 13 se pueden observar físicamente cómo son los interruptores electromagnéticos comúnmente utilizados.

Figura 13. Configuraciones de interruptores Termomagnéticos



Fuente: INTECAP, **Manual sobre instalaciones eléctricas**. Pág. 17

Existen tres tipos de interruptores termomagnéticos que son:

- **Tipo B:** este tipo de cortacircuitos se desconecta cuando por el pasa una corriente 5 veces la corriente nominal ($5 I_{nom}$). Su principal objetivo es de proteger los conductores en instalaciones de edificios de viviendas con algunas limitaciones en el tipo de sus cargas donde pueden ser fuertemente resistivas, alumbrado fluorescente, etc.
- **Tipo C:** este desconecta cuando circula una corriente con valor de $10 I_{nom}$. Éste tiene mayores usos que el anterior, como los siguientes: protección de conductores, viviendas sin limitaciones, protección de motores, aparatos electrodomésticos de cualquier tipo, etc.
- **Tipo D:** se desconecta cuando la corriente que circula en el circuito que protege es igual a $20 I_{nom}$. También es utilizado en la protección de conductores en la industria, donde existen picos de corriente de inserción y de arranques elevados, donde existan motores que para arrancar necesiten corrientes mayores a 6 ó 7 I_{nom} . Se caracterizan por tener tiempos de desconexión menores a 0.1 segundos.

2.1.5. Tableros

Un tablero eléctrico es un gabinete hecho de lámina delgada, el cual contiene barras conductoras en su interior pero aisladas del resto de la carcasa, en estas barras van colocados todos los interruptores termomagnéticos que alimentan cada uno de los circuitos que posee o se quiere tener en una instalación.

Existen dos tipos de tableros que se diferencian no sólo por su posición en el sistema eléctrico de una casa o industria, sino también por su importancia en cuanto a la carga que puede conectarse al mismo.

- **Tablero general o principal:** éstos son los tableros que se colocan después de la medición (contador o demandómetro) de la Empresa Eléctrica, son los que llevan conectados a él la carga total del sistema eléctrico. Su función es la de poder interrumpir el paso de la corriente hacia todo el sistema eléctrico general ó toda un área determinada de la casa o edificio que proteja, son identificados en los planos como TP – XXX.
- **Tablero de distribución o secundario:** es el tipo de tablero que se coloca después del tablero principal, y controla solamente la carga de unos pocos circuitos de un área determinada de la casa ó edificio. Su finalidad es la de poder cortar y controlar cargas específicas en el caso de una reparación ó daño, sin tener que interrumpir el flujo de corriente eléctrica desde el tablero principal al resto de circuitos que no fueron afectados en la misma área. Éstos son identificados en los planos como TD – XXX.

2.1.5.1. Condición actual

El tablero principal del banco de transformadores No. 1 con capacidad de 150 kVA de potencia, como se especificó anteriormente en el capítulo 1 de este informe está ubicado en el área de mantenimiento y calderas del hospital.

En la tabla siguiente se especifica el resto de los datos de este tablero como lo son voltaje de alimentación, protección principal y protecciones derivadas para los distintos módulos que alimenta.

Tabla X. Condición actual Tablero TP-1

Módulo que alimenta	Voltaje 1Φ ó 3Φ	Carga instalada	Protección
Interruptor principal	208 V / 3Φ	230751,33	3x600 A
5	208 V / 3Φ	100271,11	3x100 A
6	208 V / 3Φ	79747,78	3x200 A
7	240 V / 1Φ	3664,44	2x30 A
8	208 V / 3Φ	27280,00	3x200 A
9	208 V / 3Φ	27403.33	3x200 A
10	208 V / 3Φ	5355,78	3x125 A
11	208 V / 3Φ	15866.78	3x200 A
12	208 V / 3Φ	53912.67	3x250 A
13	208 V / 3Φ	38821.12	3x150 A
14	208 V / 3Φ	41592.11	3x300 A
Administración	208 V / 3Φ	7531.56	3x40 A
Garita	208 V / 3Φ	377,78	3x50 A
Lavandería Gineco.	208 V / 3Φ	53955.00	3x200 A
Lavandería Rehabi.	208 V / 3Φ	14054,44	3x150 A

En el caso del tablero principal del banco de transformadores No. 2 con capacidad de 75 kVA de potencia, este se encuentra ubicado a la par del contador demandómetro en el lado de afuera del módulo 12 al lado de la emergencia del hospital.

Este tablero solamente alimenta la clínica de rayos X en el módulo 13 de emergencia del hospital, los datos se encuentran en la tabla siguiente:

Tabla XI. Condición actual Tablero principal banco transformadores No. 2

Módulo que alimenta	Voltaje 1Φ ó 3Φ	Carga instalada	Protección
Clinica rayos X	240 V / 3Φ	35726.33	3x100 A

Del banco de transformadores No. 3 con capacidad de 50 kVA de potencia, se derivan los cuatro tableros principales ubicados en cada cabaña en la parte trasera interior de las mismas, a la par del contador.

Tabla XII. Condición actual Tableros principales de las cabañas

Módulo que alimenta	Voltaje 1Φ ó 3Φ	Carga instalada	Protección
Cabaña 1	240 V / 1Φ	40815.29	2x200 A
Cabaña 2	240 V / 1Φ	10991,11	2x70 A
Cabaña 3	240 V / 1Φ	3538.44	2x40 A
Cabaña 4	240 V / 1Φ	3703.45	2x50 A

2.2. Análisis de Redes

Se realizó un análisis de los diferentes parámetros eléctricos que intervienen en el sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia, para poder determinar la calidad de energía con que cuenta. El análisis realizado permiten a simple vista darse cuenta de los problemas que existen y que afectan directamente la eficiencia y la calidad de energía en las instalaciones así como los dispositivos y tipo de maquinaria instalados, con el afán de darle soluciones propuestas y recomendadas para el mejoramiento de las mismas.

La medición se realizó en forma directa en los tres puntos de conexión a la red que posee el hospital, identificados anteriormente como bancos de transformadores No. 1, 2 y 3, por medio de un equipo analizador de redes marca CIRCUTOR modelo AR.5.

El período de medición fue de 24 horas en cada uno de los bancos, registrando los parámetros mostrados a continuación a cada 15 minutos.

2.2.1. Corrientes

A continuación se expondrán las gráficas de las corrientes de cada uno de los bancos de transformadores, en orden de numeración, haciendo un pequeño análisis de cada conjunto de gráficas explicando el comportamiento de la corriente en las mismas.

Cabe mencionar que la gráfica incluye en la parte de abajo los valores máximo y mínimo registrados durante la medición.

Empezaremos por las gráficas del banco de transformadores No. 1:

Figura 14. Gráfica de corriente en L1, L2 y L3 del banco No. 1

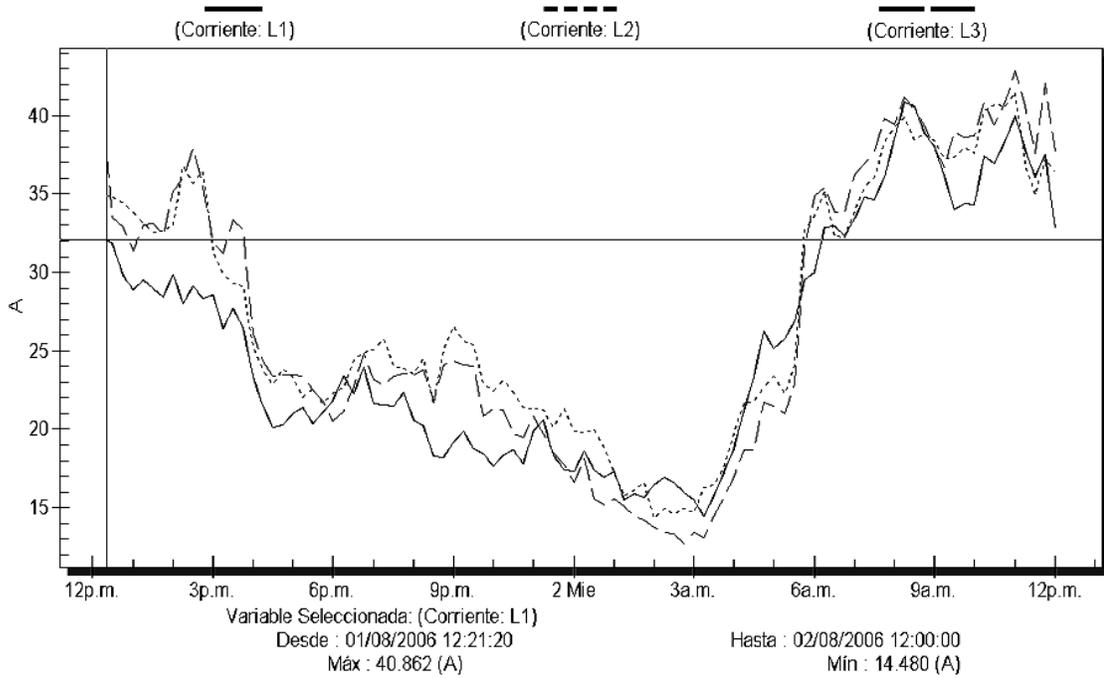
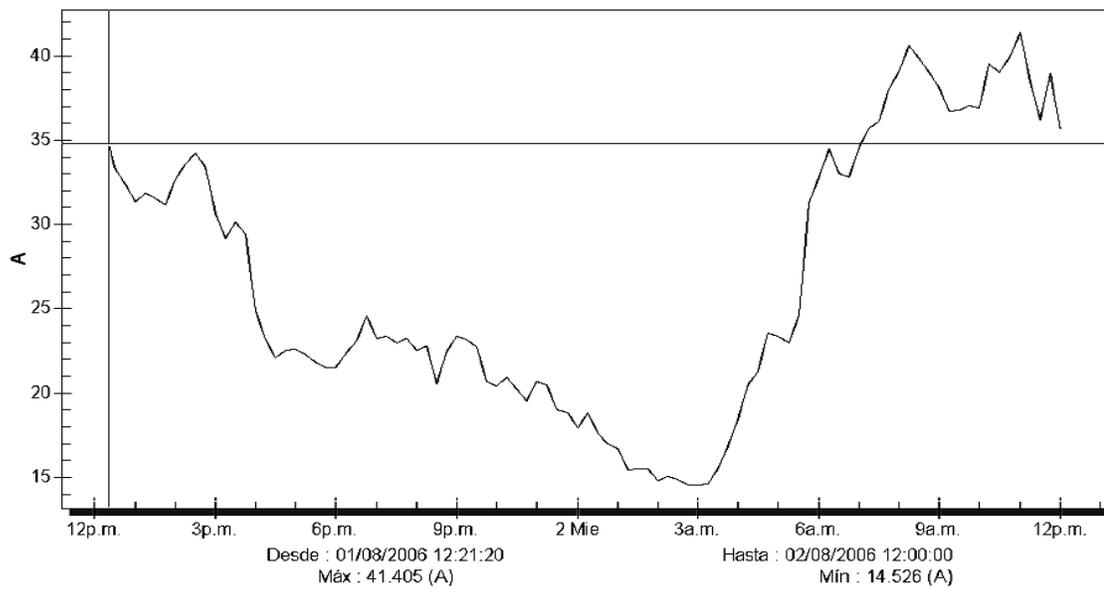


Figura 15. Gráfica de corriente trifásica del banco No. 1



En la Figura 14 se puede observar que la corriente en cada una de las líneas se mantiene proporcionalmente balanceada con respecto a la otra, coincidiendo más las corrientes en las líneas L2 y L3. El pequeño desbalance que existe entre las corrientes en las líneas mencionadas y la corriente en la línea L1 se debe posiblemente a que se encuentran en el sistema más cargas trifásicas que monofásicas y que el uso de las diferentes cargas no este distribuido 100% en el mismo horario en las tres líneas, pero se podría decir que sus máximos y mínimos ocurren relativamente a la misma hora. También podemos observar que en la Figura 15 se modeló la corriente trifásica la cual es el promedio de las tres anteriores, ocurriendo su mínimo consumo en horas de la madrugada e incrementándose hasta llegar a su máximo consumo entre las 6 a.m. y 12 p.m.

Se muestran a continuación las gráficas del banco de transformadores No. 2 :

Figura 16. Gráfica de corriente en L1, L2 L3 del banco No. 2

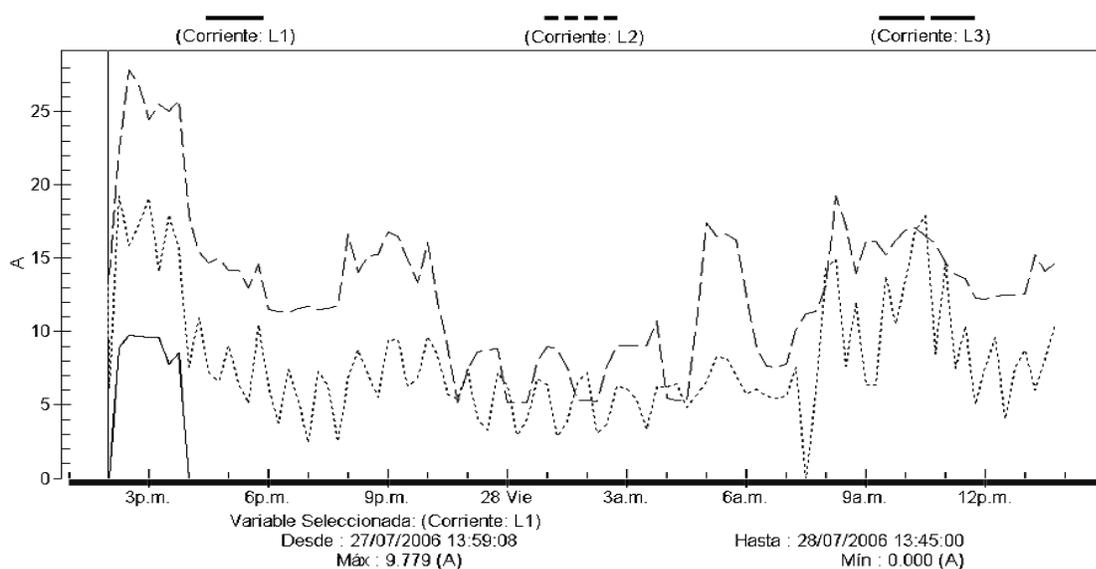
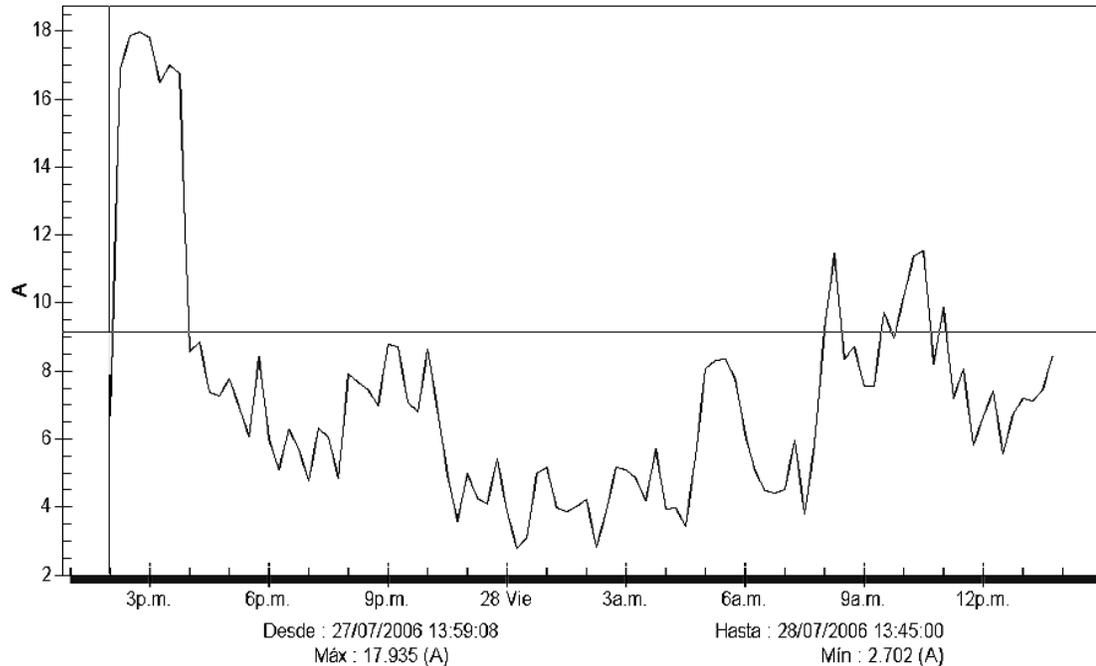


Figura 17. Gráfica de corriente trifásica del banco No. 2

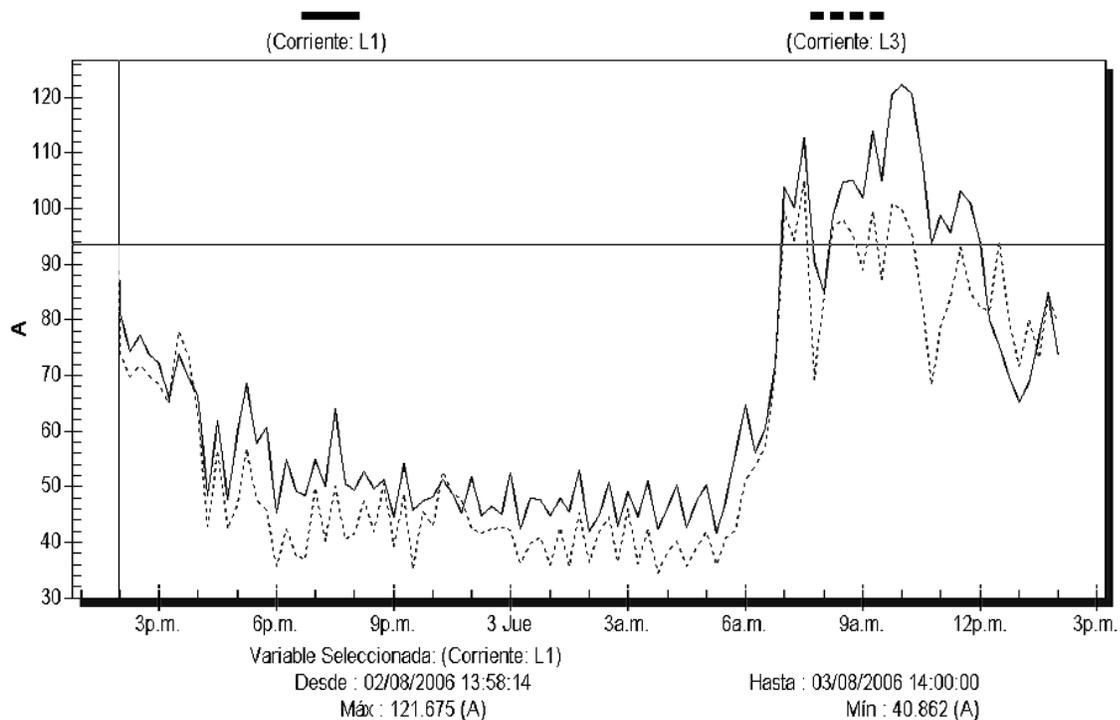


En la Figura 16 se puede observar que las fases que se mantienen proporcionalmente balanceadas son L2 y L3, pero L1 está un poco desbalanceada con respecto a las otras dos, quedando por un tiempo muy largo sin uso lo que provoca su poco consumo de corriente, que se resumiría en que esta área del hospital tiene más carga monofásica que trifásica.

También se puede notar que en la figura 17 donde se modeló la corriente trifásica tiene una repercusión grande cuando las tres fases de corriente entran en funcionamiento. En esta área el mínimo valor de corriente sucede en el intervalo de las 11 p.m. hasta las 5 a.m., y el máximo valor de corriente ocurre entre las 2 y 4 p.m., horario en el cual posiblemente se practica la mayoría de exámenes con el aparato de rayos X.

Seguiremos con la gráfica de corrientes del banco de transformadores No. 3 :

Figura 18. Gráfica de corriente en L1 y L3 del banco No. 3



Observando la Figura 18 podemos darnos cuenta el sistema monofásico presenta un buen balance de las cargas conectadas en él, debido a que el consumo de corriente es relativamente el mismo en las dos líneas.

Ocurriendo el valor mínimo entre las 6 p.m. y 6 a.m., y el consumo máximo entre las 6 a.m. y las 3 p.m.

2.2.2. Voltajes

Empezaremos por analizar el voltaje en las tres fases del Banco de transformadores No. 1, en la Figura 19 podemos observar que los niveles de voltaje se encuentran bastante uniformes en todas las fases existiendo solamente un pequeño desbalance.

También en la Figura 20 se muestra el voltaje trifásico donde multiplicando el valor máximo y mínimo por el factor $\sqrt{3} \approx 1.73$ se obtiene los voltajes entre fases, y tenemos como mínimo 198 voltios entre fases y como máximo de 211 voltios entre fases lo que no resulta muy fluctuante existiendo una variación del 1.44% .

Figura 19. Gráfica de voltajes en L1, L2 y L3 del banco No. 1

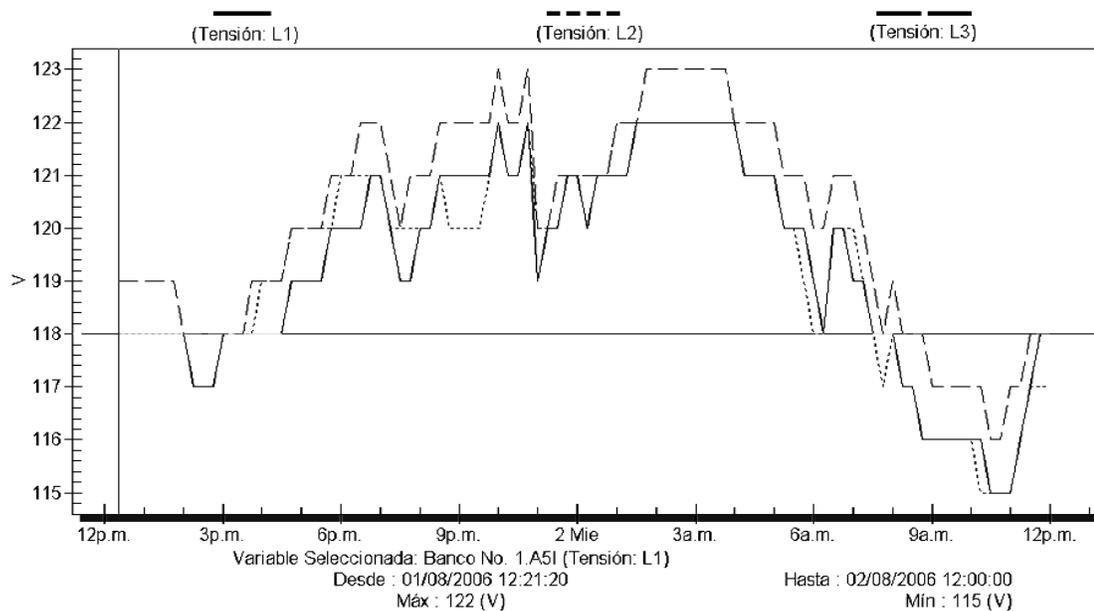
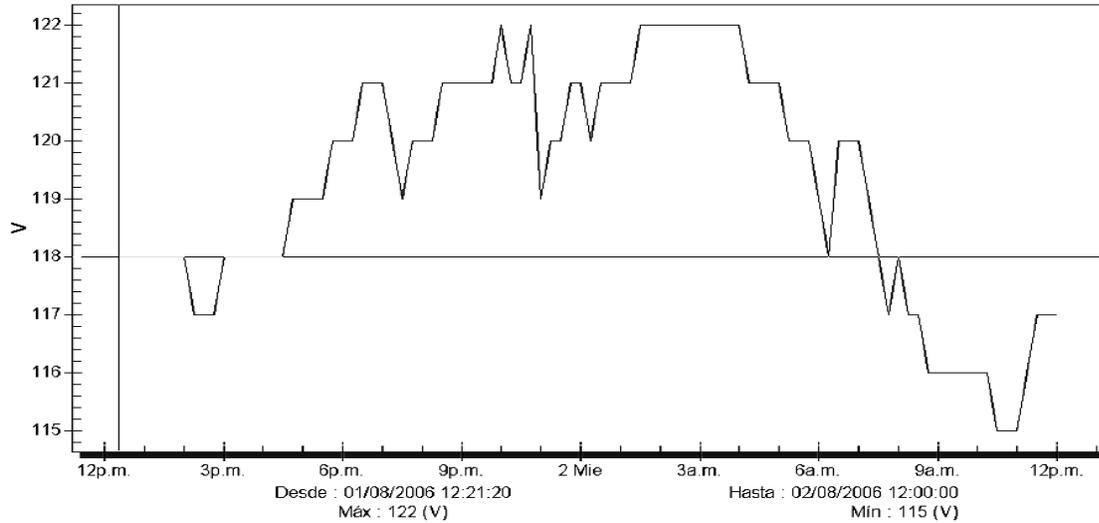


Figura 20. Gráfica de voltaje trifásico del banco No. 1



Seguimos con el análisis de los voltajes en las tres fases del Banco de transformadores No. 2 :

Figura 21. Gráfica de voltajes en L1, L2 y L3 del banco No. 2

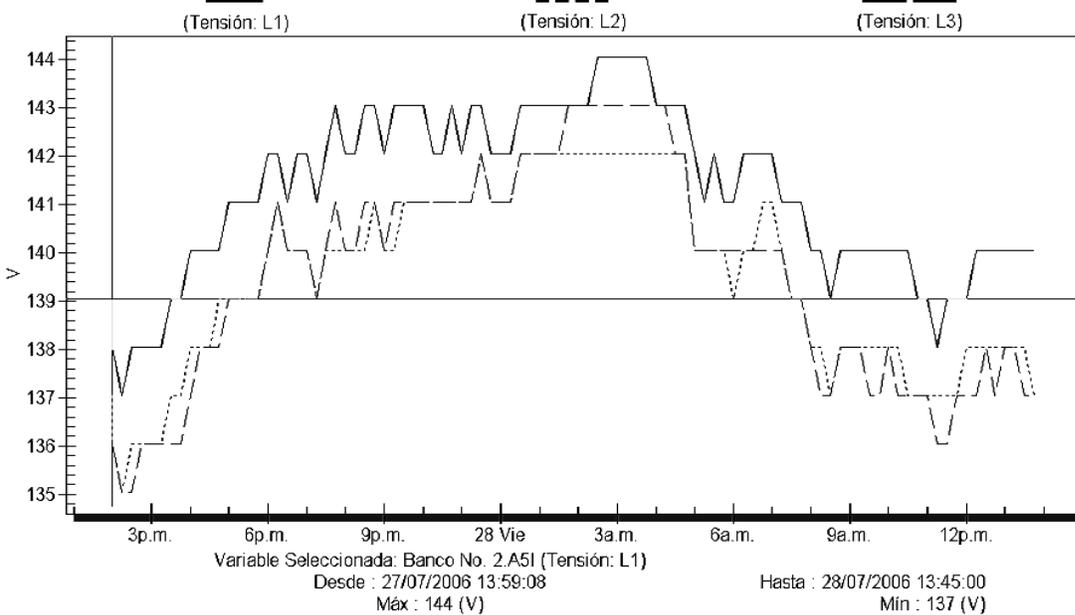
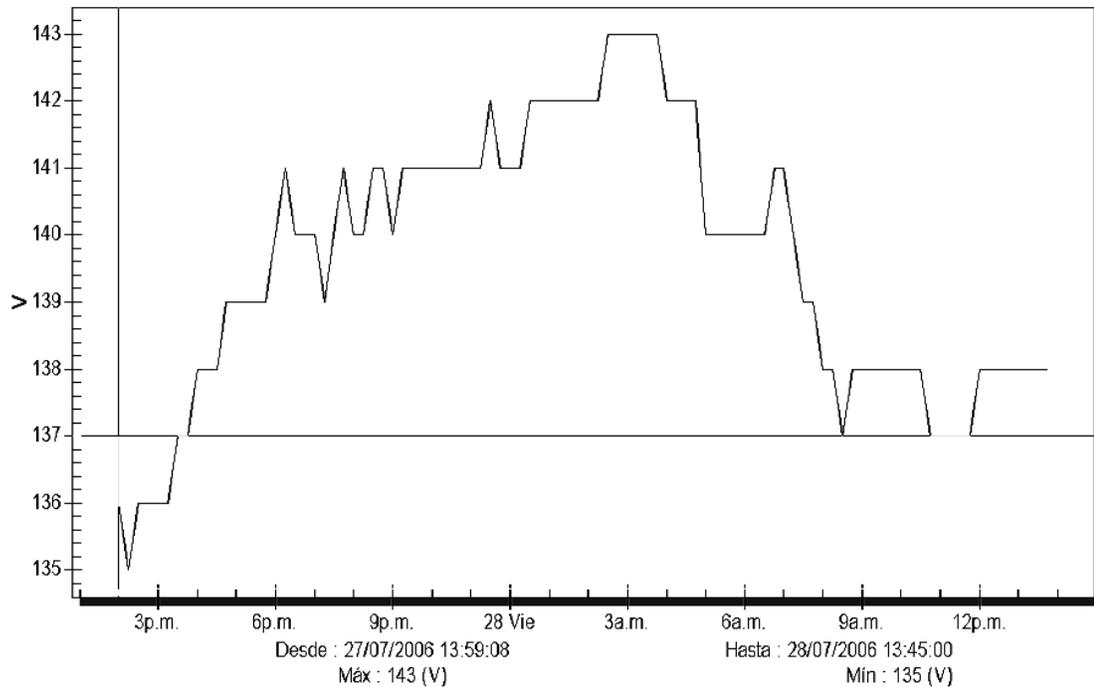


Figura 22. Gráfica de voltaje trifásico del banco No. 2

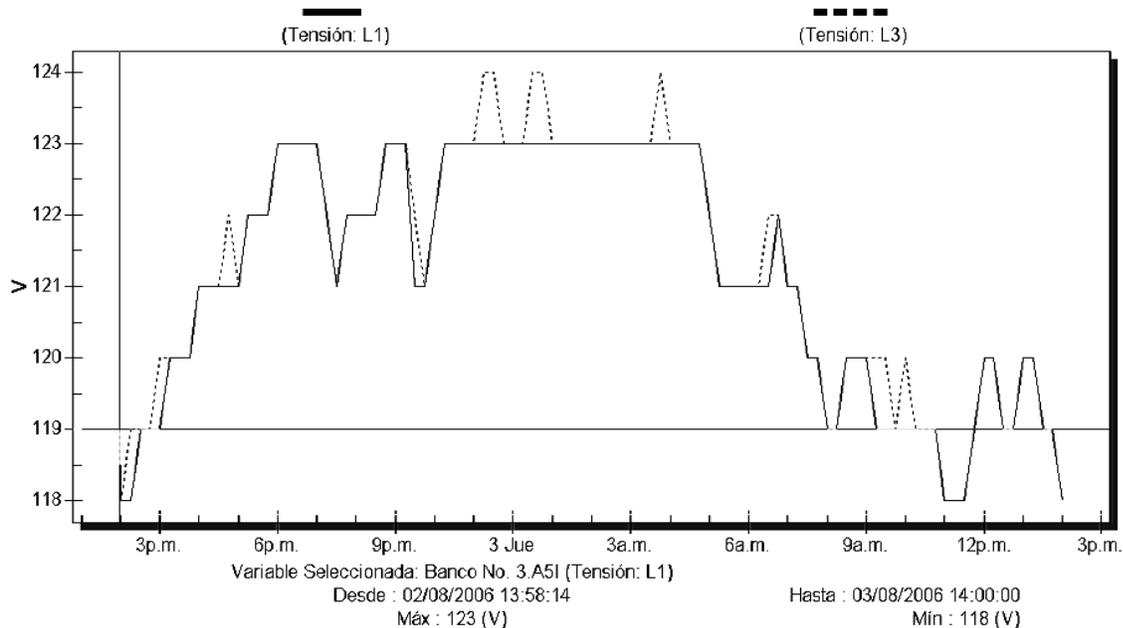


Analizaremos el voltaje en las tres fases de este banco utilizando la Figura 21, en la cual podemos observar que los niveles de voltaje se encuentran bastante uniformes en todas las fases existiendo solamente un pequeño desbalance.

En la Figura 22 se muestra el voltaje trifásico y así como se hizo con la gráfica de voltaje trifásico del banco No. 1 pero recordando que el banco No. 2 se trata de un banco trifásico con voltajes de alimentación de 240/120 V, multiplicamos el valor máximo y mínimo por el factor $\sqrt{3} \approx 1.73$ y se obtienen los voltajes entre fases, y tenemos como mínimo el valor de 233.55 voltios entre fases y como valor máximo 247 voltios entre fases lo que nos da la idea de que el voltaje se mantiene bastante estable solamente con una variación del 2.92%.

Nos queda por analizar los datos de los voltajes en el banco de transformadores No. 3 :

Figura 23. Gráfica de voltajes en L1 L3 del banco No. 3



Los voltajes en la Figura 23 son voltajes monofásicos ya que este sistema tiene una configuración de voltajes de 240/120 V monofásicos.

De los resultados gráficos de dicha figura se puede apreciar que los niveles de voltaje son bastante uniformes entre sí, por lo cual existe un pequeño desbalance con 2.5% de variación respecto al voltaje de referencia que es de 120 voltios.

2.2.3. Factor de potencia

La Empresa Eléctrica de Guatemala, establece en sus Normas para Acometidas de Servicio Eléctrico XII edición, que en ningún caso el factor de potencia del usuario debe ser menor al 85% ($fp = 0.85$), de lo contrario será objeto de penalización por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica. Como veremos en las dos gráficas a continuación, pertenecientes al banco de transformadores No. 1, el factor de potencia en cada línea se encuentra en un valor muy estable ya que como se verá más adelante la potencia reactiva no es muy alta lo que provoca un desfase pequeño en el ángulo entre la potencia activa y reactiva. Tomando en cuenta que durante todo el tiempo de la medición y haciéndose uso de por lo menos el 80% de la carga en este banco, el factor de potencia no bajo de un valor de 0.94 y no puede ser objeto de penalización.

Figura 24. Gráfica de factores de potencia en L1, L2 Y L3 del banco No. 1

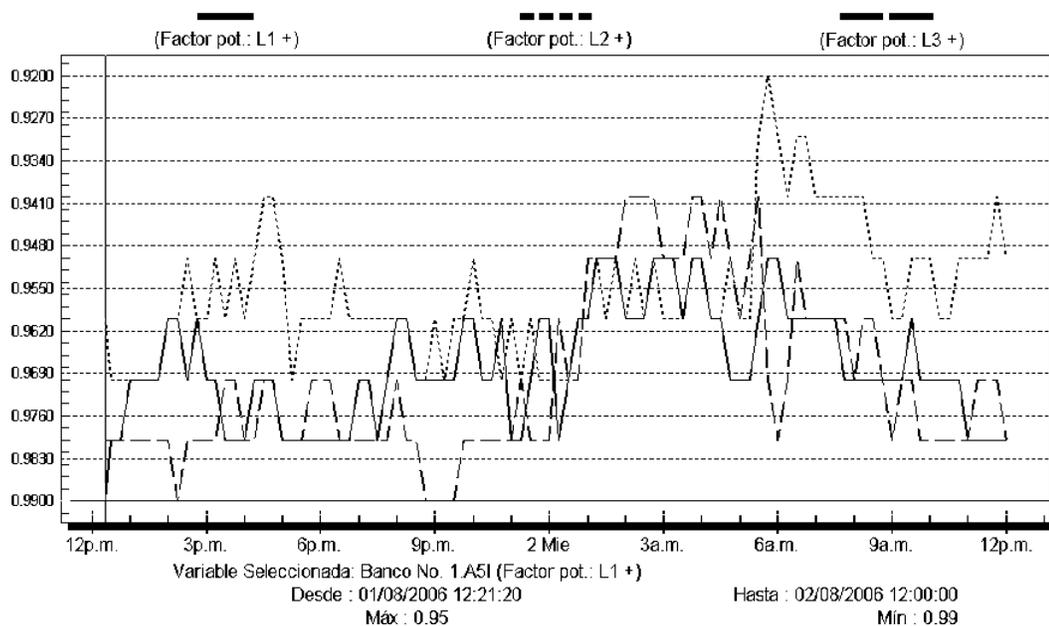
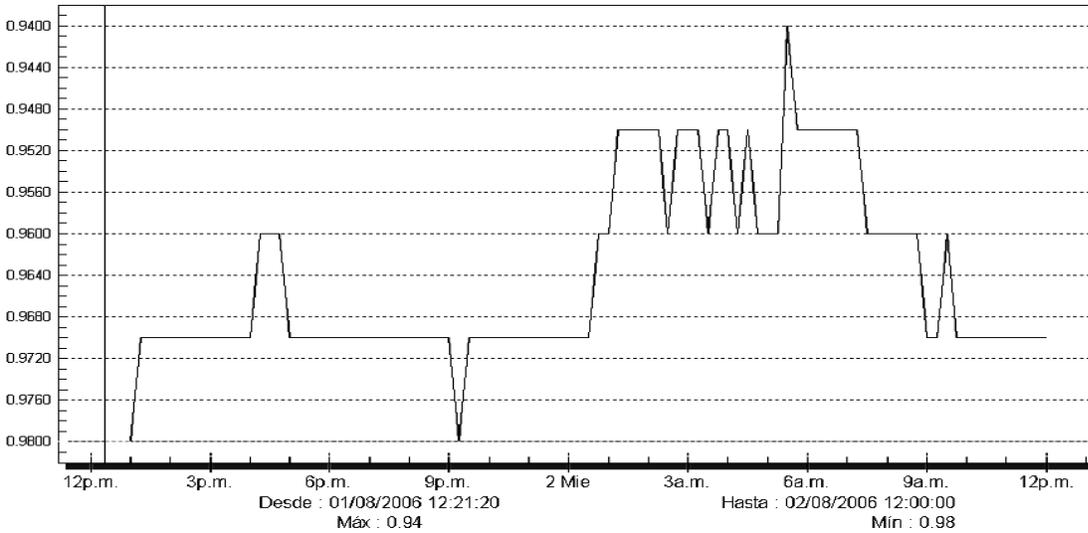


Figura 25. Gráfica de factor de potencia trifásico del banco No. 1



A continuación analizaremos las gráficas de factor de potencia del banco de transformadores No. 2 :

Figura 26. Gráfica de factores de potencia en L1, L2 y L3 del banco No. 2

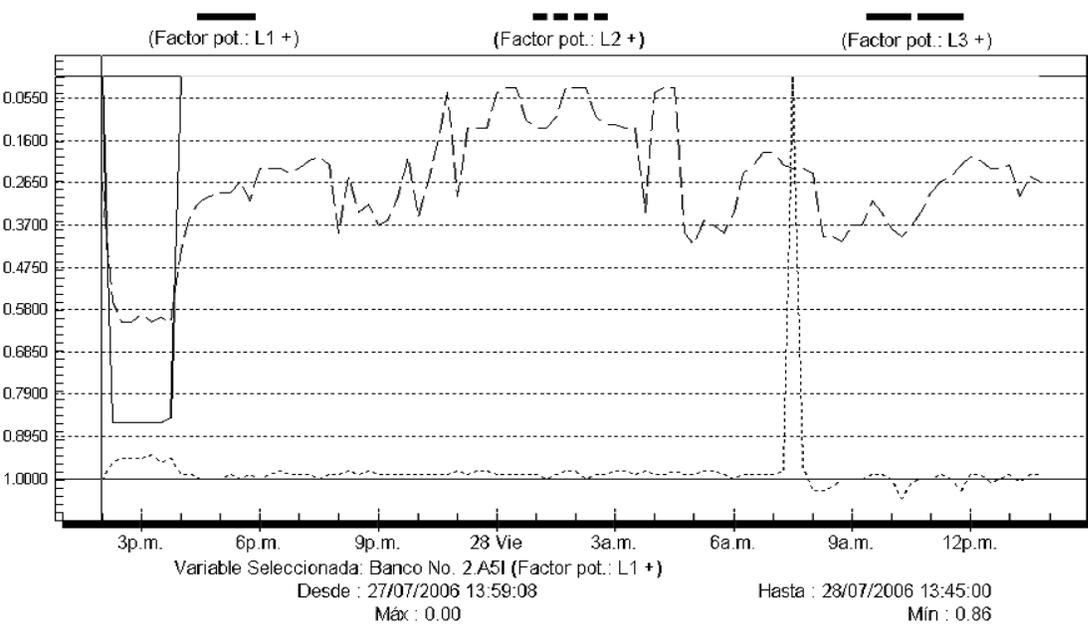
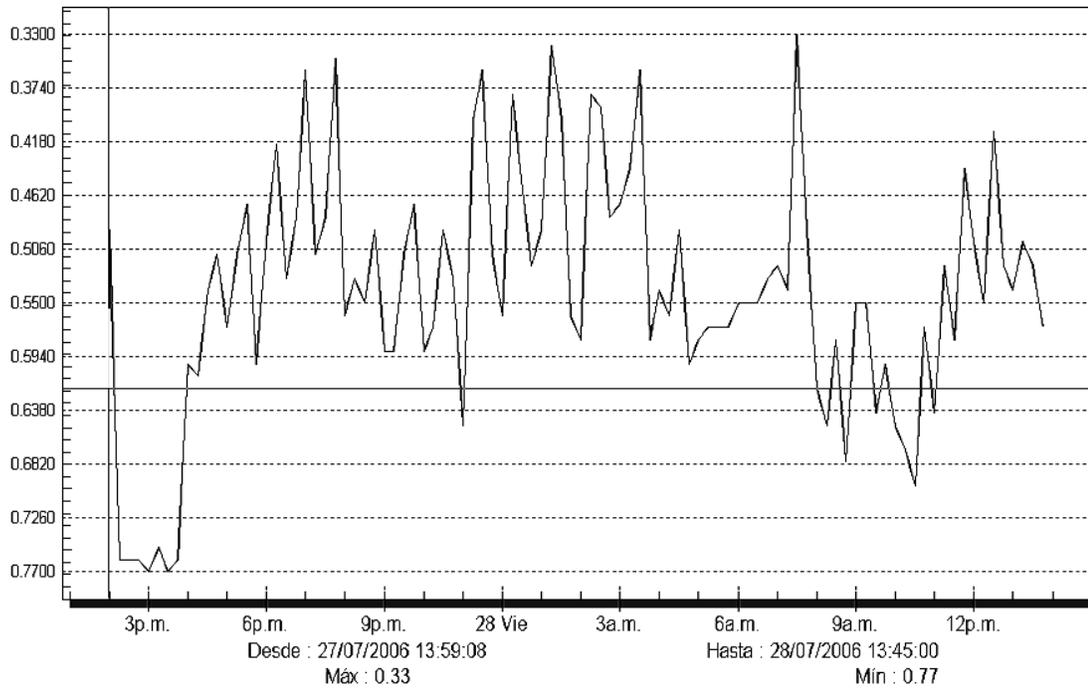


Figura 27. Gráfica de factor de potencia trifásico del banco No. 2

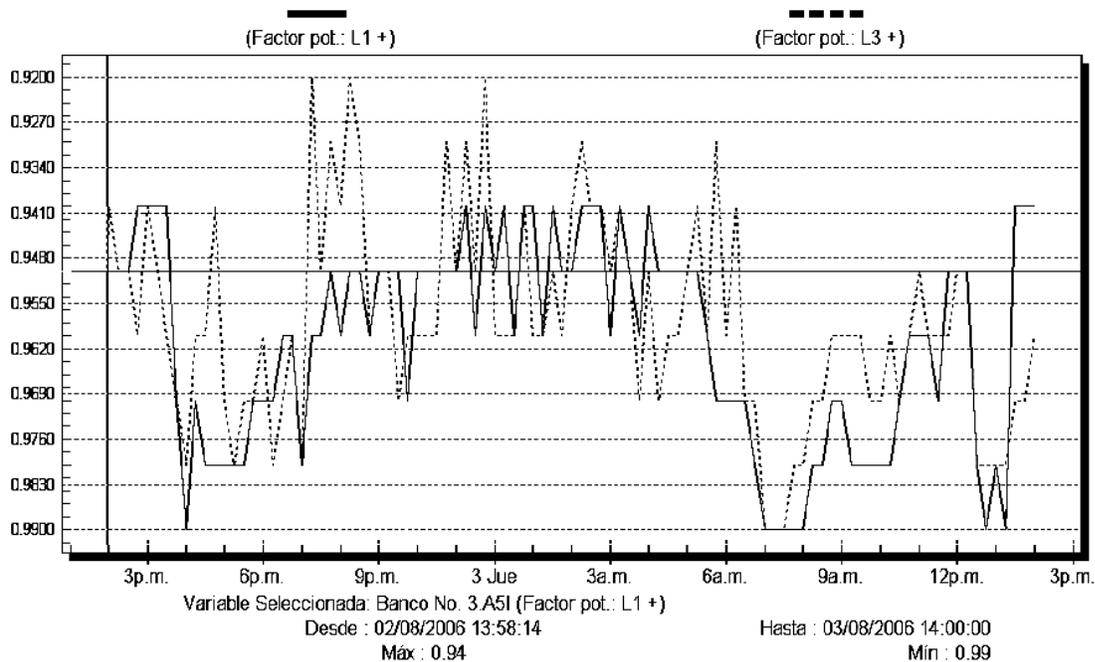


Tanto en la Figura 26 como en la 27 podemos observar que el factor de potencia se encuentra en un valor muy bajo debido al desbalance que hay en la corriente eléctrica debido al no uso de la fase o línea L1 durante la mayoría del tiempo, lo que provoca un desfase grande en el ángulo entre la potencia activa y reactiva.

Esto puede ser objeto de penalización por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica por mantener este valor muy bajo del factor de potencia durante mucho tiempo.

A continuación mostramos la gráfica del banco de transformadores No. 3:

Figura 28. Gráfica de factores de potencia en L1 y L3 del banco No. 3



En la gráfica anterior se puede observar que en este banco monofásico el factor de potencia se encuentra en un valor muy estable ya que también aquí la potencia reactiva no es muy grande a comparación de la potencia activa, y no puede existir penalización por parte de la empresa eléctrica.

2.2.4. Potencias

Durante la medición se pudieron obtener los valores de las potencias activa y reactiva para cada una de las líneas y en conjunto de los diferentes bancos de transformadores con que cuenta el hospital, estos valores nos permiten visualizar el comportamiento de la carga conectada a cada uno de ellos.

2.2.4.1. Activa

En primer lugar analizaremos los valores de potencia activa del banco de transformadores No. 1 con la ayuda de las siguientes figuras :

Figura 29. Gráfica de potencias activas en L1, L2 y L3 del banco No. 1

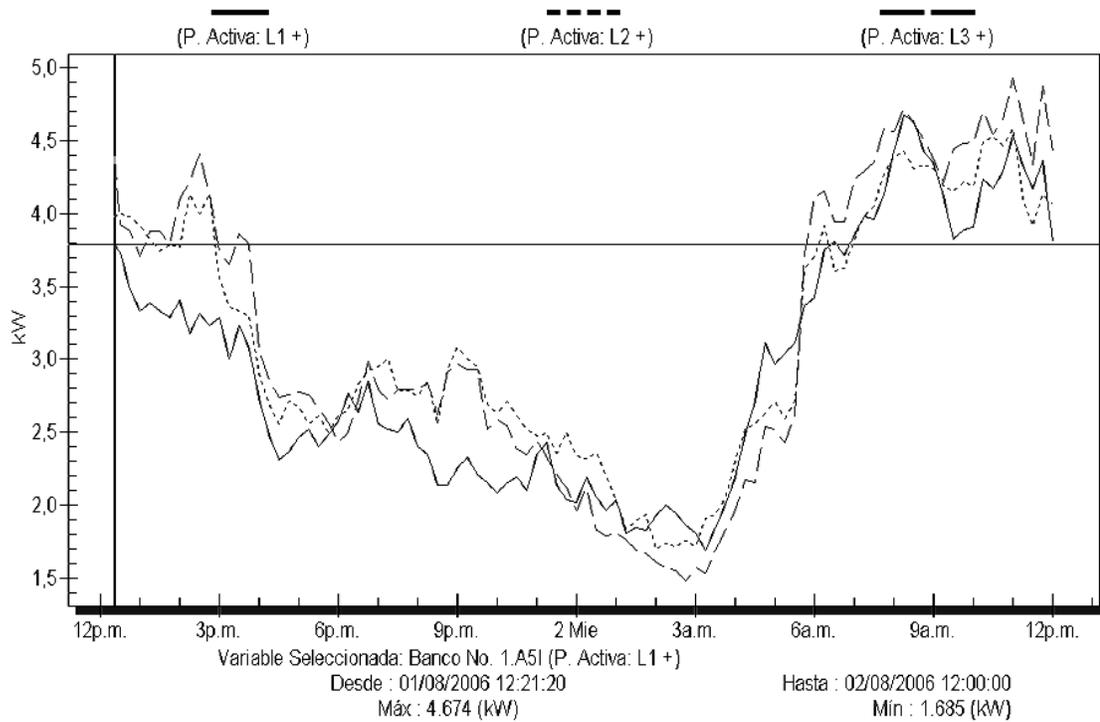
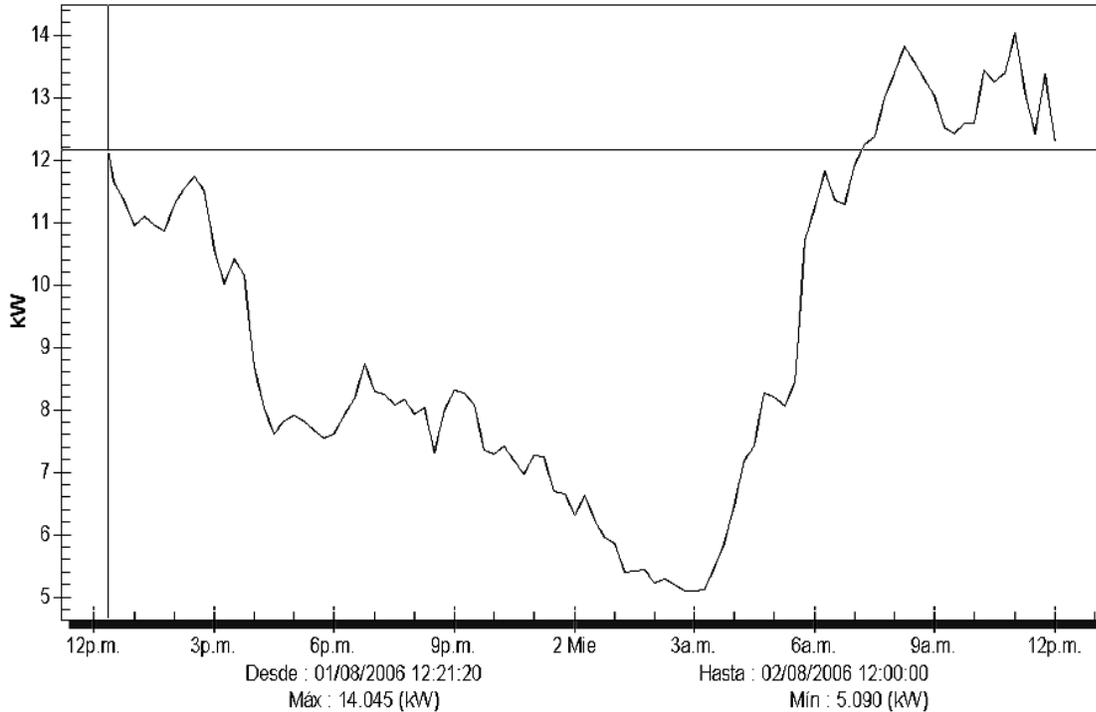


Figura 30. Gráfica de potencia activa trifásica del banco No. 1



En la figura 29 se puede observar que el consumo de la potencia activa está bien equilibrado entre las tres fases, siendo el consumo máximo de esta desde las 6 a.m. y llegando a su mayor valor de 14.045 kW al medio día (12 p.m.). Los resultados obtenidos de la potencia activa trifásica y en comparación con la potencia reactiva mostrada en el siguiente apartado de este capítulo, nos dan a conocer que los kW consumidos de potencia activa llegan a ser hasta un 72% mayor que los kVAr consumidos de potencia reactiva, lo que produce una pérdida muy sensible de la eficiencia del sistema.

Seguimos con el análisis de las gráficas ahora con las del banco de transformadores No. 2 :

Figura 31. Gráfica de potencias activas en L1, L2 y L3 del banco No. 2

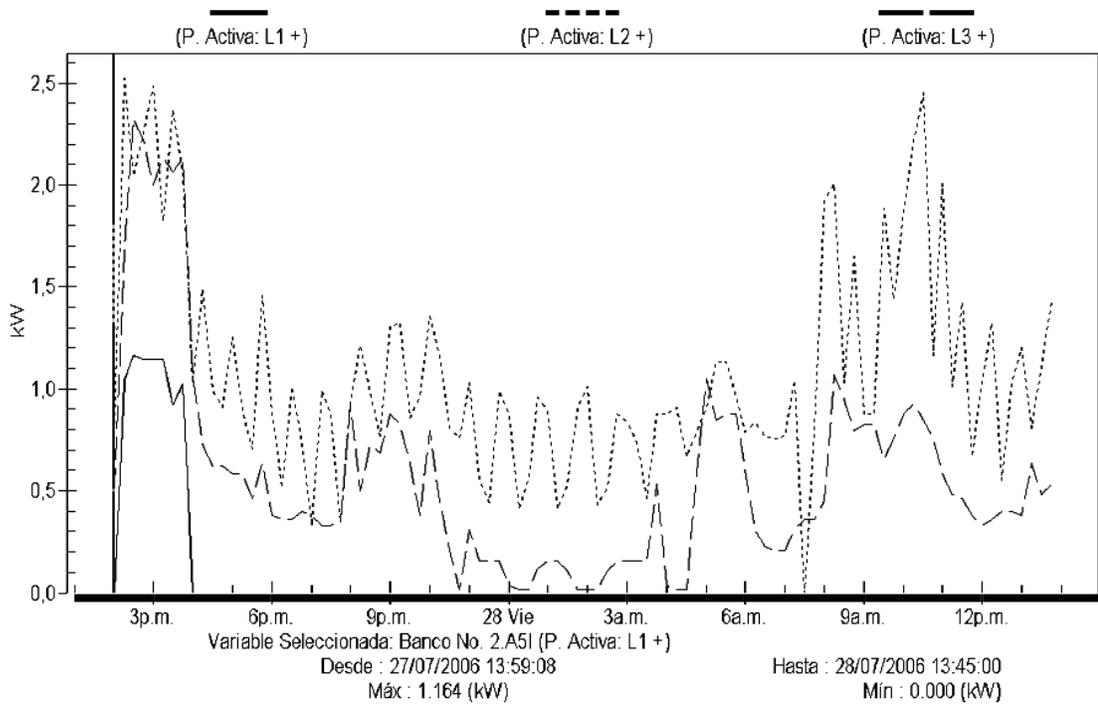
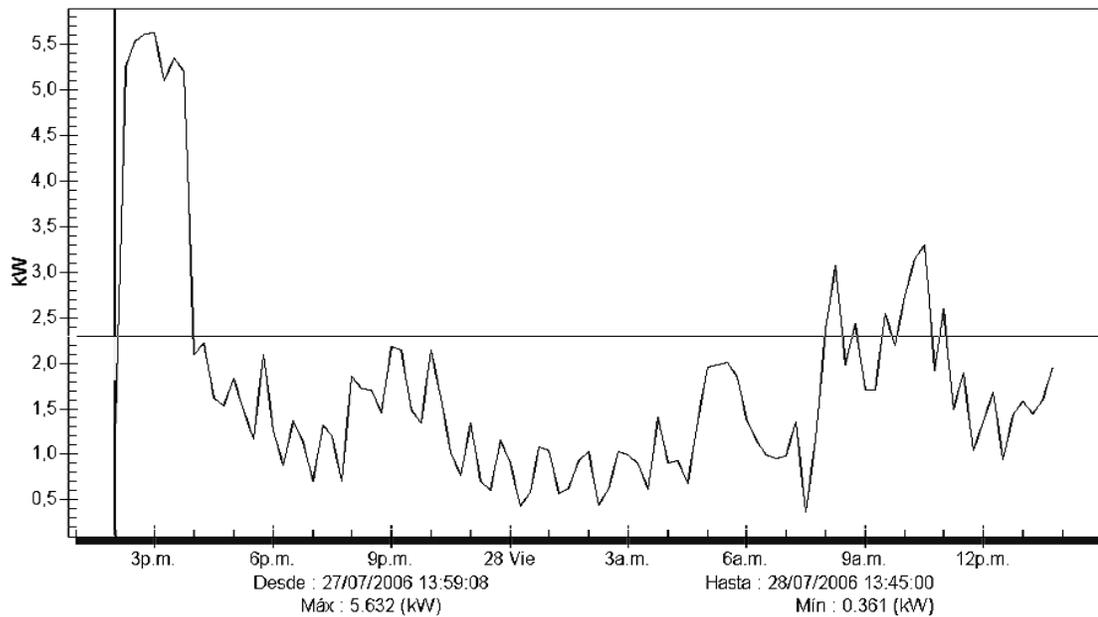


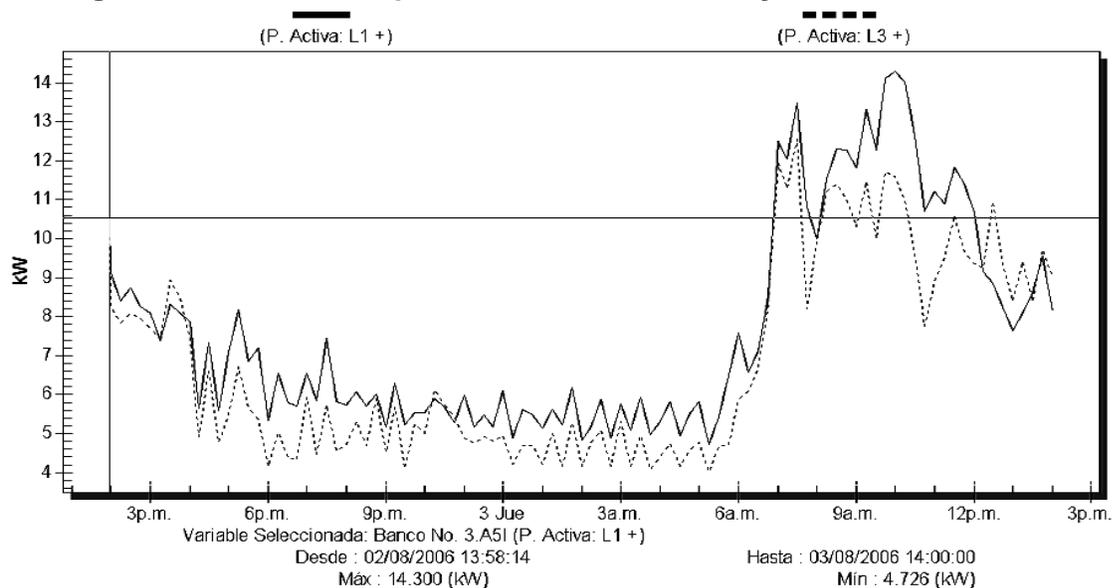
Figura 32. Gráfica de potencia activa trifásica del banco No. 2



En las gráficas anteriores se puede apreciar que en este banco de transformadores existe un consumo de potencia activa muy desbalanceado en las tres líneas, y que en L1 solamente existe consumo de potencia activa durante 2 horas al día. Siendo el consumo de potencia activa trifásica hasta de 5.6 kW.

Se muestra a continuación la gráfica de potencias activas en el banco de transformadores No. 3 para su respectivo análisis :

Figura 33. Gráfica de potencias activas en L1 y L3 del banco No. 3



La Figura 33 muestra que la potencia activa consumida por la carga conectada a este sistema monofásico representa una potencia máxima de 14 kW y una mínima de 4.7 kW, esta gráfica muestra el mismo comportamiento de las corrientes eléctricas dado que la potencia activa esta dada por cada unidad de voltaje y cada unidad de corriente.

2.2.4.2. Reactiva

Como podemos ver en las gráficas del banco de transformadores No. 1, el consumo de la potencia reactiva es mucho menor que el de la potencia activa, pero también es muy balanceado en las tres líneas.

Este bajo consumo de potencia reactiva se traduce a que no produce trabajo alguno ni contribuye en la transformación de energía eléctrica a energía mecánica sino que se transforma únicamente en calentamiento y pérdidas en los conductores, desgaste de los devanados y aislamientos en transformadores y motores, también daño en los dispositivos de control, alto consumo de potencia aparente y con eso mayor gasto en la relación de quetzales por kWh (kilowatio hora).

Figura 34. Gráfica de potencias reactivas en L1, L2 y L3 del banco No. 1

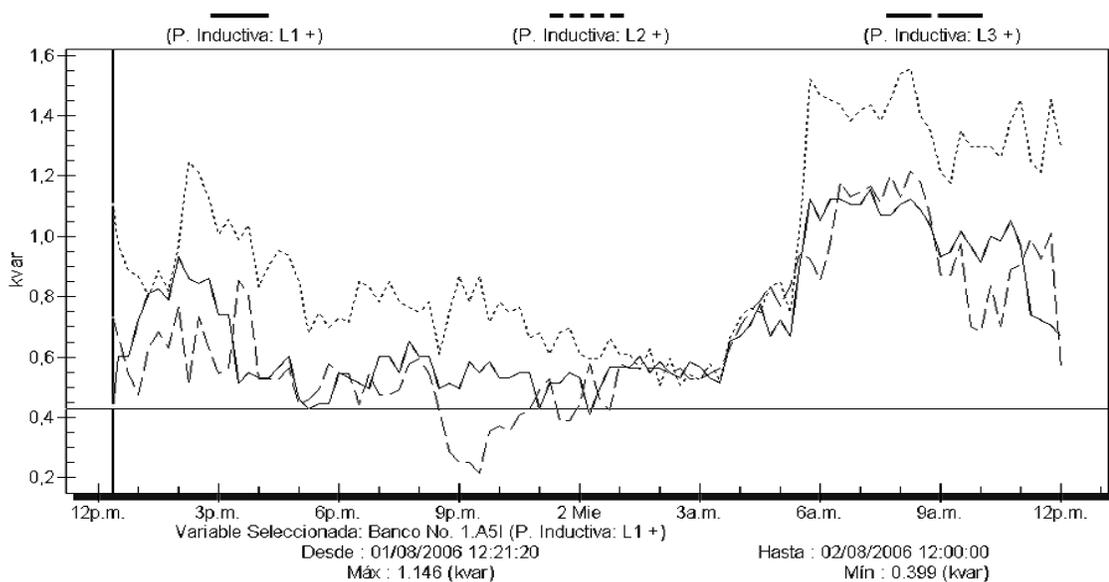
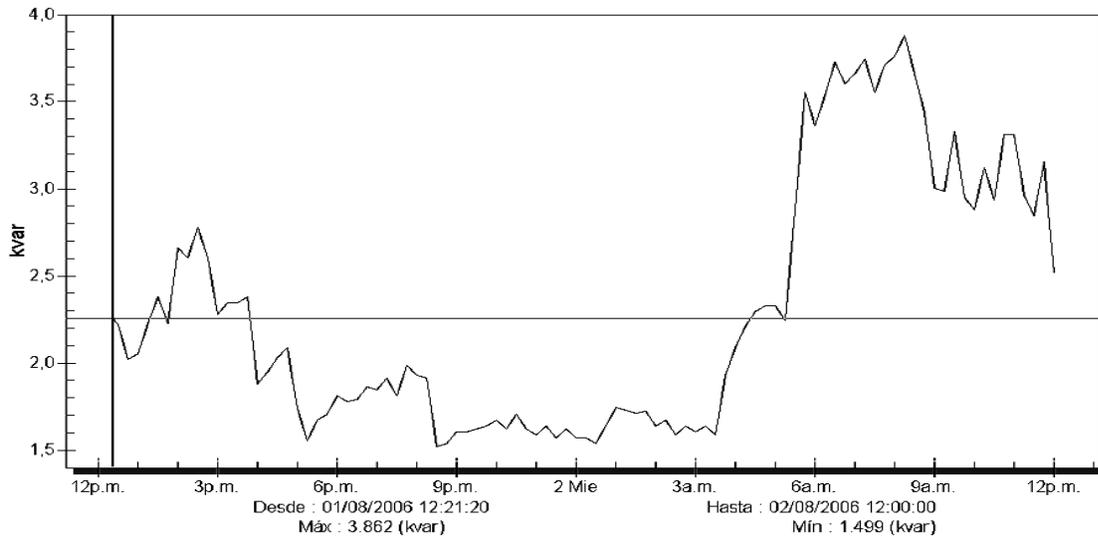


Figura 35. Gráfica de potencia reactiva trifásica del banco No. 1



A continuación se muestran las gráficas de potencias reactivas del banco de transformadores No. 2 :

Figura 36. Gráfica de potencias reactivas en L1, L2 y L3 del banco No. 2

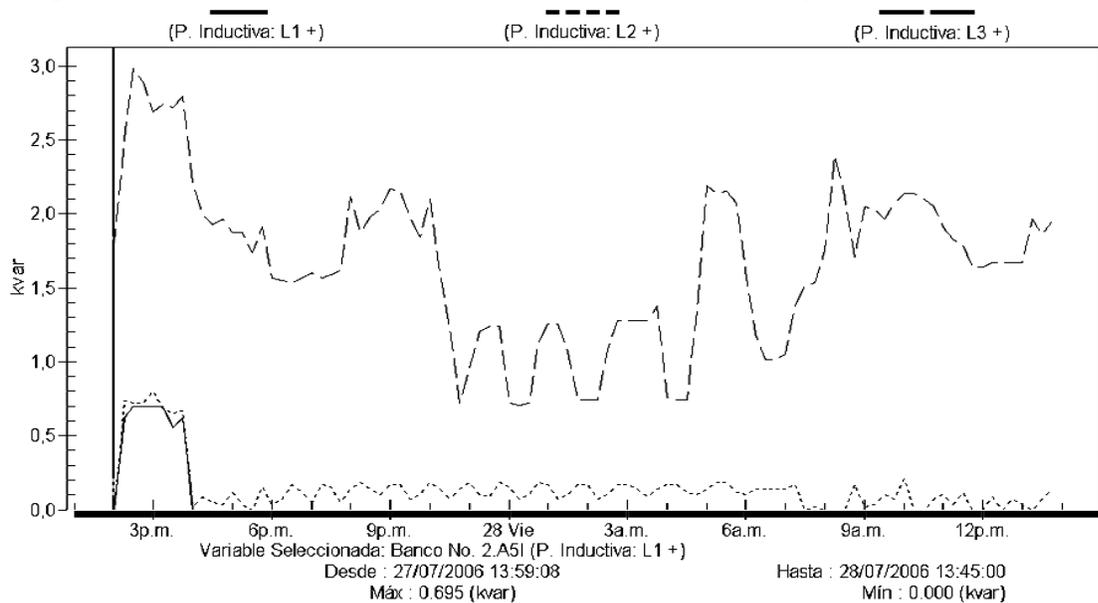
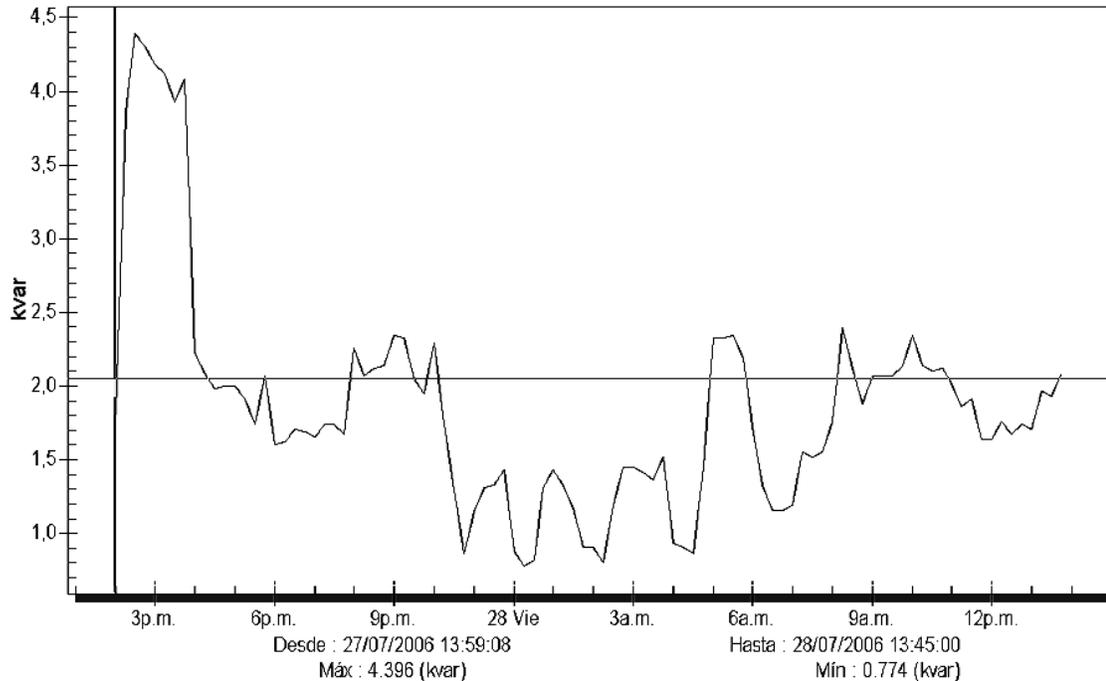


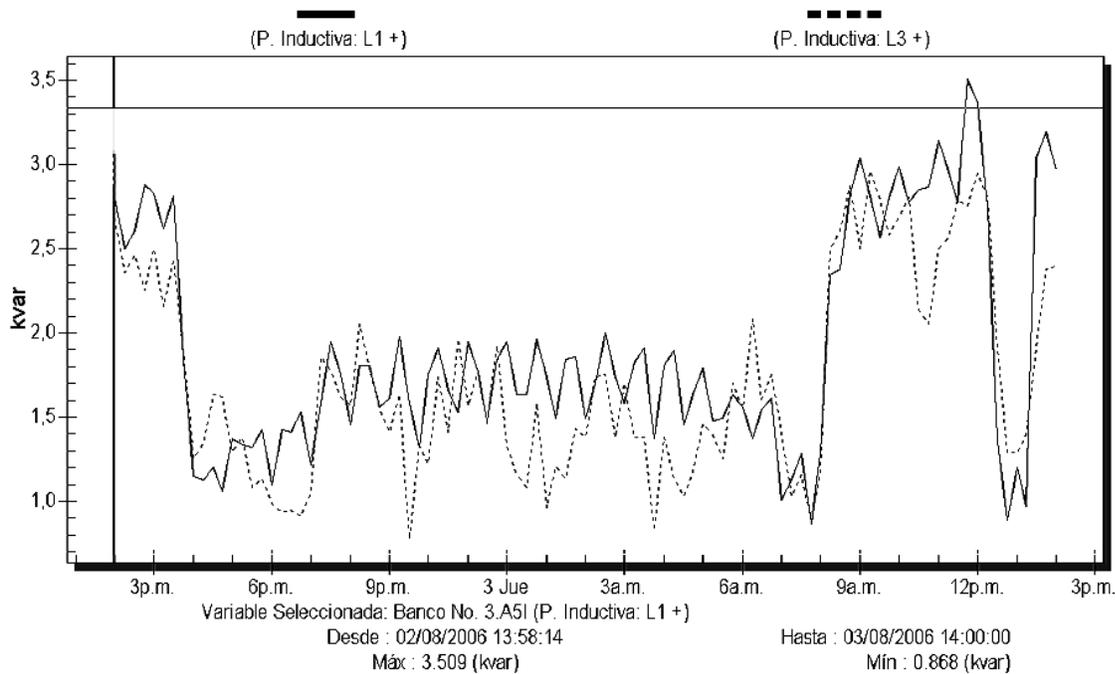
Figura 37. Gráfica de potencia reactiva trifásica del banco No. 2



En la Figura 36 la gráfica muestra que existe un desbalance muy grande en el consumo de la potencia reactiva en las tres líneas, y en la Figura 37 podemos ver que el consumo de ésta potencia es casi el mismo que el de la potencia activa trifásica.

Por último exponemos los resultados obtenidos de las mediciones en el banco de transformadores No. 3 , donde podemos ver que la potencia reactiva presente en las dos fases del sistema monofásico que alimenta es muy balanceada. Obteniendo un valor máximo de consumo de potencia reactiva de 3.5 kVAr y un mínimo de consumo de 0.87 kVAr de potencia reactiva.

Figura 38. Gráfica de potencia reactiva en L1 y L3 del banco No. 3



2.2.4.3. Aparente

La potencia aparente es la magnitud o suma vectorial de las potencias activa y reactiva presentes en cualquier sistema eléctrico, la importancia de esta potencia radica en que es la potencia que utilizamos para el cálculo de la corriente nominal y de cortocircuito que circulará por los conductores.

El aparato que se utilizó para realizar las mediciones en cada uno de los bancos de transformadores del hospital, no posee la función para poder registrar los valores de este tipo de potencia por lo tanto no es posible graficarlos.

Los valores máximos de consumo de ésta potencia, fueron mostrados anteriormente en el apartado 2.1.2 del cálculo de los conductores que se utilizarán en el nuevo diseño del sistema eléctrico del hospital.

2.2.5. Factor K

En las áreas de trabajo industriales de hoy, la proliferación de los dispositivos de estado sólido (balastos de iluminación, variadores de velocidad y controles para motor, equipos de comunicación, y otras cargas alimentadas por corriente directa), han creado un gran problema para los ingenieros y propietarios de edificios. La naturaleza no lineal de sus fuentes de alimentación conmutadas generan corrientes armónicas que causan que los transformadores y sistemas neutros se sobrecalienten y se destruyan.

En la gran mayoría de los casos cuando un transformador alimenta cargas no lineales, este transformador se sobrecalienta aún cuando no ha alcanzado sus kVA nominales. Se estima que el calentamiento de los transformadores debido a las armónicas es directamente proporcional al cuadrado de la armónica multiplicado por las pérdidas que esta produce, de esta manera aparece el factor K el cual es aplicado a transformadores.

Este factor K viene especificado en los datos de placa de algunos transformadores, indicando la capacidad del transformador para alimentar cargas no lineales sin exceder la temperatura de operación a la cual están diseñados.

Los factores K más comunes de transformadores son de 4 y 13, los cuales son utilizados para alimentar cargas que utilizan rectificación principalmente. A continuación se listan los tipos de factor K más comunes según las cargas que se conecten a los transformadores.

Tabla XIII. Factores K típicos

Tipo de Carga	Factor K
Iluminación por descarga eléctrica	K-4
UPS con filtrado de entrada opcional	K-4
Máquinas de soldar	K-4
Equipo de calefacción por inducción	K-4
PLC's y controles de estado sólido (diferentes a variadores de velocidad)	K-4
Equipo de Telecomunicaciones (por ejemplo PBX)	K-13
UPS sin filtrado de entrada opcional	K-13
Circuitos con receptáculo de varios cables en áreas de cuidado general de unidades de salud, salones de clase de escuelas, etc.	K-13
Circuitos con receptáculo de varios cables alimentando equipo de inspección o pruebas en una línea de ensamble o producción	K-13
Cargas de computadoras <i>Mainframe</i>	K-20
Variadores de velocidad de estado sólido (variadores de velocidad)	K-20
Circuitos con receptáculo de varios cables en áreas críticas de cuidado y en cuartos de operación / recuperación en hospitales	K-20

Fuente: www.solaheviduty.com, **Análisis armónico en sistemas eléctricos.**

2.2.6. Análisis de armónicos

En primer lugar cabe mencionar que los armónicos son producidos por cargas no lineales conectadas al sistema eléctrico que se analiza, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal consumen una intensidad no sinusoidal, por lo que la corriente esta desfasada un cierto ángulo respecto a la tensión.

Los armónicos pueden ocasionar una perturbación inaceptable sobre la red de distribución de energía eléctrica, y en consecuencia causar el recalentamiento de motores, cables y transformadores, el disparo de los interruptores automáticos, el sobrecalentamiento (y posible explosión) de capacitores.

También son responsables en el mal funcionamiento de distintos equipos como computadoras, sistemas de comunicaciones, protección y sistemas de medición, además, los componentes armónicos de frecuencias altas dan lugar a mayores pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas en los circuitos magnéticos.

Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos a la red. Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, y en otro tipo de cargas tales como reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos tales como las inductancias, resistencias y condensadores.

Se expondrán a continuación las gráficas obtenidas de los diferentes valores de armónicos de voltaje y de corriente presentes en los tres bancos de transformadores pertenecientes al hospital de Gineco-Obstetricia :

Figura 39. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 1

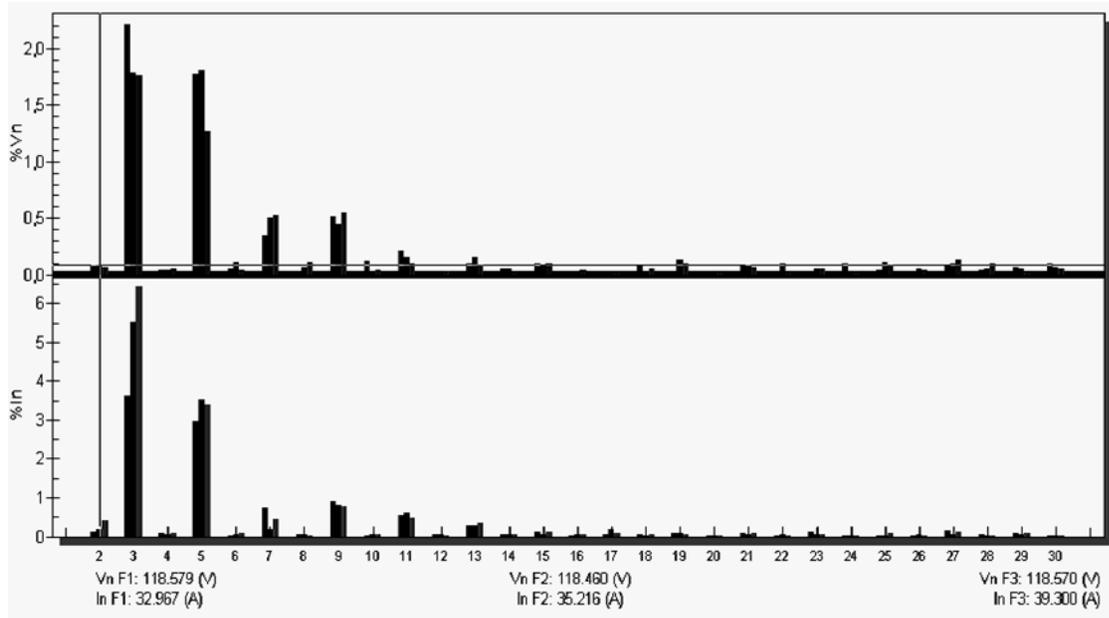


Figura 40. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 2

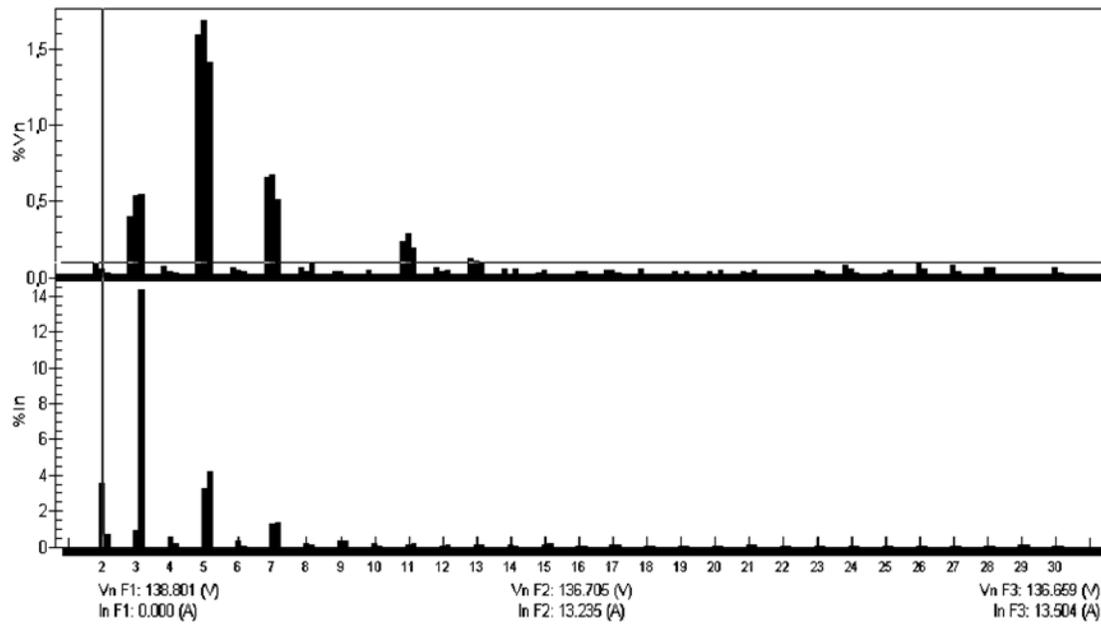
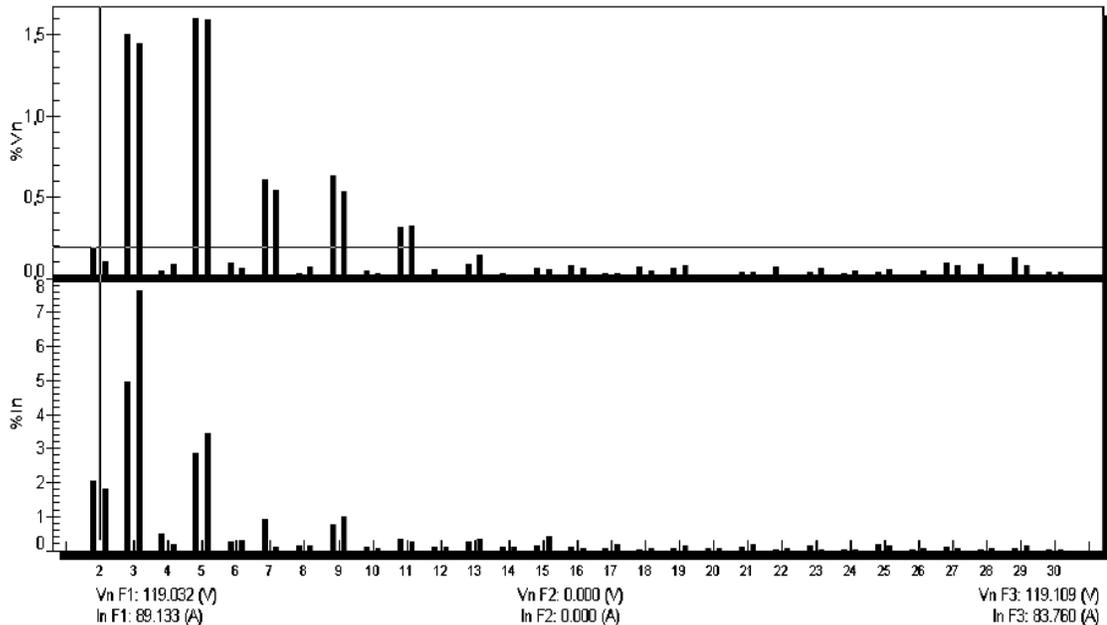


Figura 41. Voltajes y corrientes armónicas en el banco No. 3



2.2.6.1. Distorsión armónica THDV

La distorsión armónica THDV son las siglas en inglés que quieren decir *Total Harmonic Distorsion Voltage*, que en español significa Distorsión Armónica Total de Tensión.

La cual según las normas técnicas del servicio de distribución (NTSD) no debe excederse en una tolerancia del 8 %, y además los distribuidores de energía eléctrica deben indemnizar a todos los usuarios a los que se compruebe que se les ha entregado energía eléctrica que exceda estas tolerancias, hasta que se cumpla con lo establecido en dichas normas.

A continuación veremos las formas de onda de las señales de voltaje y corriente del banco de transformadores No. 1, en donde la forma de onda de la señal de voltaje mantiene su estabilidad, mientras que la de la corriente se distorsiona debido a efectos armónicos ocasionados en la tercera y quinta armónica como se observó en la Figura 39.

Además podemos observar en la Figura 43 que para la señal de voltaje su distorsión armónica se encuentra dentro de los límites normales siendo ésta en promedio menor al 3%.

Figura 42. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 1

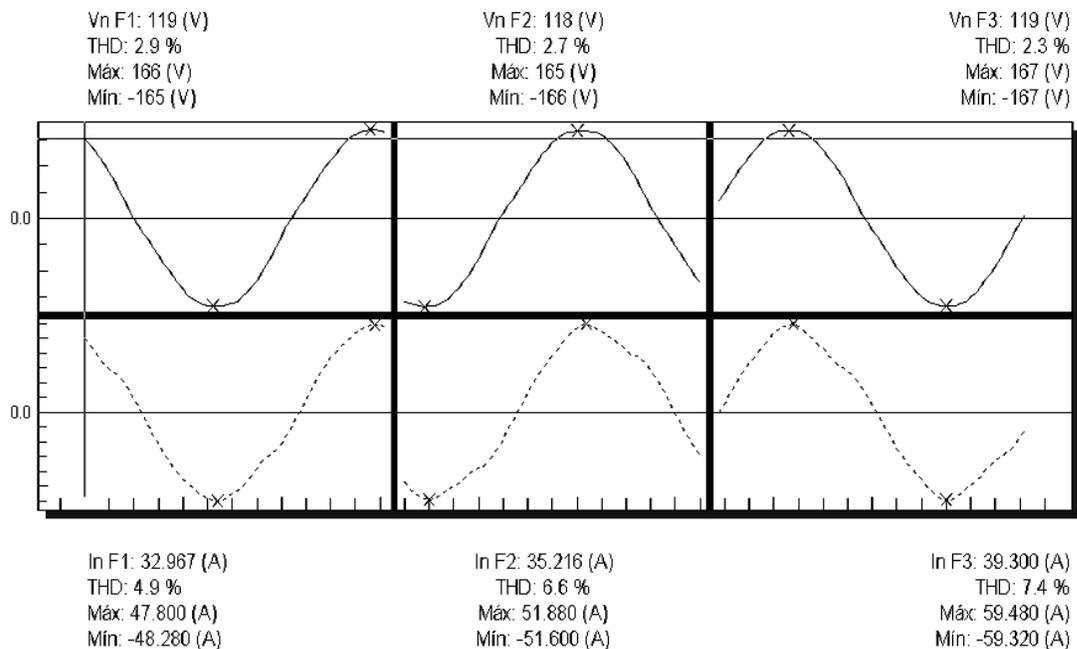
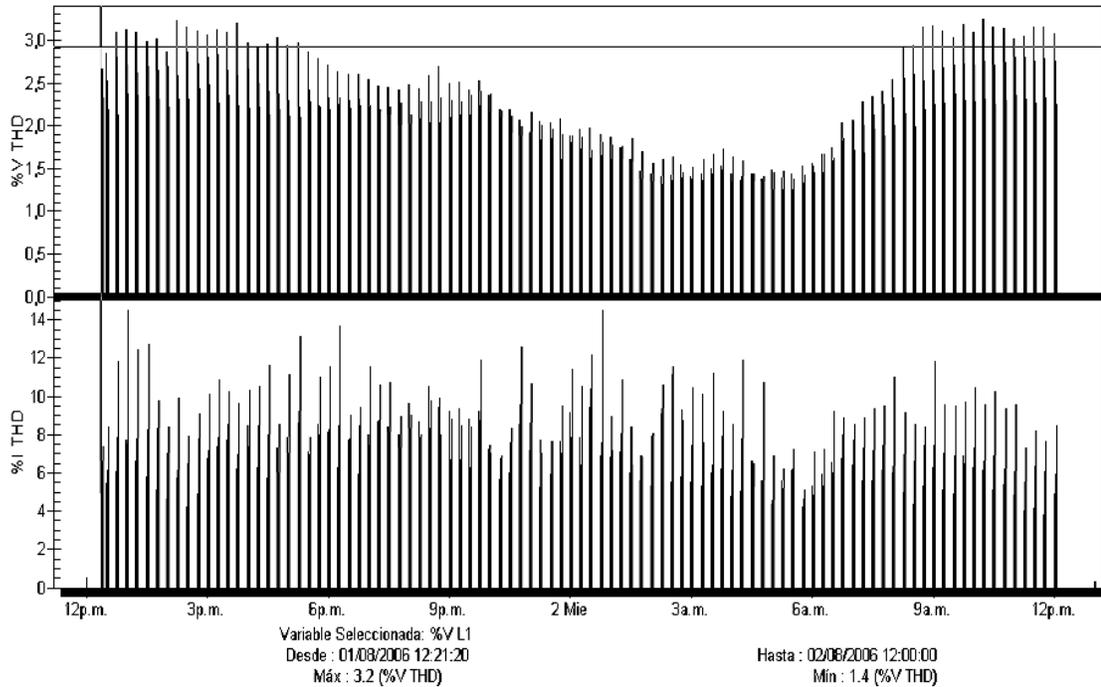


Figura 43. Distorsión armónica de voltaje y corriente en % del banco No. 1



Para el banco de transformadores No. 2 se obtuvieron las gráficas de las figuras 44 y 45, de las cuales podemos mencionar que la forma de onda de la señal de voltaje se mantiene estable mientras que la forma de onda de la señal de corriente se distorsiona debido a los efectos armónicos causados por la 2da., 3era. y 5ta. armónicas que aparecen en la gráfica de la Figura 40. De la Figura 45 se puede decir que en cuanto a la tasa de distorsión de la señal de voltaje ésta se encuentra en un valor promedio de 2% estando así muy por debajo de la tolerancia máxima permitida del 8% que establecen las NTSD.

Por aparte se puede observar que la señal de corriente supera valores del 10% en su distorsión armónica lo que provoca que se distorsione su forma de onda como se observa en la Figura 44.

Figura 44. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 2

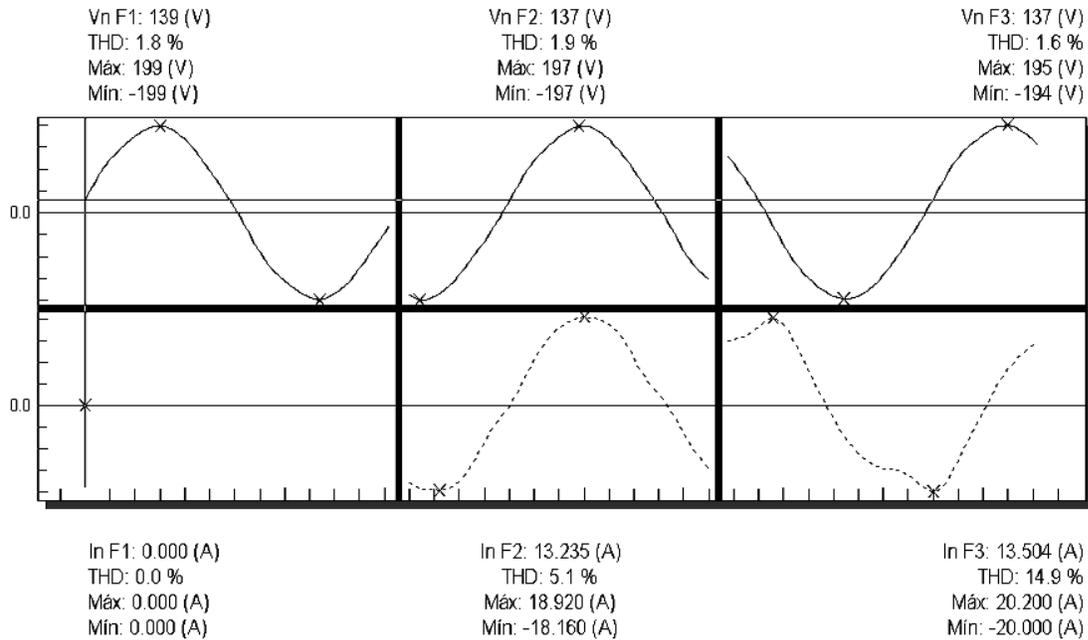
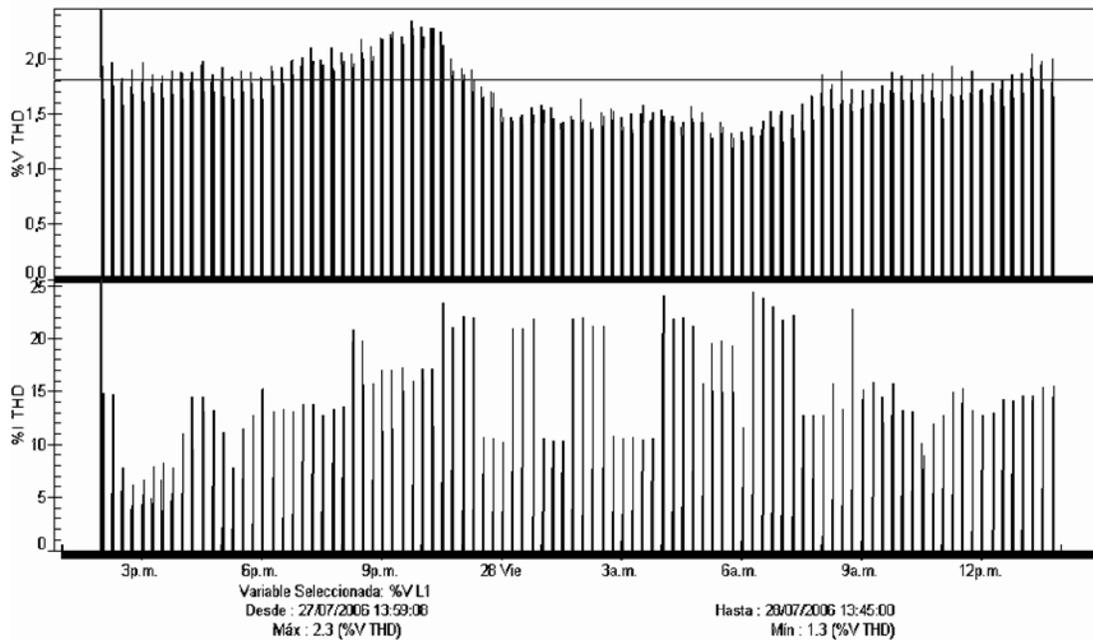


Figura 45. Distorsión armónica de corriente y voltaje en % del banco No. 2



Con relación al banco de transformadores No. 3, en la Figura 46 podemos ver que las formas de onda de las señales de voltaje y corriente son muy estables, y en la Figura 47 que la tasa de distorsión armónica del voltaje no excede la tolerancia con casi un 3% de valor promedio.

Figura 46. Forma de onda de voltaje y corriente del banco No. 3

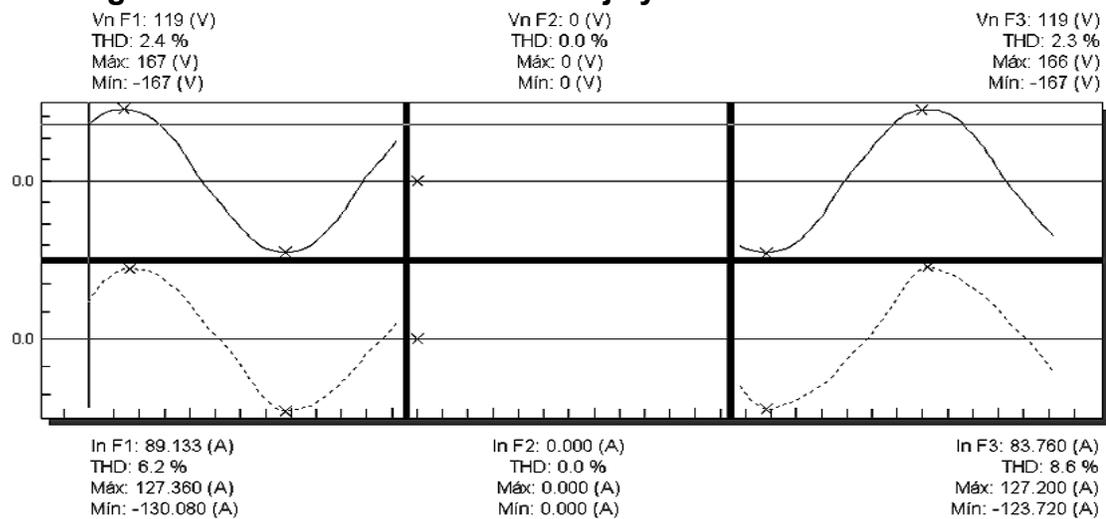
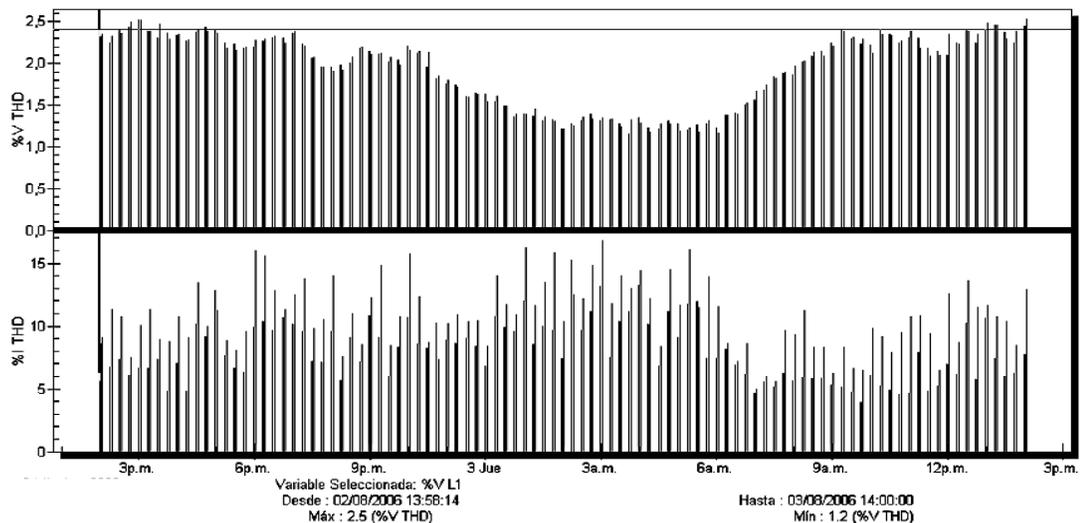


Figura 47. Distorsión armónica de voltaje y corriente en % del banco No. 3



2.2.7. Captura de perturbaciones

No se registraron o capturaron perturbaciones en el sistema durante las mediciones debido a que el aparato con el que se contaba no registro nada acerca de estas. Además no es necesario saber si existen o no perturbaciones en el sistema para determinar la calidad de energía en el mismo, debido a que con el estudio de los parámetros anteriores es más que suficiente para saber si el sistema está balanceado o no y si cumple con las normas establecidas por las empresas proveedoras de energía eléctrica, para poder plantear las posibles mejoras que se le deben de hacer para solucionar cualquier tipo de problema.

2.2.8. Desbalance

En este apartado veremos específicamente el desbalance de voltaje que existe en la red eléctrica del hospital de Gineco-Obstetricia el cual es otro factor importante a considerar, ya que permite identificar una mala distribución de la carga y la calidad de la energía eléctrica con la que se cuenta.

Esto se puede hacer debido a que las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD) establecen un índice de calidad o tolerancia admitida del desbalance de la tensión en los puntos de entrega de energía por parte de las compañías encargadas de esto, el mismo es de 3% y se considera que la energía eléctrica entregada en estos puntos es de mala calidad cuando en un lapso de tiempo mayor al 5% del período de medición total se excede el rango de tolerancia.

En el caso del voltaje presente en las líneas de entrega de energía en el banco No. 1 como se vio en el apartado 2.2.2 de este capítulo donde se analizaron los voltajes en cada uno de los bancos a través de las gráficas, el desbalance presente en el voltaje es apenas del 1.44%, entrando este dentro de la tolerancia permitida por las NTSD.

En el banco de transformadores No. 2, podemos observar gracias a las gráficas de las figuras 21 y 22, que el desbalance de voltaje en estas líneas es de 2.92% máximo estando esta tolerancia dentro del rango de tolerancia establecido por las normas mencionadas.

Y por último en el banco de transformadores No. 3, que es un banco con niveles de voltaje de 240/120 V monofásicos, siendo el desbalance de voltaje en el mismo de 2.5% cumpliendo también con no pasar del 3% de tolerancia.

2.3. Iluminación

Uno de los usos fundamentales de la energía eléctrica es la iluminación. Para transformar la energía eléctrica en energía lumínica se emplean las llamadas luminarias compuestas por un número determinado de lámparas. Se pueden encontrar de diferentes tipos y diseñadas para multitud de aplicaciones. Aquí solamente veremos los dos tipos de lámpara para iluminación interior que son la incandescente y la fluorescente utilizadas en las instalaciones del hospital.

Esta clase de alumbrado tiene por objeto proporcionar la iluminación adecuada en aquellos lugares cubiertos donde se desarrollan actividades laborales, docentes, o simplemente de recreo. A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

2.3.1. Revisión visual

Un recorrido por las instalaciones del hospital permitió determinar el estado del sistema de iluminación utilizado para todos los ambientes, este sistema es el de iluminación general el cual permite distribuir los puntos de luz de un modo regular sobre toda la superficie del techo para proporcionar una iluminancia próxima al nivel medio preestablecido con un aceptable grado de uniformidad. El estado físico de las luminarias no es muy bueno, con un 80% de las lámparas normales en funcionamiento. Además las luminarias en los quirófanos o lámparas scialíticas como se le conoce en el medio, están en muy mal estado, debido a que no se posee en el hospital repuestos para cambiar las lámparas a este tipo de luminarias.

Éstas consisten en una base con cabeza redonda de aproximadamente unos 75 cm de diámetro en donde están empotradas 5 lámparas halógenas dicroicas de 50 W cada una como se observa en la Figura 48, proveyendo 45,000 luxes a una distancia de 80 cm.

Figura 48. Lámpara scialítica para quirófano



Fuente: www.skytron.us, Lámparas para cirugía.

La distribución del número de luminarias por ambiente esta en función de las dimensiones del mismo, los datos de las cantidades reales instaladas en cada uno de los ambientes de los módulos y de las cabañas se encuentran en las tablas de carga instalada del Anexo A correspondiente al capítulo 2.

La mayoría de luminarias del sistema de iluminación se encuentran empotradas en cielo falso con pantalla difusora, a excepción de un pequeño porcentaje que es sobrepuesto, máxime en las cabañas. El número de lámparas por luminaria es muy diverso, en las cabañas se encuentran luminarias de 1 x 20 W, de 1 x 40 W, de 2 x 40 W además de lámparas incandescentes, siendo las más abundantes las de 2 x 40 W.

En los demás módulos la mayoría son de 4 x 40 W en un 60%, pero también hay de 1 x 20 W, de 2 x 20 W, de 6 x 20 W, de 1 x 40 W, de 2 x 40 W, de 3 x 40 W, de 2 x 96 W e incandescentes. Como resumen podríamos afirmar que de todas las luminarias en el hospital el 75% es de tipo fluorescente y el 25% restante es de tipo incandescente.

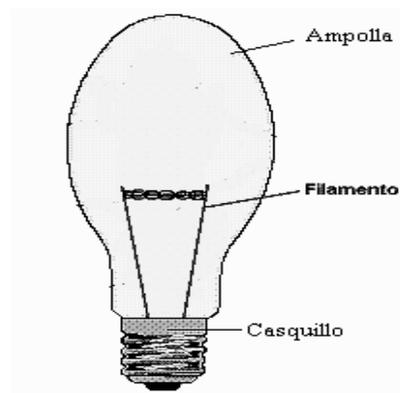
2.3.2. Características de las luminarias

Las lámparas utilizadas en el interior del hospital de Gineco-Obstetricia actualmente en su mayoría son de tipo tubulares fluorescentes, con algunas excepciones de lámparas incandescentes (bombillas). A continuación se muestran algunas características de éstas lámparas:

- **Lámparas Incandescentes:** Se usan principalmente para alumbrado interior (casas, oficinas, negocios) debido a su bajo costo, la facilidad de su instalación y a que funcionan en cualquier posición. No obstante su rendimiento es bajo debido a que una gran parte de la energía consumida se transforma en calor. Su funcionamiento se basa en el hecho de que un conductor atravesado por una corriente eléctrica se calienta hasta alcanzar altas temperaturas, emitiendo radiaciones luminosas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es la emisión, por lo que el material se lleva hasta una temperatura cercana a la de fusión. La más común es la lámpara de filamento, compuesta por tres partes: el bulbo, la base y el filamento. El filamento, que es de hilos de tungsteno arrollados, permite alcanzar los 2100°C, está colocado dentro de una

ampolla en la que se ha hecho el vacío (en la ampolla de este tipo de lámparas no hay aire, ni ningún otro tipo de gas). Este tipo de lámparas se especifican por la potencia eléctrica que consumen (potencia nominal) y la cantidad de luz que producen, teniendo una vida útil de alrededor de 1000 horas.

Figura 49. Lámpara incandescente

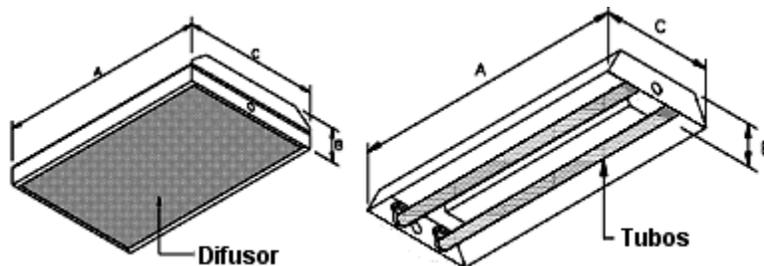


Fuente: www.edison.upc.edu, **Teoría para cálculo de iluminación.**

- **Lámparas Fluorescentes:** Se componen de un tubo de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas argón. Al circular la corriente eléctrica por dos electrodos situados a ambos lados del tubo, se produce una descarga eléctrica entre ellos, que al pasar a través del vapor de mercurio produce radiación ultravioleta. Esta radiación excita una sustancia fluorescente con la que se recubre la parte interior del tubo, transformando la radiación ultravioleta en radiación visible, que en función de la sustancia fluorescente utilizada puede tener distintos tonos y colores. Tienen un mayor rendimiento que las lámparas

incandescentes, pero son más caras y requieren un equipo complementario. Este equipo complementario se encarga de limitar la corriente y desencadenar el proceso de generación del arco eléctrico entre los dos electrodos que da lugar a la radiación visible. Para limitar la corriente se debe colocar en serie un dispositivo que limite la corriente máxima que lo atraviesa. Para ello, se usa una impedancia inductiva (bobina) denominada balasto o reactancia. Esta bobina produce un desfase negativo de la corriente, por lo que se suele colocar un condensador en paralelo con la línea para mejorar el factor de potencia del conjunto. Además, y debido a que en un primer momento los electrodos están fríos, se recurre a un dispositivo para iniciar la descarga denominado arrancador o cebador. Consiste en una cápsula dentro de la cual hay dos electrodos y que permite, junto con el balasto, generar la alta tensión necesaria para el encendido de la lámpara. La vida útil de estas lámparas es del orden de las 7500 horas, dependiendo fundamentalmente del número de veces que se enciende y apaga. A mayor número de ciclos de arranque, menor vida útil. Por lo tanto, no debe utilizarse para servicios intermitentes.

Figura 50. Lámpara fluorescente



Fuente: www.sylvania.com, Catálogo de lámparas.

2.3.3. Iluminación en áreas de parqueo

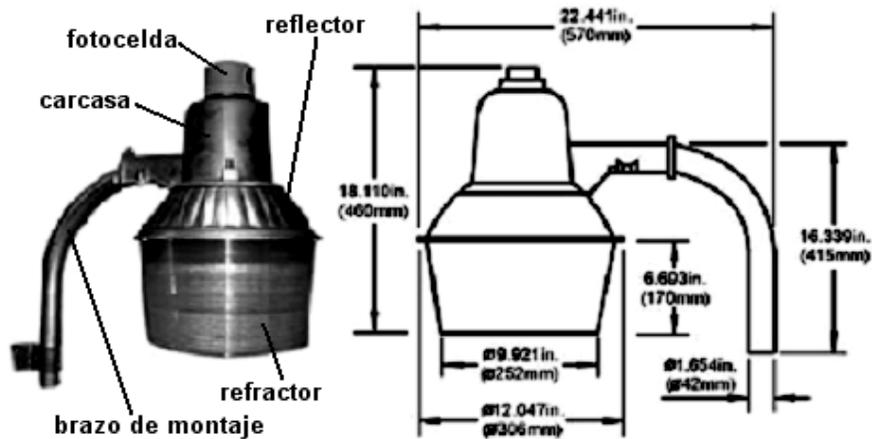
La iluminación pública de los parqueos y calles dentro del hospital se hace por medio de lámparas de vapor de mercurio, también se usan para iluminación exterior entre las cabañas.

Las lámparas de vapor de mercurio a alta presión son ideales para iluminación de seguridad, iluminación de áreas de parqueo o como luminaria de calles en zonas rurales. Las luminarias donde se utiliza este tipo de lámpara se denominan lámparas DD (*Dusk to Dawn*) que en español significa “de atardecer a amanecer”, debido a que estas poseen una fotocelda con su receptáculo encargados de activar la lámpara al atardecer o en el momento que no exista luz solar, y desactivarla al amanecer cuando existe luz solar nuevamente.

Para encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales, existen algunos modelos que utilizan un balastro o reactor de factor de potencia normal que opera a 120V. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

La construcción de la carcasa es hecha de aluminio inyectado a alta presión y acabada en pintura de poliéster en polvo color bronce oscuro para una larga resistencia a la corrosión. El reflector está hecho de aluminio, y el refractor es de acrílico moldeado a inyección y estabilizado de UV (rayos ultravioleta). Las lámparas encontradas en el alumbrado público de calles y parqueos del hospital son de 175 W.

Figura 51. Lámpara DD (*Dusk to Dawn*) de vapor de mercurio



Fuente: www.lumenform.com, Catálogo de lámparas.

2.3.4. Medición de luxes

Este tipo de medición se realizó gracias al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la colaboración del Ingeniero Francisco Javier González López Jefe de la Sección de Metrología Eléctrica del centro.

La medición se hizo por medio de un fotómetro analógico que registra la intensidad luminosa en pie-candela, unidad que al multiplicarla por un factor constante de 10.73 fácilmente se puede convertir en luxes que es la iluminación producida por el flujo luminoso que incide en la superficie analizada por unidad de área, dato que se utiliza para determinar si el nivel de iluminación cumple o no con el mínimo recomendado para el área que ilumina.

Se hicieron mediciones solamente en las áreas más utilizadas o de mayor importancia dentro de los módulos y cabañas, como salas de quirófanos, oficinas con secretarías, cuartos de laboratorios, salones de clase para médicos practicantes, máquinas de costura, etc. Los datos registrados se encuentran en la tabla siguiente, junto con los niveles de iluminación recomendados por los expertos en el tema.

Tabla XIV. Datos de medición de luxes

Módulo	Punto de medición	Datos registrados		Nivel óptimo (luxes)	Conclusión
		(pie-candela)	(luxes)		
Admón.	Secretaría punto 1	6,5	69,75	500	deficiente
Admón.	Secretaría punto 2	7,2	77,26	500	deficiente
Admón.	Secretaría punto 3	7	75,11	500	deficiente
Admón.	Oficina administrador	10	107,30	500	deficiente
Admón.	Admón. financiera	9,8	105,15	500	deficiente
Admón.	Compras escritorio 1	10	107,30	500	deficiente
Admón.	Compras escritorio 2	10	107,30	500	deficiente
Admón.	Archivo punto 1	10,5	112,67	100	aceptable
Admón.	Archivo punto 2	10,5	112,67	100	aceptable
Admón.	Archivo punto 3	10,5	112,67	100	aceptable
Admón.	Secretaría punto 1	6,5	69,75	500	deficiente
Admón.	Secretaría punto 2	2,4	25,75	500	deficiente
9	Sala de quirófano 1	11,5	123,40	1500	deficiente
9	Lámpara de quirófano 1	75	804,75	45000	deficiente
9	Sala de quirófano 2	10	107,30	1500	deficiente
9	Lámpara de quirófano 2	65	697,45	45000	deficiente

9	Pasillos	12	128,76	50	aceptable
10	Encamamiento 1	10,5	112,67	200	deficiente
10	Encamamiento 2	10,5	112,67	200	deficiente
11	Máquina de costura 1	3	32,19	700	deficiente
11	Máquina de costura 2	4	42,92	700	deficiente
12	Pasillo de neonatos	5,8	62,23	50	aceptable
12	Secretaría punto 1	16	171,68	500	deficiente
12	Secretaría punto 2	15	160,95	500	deficiente
12	Dirección	22	236,06	500	deficiente
12	Sub-dirección	22	236,06	500	deficiente
13	Sala de emergencia	17	182,41	300	deficiente
13	Banco de sangre punto 1	11	118,03	300	deficiente
13	Banco de sangre punto 2	13	139,49	300	deficiente
13	Banco de sangre punto 3	8	85,84	300	deficiente
Rayos X	Sala de rayos X	2,5	26,83	500	deficiente
14	Sala de quirófano 1	11,4	122,32	1500	deficiente
14	Sala de quirófano 1	11	118,03	1500	deficiente
14	Lámpara de quirófano 1	60	643,80	45000	deficiente
14	Sala de quirófano 2	10	107,30	1500	deficiente
14	Sala de quirófano 2	21	225,33	1500	deficiente
14	Sala de quirófano 3	12	128,76	1500	deficiente
14	Lámpara de quirófano 3	100	1073,00	45000	deficiente
14	Pasillo de quirófanos	15	160,95	50	aceptable
Cabaña 1	Jefatura	3,2	34,34	500	deficiente
Cabaña 1	Pasillos	4,3	46,14	50	aceptable
Cabaña 1	Admisión de pacientes	6,5	69,75	500	deficiente
Cabaña 1	Lab. de Microbiología	6,6	70,82	300	deficiente
Cabaña 1	Lab. de Inmunología	8	85,84	300	deficiente
Cabaña 1	Lab. de Química	4,3	46,14	300	deficiente
Cabaña 1	Lab. de Hematología	9,5	101,94	300	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 1	7	75,11	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 2	9	96,57	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 3	8,8	94,42	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 4	18	193,14	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 5	9,2	98,72	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 6	6,5	69,75	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 7	8,4	90,13	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 8	8	85,84	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 9	8	85,84	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 10	6,2	66,53	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 11	8,2	87,99	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 12	7	75,11	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 13	8,5	91,21	700	deficiente
Cabaña 2	Máquina de costura 14	7,8	83,69	700	deficiente

Cabaña 2	Máquina de costura 15	7,9	84,77	700	deficiente
Cabaña 2	Bodega	1,2	12,88	200	deficiente
Cabaña 2	Cuarto de doblado	11,5	123,40	700	deficiente
Cabaña 2	Cuarto de corte	7,5	80,48	700	deficiente
Cabaña 3	Secretaría	27	289,71	500	deficiente
Cabaña 3	Salón de clases 1	7,5	80,48	300	deficiente
Cabaña 3	Salón de clases 2	4,5	48,29	300	deficiente
Cabaña 3	Salón de clases 3	7,5	80,48	300	deficiente
Cabaña 3	Salón de clases 4	7	75,11	300	deficiente
Cabaña 4	Pasillos	1,9	20,39	50	deficiente
Cabaña 4	Secretaría	5,2	55,80	500	deficiente
Cabaña 4	Salón bodega 1	4	42,92	200	deficiente
Cabaña 4	Salón bodega 2	17	182,41	200	aceptable
Cabaña 4	Salón bodega 3	7	75,11	200	deficiente
Cabaña 4	Salón bodega 4	8	85,84	200	deficiente

2.4. Carga Instalada

Se elaboraron unas tablas conteniendo todas las cargas que están conectadas a los tres bancos de transformadores que posee el hospital, esto se hizo mediante una revisión visual exhaustiva en cada uno de los módulos, oficinas y cabañas.

2.4.1. Iluminación, Fuerza y Equipos Especiales

Se expone de manera general los tres tipos de cargas halladas en cada una de las instalaciones con que cuenta el hospital de Gineco-Obstetricia, debido a que se puede apreciar de una manera más completa y ordenada. Dichas tablas se encuentran en el Anexo A del presente informe.

3. DISEÑO DE NUEVA DISTRIBUCIÓN, CANALIZACIÓN Y ALIMENTACIÓN DE TABLEROS PARA LA UNIFICACIÓN DE CADA UNA DE LAS ACOMETIDAS PRINCIPALES DE LOS HOSPITALES

3.1. Canalización

El principal objetivo del nuevo diseño de la distribución, canalización y alimentación de tableros, es el de eliminar cada uno de los bancos de transformadores con que cuenta el hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS, para volverlos una sola fuente de alimentación o sea una subestación, la que no solamente alimentará este hospital sino que también alimentará el hospital de Rehabilitación.

No todas las rutas de acceso y las tuberías existentes se cambiarán, debido a que muchas de éstas se encuentran con la capacidad y ubicación necesarias y útiles hasta hoy en día, además según el cálculo de conductores están aptas para seguir alimentando el nivel de carga actual con que cuentan algunos de los módulos dejando todavía un margen en los mismos. Las canalizaciones eléctricas tienen como función principal proporcionar la protección mecánica necesaria a los conductores de toda instalación eléctrica que se realice. También se utilizan para evitar la contaminación de los conductores, y se proteja las instalaciones contra riesgo de incendio por arcos que se puedan presentar en las mismas.

En el mercado nacional existe una diversidad de tuberías para cada tipo de instalación que se desee hacer. La longitud de los tramos de tubería metálica y los de tubería PVC eléctrica que son proporcionados en las ventas de materiales eléctricos son de 3.00 metros. Entre los diferentes tipos de tubería que podemos encontrar los más utilizados son: tubo *conduit* galvanizado y tubo *conduit* negro para pared gruesa, tubo *ducton* metálico para pared delgada, tubo de aluminio para pared gruesa y también delgada, tubo flexible conocido como Bx, tubo flexible con forro de plástico Lt, tubo plástico poliducto, y por último el tubo PVC eléctrico color naranja o gris.

3.1.1. Rutas de acceso y cajas de registro

Le llamaremos rutas de acceso a la canalización subterránea por medio de la cual conectaremos los dos tableros principales TP-1 y TP-2 con la subestación, y también a la canalización subterránea o aérea en unas partes que se utilizará para alimentar los tableros de distribución principal en cada uno de los módulos y cabañas. Además identificaremos como cajas de registro a aquellas por medio de las cuales se conectan las canalizaciones entre sí, con los tableros principales y con los módulos que alimentan, estas cajas se encuentran a distancias específicas para cada caso, las distancias entre ellas y de cada tramo de canalización se verán en el siguiente apartado de este capítulo.

En los planos de conjunto del capítulo 10, se pueden ver las canalizaciones y cajas de registro que mencionaremos a continuación para darse una idea más real de lo que se está hablando.

Algunos tramos de canalización que alimentan ciertos módulos quedarán de la misma forma que se encuentran en la actualidad, debido a que en los cálculos para el nuevo diseño, los calibres de los conductores nuevos coincidieron con los calibres de los conductores que albergan actualmente, haciéndose innecesario el cálculo de nueva tubería y por consiguiente el cambio de la existente.

Para podernos guiar en los planos y en las referencias escritas acerca de los tramos de canalización y de las cajas de registro en las diferentes rutas de acceso, contaremos éstos en forma ascendente desde que salen del tablero principal hasta que llegan a cada uno de los módulos que alimentan. Es importante mencionar que el tramo de canalización que alimenta los módulos 6, 8 (hospital de Rehabilitación) y 9, 14 (hospital de Gineco-Obstetricia) desde el tablero principal TP-1, posee cuatro tubos plásticos (poliducto) de 3 ½ “ hasta la segunda caja de registro de donde se deriva al módulo 8, después tiene tres tubos de la misma medida hasta la tercera caja de registro de donde se deriva al módulo 14, y por último tiene dos tubos hasta la cuarta caja de registro de donde se deriva a los módulos 6 y 9. Los demás tramos de canalización desde el tablero principal hacia el resto de los módulos solamente contienen un tubo de medidas y materiales ya especificados anteriormente en el capítulo 2.

Los tramos de canalización y cajas de registro que alimentan los tableros de distribución principal de la administración, la garita de control, la lavandería, y los módulos 10, 11, 12 y 13 no tendrán ningún cambio en su estructura ni tampoco en el calibre de los conductores que transportan en su interior pues estos coincidieron con los calculados para el nuevo diseño. Estos datos se mostraron en los apartados de conductores y canalización actual del capítulo 2.

En los módulos 9 y 14 únicamente se hará la modificación de incluir una caja de registro de igual medida que las demás (33 ½ " x 33 ½ "), colocándola en medio de uno de los tramos de canalización que comunica a ambos módulos con el tablero principal TP-1.

Este tramo es el que se encuentra entre la segunda y tercera caja de registro, atravesando el pasillo que se encuentra entre los módulos 11 y 9. De esta nueva caja de registro se derivará un tramo de canalización nueva para alimentación de la clínica de rayos X ubicada en el módulo 13. La canalización que vendrá desde el tablero principal TP-1 para alimentar la clínica hasta la caja nueva ya existe, esto se debe a que se usará la tubería que alimenta actualmente el módulo 6 del hospital de Rehabilitación, debido a que la misma quedará deshabilitada debido a la separación de los sistemas eléctricos de estos hospitales. El diámetro de la tubería es de 3 ½ " lo cual esta muy bien y se puede utilizar ya que se transportará por ella cuatro conductores calibre 1/0 AWG, y según la Tabla VII una tubería con este diámetro puede transportar hasta 12 conductores del mismo calibre.

La canalización subterránea para las cuatro cabañas se hará toda nueva debido a que no existe, por consiguiente se mostrará el cálculo en el siguiente apartado. Esta canalización se hará por la parte de atrás de las cabañas, y se llevará un tubo *conduit* galvanizado (como lo establecen las actuales Normas para Acometidas de la Empresa Eléctrica) para cada una de ellas, las cajas de registro se construirán con medida de 33 ½ " x 33 ½ " respetando la medida de las cajas ya existentes.

Se colocará una caja en la parte trasera de las cabañas y una antes de entrar en ellas, para así poder derivar la canalización hacia cada tablero de distribución principal.

Para el tablero principal TP-1, se utilizará como guía para la ruta de acceso la canalización existente que alimenta el módulo 5 solamente hasta la segunda caja de registro que se observa en los planos (60 metros), este tramo de canalización será ampliado y cambiado a tubería *conduit* galvanizada en su totalidad excepto por las cajas de registro. De ahí en adelante deberán construirse 55 metros de nueva canalización incluyendo dos cajas de registro nuevas, hasta llegar a la subestación.

En lo concerniente a la ruta de acceso hacia el tablero principal TP-2 también será construido todo nuevo porque no existe. Esta saldrá desde la subestación colocada a 60 metros de distancia de la caseta que albergará a dicho tablero. Se colocará una caja de registro de 33 ½ " x 33 ½ " a la mitad de la trayectoria porque ésta no es lineal completamente.

3.1.2. Diámetros de tuberías y distancias

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías que sí se cambiarán o pondrán porque no existen, se podría utilizar solo la ayuda de la Tabla VII debido a que cada tubo llevará solamente cuatro conductores del mismo calibre, pero se calculará también por el método expuesto en el apartado 2.1.3.1 de cálculo de calibres de tuberías.

En la clínica de rayos X se necesita calcular el tramo de tubería que quedó pendiente que se derivará de la caja de registro nueva ubicada en la canalización de los módulos 9 y 14. Por ser cuatro conductores de calibre 1/0 AWG, según la Tabla VII debe ser tubería con un diámetro mínimo de 2". Ahora la calcularemos con el método respectivo:

Según la Tabla VII el área de un conductor calibre 1/0 AWG es de 0.2367 plg² entonces el área total de los cuatro conductores será:

$$a = 4 \times 0.2367 = 0.9468 \text{ plg}^2$$

con un F = 40% por ser más de tres conductores el área del tubo será:

$$A = 0.9468 / 0.40 = 2.37 \text{ plg}^2$$

el siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{2.73 \times 4}{\pi}} = 1.74 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería *conduit* galvanizada de 2" de diámetro como nos indicó la tabla antes de hacer el cálculo, pero respetando el diámetro de 3 ½ " del tramo de canalización ya existente que se usará para alimentarlo, y considerando que quedaría un amplio margen para instalación futura, se escogerá tubería *conduit* galvanizada de 3 ½ " de diámetro.

Procederemos a calcular el diámetro de las tuberías que alimentarán las cuatro cabañas. Como éstas serán alimentadas con un calibre de conductor 2/0 AWG todas por igual, se hará el cálculo solamente para una de las tuberías. Según la Tabla VII deberá ser tubería con un diámetro mínimo de 2 ½ ”, ahora lo haremos por el método respectivo:

Según la Tabla VII el área de un conductor calibre 2/0 AWG es de 0.2781 plg² entonces el área total de los cuatro conductores será:

$$a = 4 \times 0.2781 = 1.1124 \text{ plg}^2$$

con un F = 40% por ser más de tres conductores el área del tubo será:

$$A = 1.1124 / 0.40 = 2.78 \text{ plg}^2$$

el siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{2.78 \times 4}{\pi}} = 1.88 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería *conduit* galvanizada de 2”, pero escogeremos la tubería de 2 ½ ” que nos dio la Tabla VII por ser el mayor.

Para el cálculo de la tubería que alimentará el tablero principal TP-1, se mira en la tabla el diámetro de tubería correcto para transportar cuatro conductores calibre 500 MCM y es de un diámetro mínimo de 3 ½ ". Ahora se hace el cálculo por el método respectivo:

Según la Tabla VII el área de un conductor calibre 500 MCM es de 0.8316 plg² entonces el área total de los cuatro conductores será:

$$a = 4 \times 0.8316 = 3.3264 \text{ plg}^2$$

con un F = 40% por ser más de tres conductores el área del tubo será:

$$A = 3.3264 / 0.40 = 8.316 \text{ plg}^2$$

el siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma:

$$d = \sqrt{\frac{8.316 \times 4}{\pi}} = 3.25 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería *conduit* galvanizada de 3½" como nos indicó también a simple vista la Tabla VII, escogemos la misma.

Para el cálculo de la tubería que alimentará el tablero principal TP-2, miramos en la tabla el diámetro de tubería correcto para transportar cuatro conductores calibre 2/0 AWG y es de un diámetro mínimo de 2 ½ ". Ahora haremos el cálculo por el método respectivo:

Según la Tabla VII el área de un conductor calibre 2/0 AWG es de 0.2781 plg² entonces el área total de los cuatro conductores será:

$$a = 4 \times 0.2781 = 1.1124 \text{ plg}^2$$

con un F = 40% por ser más de tres conductores el área del tubo será

$$A = 1.1124 / 0.40 = 2.781 \text{ plg}^2$$

el siguiente paso es convertir el área a diámetro de la siguiente forma

$$d = \sqrt{\frac{2.781 \times 4}{\pi}} = 1.88 \text{ plg}$$

Esto equivale a tomar una medida de tubería *conduit* galvanizada de 2". También en este caso escogeremos la tubería de 2 ½ " de diámetro que nos dio la Tabla VII para tener más margen de espacio por si se cambia el conductor para instalaciones futuras.

Acerca de las distancias que tendrán las tuberías desde los tableros principales ya sea TP-1 o TP-2 hasta la subestación y hacia el tablero de distribución principal en cada módulo, se visualizarán en la siguiente tabla junto con diámetros y materiales de las mismas, además las medidas y el número de cajas de registro en cada trayectoria.

Tabla XV. Resumen de diámetros, distancias de las tuberías y cajas

Módulo	Diámetro de la tubería	Material de la tubería	Distancia en metros	# de cajas de registro	Medida de las cajas
9	3 ½"	poliducto	74	5	33 ½" x 33 ½"
10	2 ½"	conduit galvanizado	48	2	8"x 8"
11	3 ½"	poliducto	31	ninguna	ninguna
12	3 ½"	poliducto	83	3	33 ½" x 33 ½"
13	3 ½"	PVC eléctrico	85	4	8"x 8"
14	3 ½"	poliducto	95	5	33 ½" x 33 ½"
Admón.	1 ½"	poliducto	12	ninguna	ninguna
Garita	2"	poliducto	52	2	10"x 10"
Lavandería	3 ½"	poliducto	16	ninguna	ninguna
Rayos X	3 ½"	poliducto	40	3	33 ½" x 33 ½"
	3 ½"	conduit galvanizado	37	1	33 ½" x 33 ½"
Cabaña 1	3"	conduit galvanizado	28	2	33 ½" x 33 ½"
Cabaña 2	3"	conduit galvanizado	39	3	33 ½" x 33 ½"
Cabaña 3	3"	conduit galvanizado	78	3	33 ½" x 33 ½"
Cabaña 4	3"	conduit galvanizado	154	5	33 ½" x 33 ½"
TP-1	3 ½"	conduit galvanizado	115	4	33 ½" x 33 ½"
TP-2	2 ½"	conduit galvanizado	60	1	33 ½" x 33 ½"

3.1.3. Instalaciones futuras

Si observamos a simple vista en la Tabla VI los calibres de conductores escogidos para alimentar cada tablero de distribución principal y los comparamos con el número de conductores que caben en la tubería escogida para albergarlos en la Tabla VII, nos podemos dar cuenta que la mayoría de la canalización escogida está sobredimensionada permitiendo llevar en ella el doble de conductores que posee, y en algunos casos, más del doble, teniendo bastante margen para instalaciones futuras.

En el caso de las cabañas como la tubería será totalmente nueva, se consultó la Tabla VII y se hizo el cálculo pertinente, entonces la tubería indicada debe ser de 2½ " de diámetro. Pero para poder contar con el doble de capacidad del número de conductores que se puedan albergar en esta tubería, se cambiará a tubería de 3" de diámetro y así tener suficiente margen para instalaciones futuras. Para los tableros principales TP-1 y TP-2, se dejará para instalaciones futuras, una tubería de igual diámetro que las calculadas, dentro de la misma canalización, colocadas también desde la subestación hasta los tableros.

3.2. Tableros Principales

Como se mencionó desde un principio solamente veremos lo que son los tableros principales TP-1 y TP-2, y los tableros de distribución principales de cada módulo y cabaña.

3.2.1. Cálculo de capacidad

El cálculo de capacidad para los nuevos tableros se hará en base a la corriente nominal encontrada con la demanda máxima estimada (DME) para los conductores alimentadores, que en otras palabras es la corriente real consumida en cada una de las fases de cada tablero y así se encontrará la capacidad de las barras y del interruptor principal.

Escogeremos los valores de las barras en base a valores comerciales de tableros con los polos necesarios y un margen para instalaciones futuras. Utilizaremos la ayuda de una hoja de cálculo electrónica del programa Excel para facilitar las operaciones, pero antes se dará un ejemplo de qué operaciones se hicieron y como se encogieron los tableros y las protecciones principales.

Comenzamos por el tablero del módulo 9, este tablero consume una corriente nominal de 76.06 A por fase, dejando un margen de 50% más, tendremos que $76.06A \times 1.5 = 114.09 A$, con éste valor se puede escoger un tablero comercial con barras de 125 A, pero también debemos tomar en cuenta el número de circuitos que alimenta para escoger uno que posea los polos o espacios suficientes más un margen de ampliación futura. Para esto podemos ver en las tablas del apartado 3.2.3 de este capítulo que los circuitos que alimenta este tablero ocupan 41 polos, entonces comercialmente solo hay tableros con barras de 150 A y 42 polos, quedando 1 polo para margen de crecimiento futuro lo cual es muy reducido.

Entonces buscamos uno que satisfaga las dos cosas, y existe uno de 54 polos y barras de 225 A el cual escogemos dejándolo con un buen margen de crecimiento futuro en sus barras y espacios para conectar más circuitos. Otro aspecto es el de la protección principal o interruptor principal de este tablero, el cual debe ser de la misma capacidad de las barras, siendo para este caso de 3x225 A. Los demás tableros se calculan en la tabla siguiente:

Tabla XVI. Barras e interruptor principal de tableros de distribución

Tablero módulo	Corriente por fase	factor ampliación	Inom. de barras	Polos utilizados	Datos del Tablero escogido		
					Barras escogidas	Polos disponibles	Protección principal
9	76,06	1,5	114,09	41	225 A	54	3 x 225 A
10	14,87	1,5	22,31	18	100 A	30	3 x 100 A
11	58,91	1,5	88,37	49	100 A	54	3 x 100 A
12	149,65	1,5	224,48	43	400 A	54	3 x 400 A
13	107,76	1,5	161,64	25	200 A	42	3 x 200 A
14	115,45	1,5	173,18	36	200 A	42	3 x 200 A
Admón.	20,91	1,5	31,37	5	100 A	18	3 x 100 A
Garita	1,05	1,5	1,58	4	100 A	18	3 x 100 A
Lavandería	149,76	1,5	224,64	15	300 A	30	3 x 300 A
Rayos X	99,17	1,5	148,76	7	200 A	24	3 x 200 A
Cabaña 1	113,29	1,5	169,94	32	200 A	42	3 x 200 A
Cabaña 2	30,51	1,5	45,77	16	100 A	30	3 x 100 A
Cabaña 3	9,82	1,5	14,73	5	100 A	18	3 x 100 A
Cabaña 4	10,28	1,5	15,42	9	100 A	18	3 x 100 A

Ahora bien para calcular el valor de corriente que deberán soportar las barras e interruptores principales de los tableros principales TP-1, TP-2 y TP-SUB (en la subestación), se hace una sumatoria de la corriente por fase de cada tablero que alimentará, y se multiplicará también por el mismo factor de ampliación futura dando los resultados mostrados en la tabla siguiente:

Tabla XVII. Valores de barras e interruptor principal de los tableros TP-1, TP-2 y TP-SUB

Tablero	Corriente por fase	factor ampliación	Corriente nominal de barras	Polos utilizados	Datos del Tablero escogido		
					Barras escogidas	Polos disponibles	Protección principal
TP-1	793,59	1,5	1190,39	30	1200 A	por pedido	3 x 1200 A
TP-2	163,9	1,5	245,85	12	300 A	30	3 x 300 A
TP-SUB	957,49	1,5	1436,24	42	1600 A	por pedido	3 x 1600 A

Nos falta calcular el valor de las protecciones de las cuales se derivará la alimentación para cada uno de los módulos y cabañas desde los dos tableros principales TP-1 y TP-2, en otras palabras los ramales o circuitos instalados en las barras de estos tableros.

Para esto multiplicamos el valor de la protección principal que hallamos en la Tabla XVI de cada uno de los tableros de distribución por un factor de amplitud de 25% o sea que lo multiplicamos por 1.25 obteniendo así los valores recomendados.

Esto se debe hacer de esta forma para garantizar que la primera protección que se dispare sea la del tablero de distribución que está en cada módulo o cabaña y si no fuera suficiente se dispare el que está ubicado en los tableros principales TP-1 ó TP-2.

Tabla XVIII. Cálculo de protecciones principales que alimentan los módulos y cabañas desde los tableros principales TP-1 y TP-2

Tablero principal que lo alimenta	Módulo alimentado	Protección Princ. en el módulo	Factor de amplitud	Corriente obtenida	Protección en tablero principal
TP-1	9	3 x 225 A	1,25	281,25	3 x 300 A
TP-1	10	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-1	11	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-1	12	3 x 400 A	1,25	500,00	3 x 500 A
TP-1	13	3 x 200 A	1,25	250,00	3 x 250 A
TP-1	14	3 x 200 A	1,25	250,00	3 x 250 A
TP-1	Admón.	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-1	Garita	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-1	Lavandería	3 x 300 A	1,25	375,00	3 x 400 A
TP-1	Rayos X	3 x 200 A	1,25	250,00	3 x 250 A
TP-2	Cabaña 1	3 x 200 A	1,25	250,00	3 x 250 A
TP-2	Cabaña 2	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-2	Cabaña 3	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A
TP-2	Cabaña 4	3 x 100 A	1,25	125,00	3 x 125 A

Por último calculamos las protecciones principales derivadas del tablero TP-SUB hacia cada tablero principal TP-1 y TP-2. Para esto procedemos de la misma manera como calculamos las protecciones principales en dichos tableros principales, multiplicando cada una de ellas por el factor de 1.25.

Tabla XIX. Cálculo de protecciones principales que alimentan los módulos y cabañas desde el tablero de la Subestación

Tablero principal que alimenta	Protección principal en el tablero princ.	Factor de amplitud	Corriente obtenida	Protección colocada en tablero TP-SUB
TP-1	3 x 1200 A	1,25	1500,00	3 x 1500 A
TP-2	3 x 300 A	1,25	375,00	3 x 400 A

3.2.2. Ubicación

El tablero principal TP-1 en el nuevo diseño del sistema eléctrico del hospital, tendrá la misma ubicación que el actual, que es en el área de mantenimiento y calderas a la par de la lavandería, en dónde se instalarán los transformadores secos encargados de bajar el voltaje de suministro de 480V a 208V. Para poderse ubicar de forma más real, se puede observar en el plano de canalización eléctrica nueva para módulos y oficinas, que se encuentra en el capítulo 10.

El tablero principal TP-2 no existe actualmente, este se instalará y montará dentro de una caseta hecha exclusivamente para albergar el tablero y los transformadores secos encargados de bajar el voltaje de suministro de 480V a 208V. A dicha caseta llegará la canalización proveniente de la subestación, y de éste tablero con caseta se distribuirá la canalización y alimentación para cada una de las cabañas. La ubicación exacta como se puede observar en el plano de canalización eléctrica nueva para las cabañas, es al lado derecho en la parte trasera de la cabaña 1, las medidas de la caseta serán de aproximadamente 3 m de ancho x 4 m de largo x 2.5 m de alto, y se hará de *block* y concreto.

La ubicación de los tableros de distribución principales de los módulos 9, 10, 11, 12, 13, 14, de la administración, la garita de control, la lavandería, y la clínica de rayos X, se puede observar en el plano de canalización eléctrica nueva para módulos y oficinas. Éstos se colocarán a la par de los tableros ya existentes.

Los tableros de distribución de las cabañas se pueden observar en el plano de canalización eléctrica nueva para las cabañas del capítulo 10, donde la mayoría serán instalados también a la par del tablero actual.

El tablero principal TP-SUB tendrá su ubicación dentro de la subestación como es de suponerse, derivado de las barras principales de la misma.

3.2.3. Cantidades de circuitos a alimentar

En este apartado veremos todos los ramales o circuitos que están conectados a cada uno de los tableros de distribución principales en los módulos y cabañas.

Estos circuitos quedarán sin modificación alguna para el nuevo diseño que se está planteando, solamente se trasladarán a los nuevos tableros de distribución principales expuestos en el apartado 3.2.1 de cálculo de capacidad de los mismos, debido a que no se pueden alterar por su uso necesario y continuo en el hospital. Para instalación o montaje de más circuitos en estos tableros se dejó un margen de espacios para instalación futura, que también se especifica en el apartado mencionado en el párrafo anterior.

A continuación se exponen en tablas los circuitos que posee cada tablero de distribución conectado al tablero principal TP-1:

Tabla XX. Circuitos conectados a Administración, Garita y Lavandería

TABLERO: Administración	TABLERO: Garita	TABLERO: Lavandería
1 de 1 x 15 A	4 de 1 x 20 A	4 de 1 x 20 A
2 de 2 x 20 A		1 de 2 x 20 A
		1 de 3 x 20 A
		1 de 3 x 60 A
		1 de 3 x 100 A
		1 de 3 x 200 A

Tabla XXI. Circuitos conectados a Clínica de rayos X, módulos 9 y 10

TABLERO: Rayos X	TABLERO: Módulo 9	TABLERO: Módulo 10
2 de 1 x 20 A	35 de 1 x 20 A	16 de 1 x 20 A
1 de 2 x 30 A	1 de 1 x 30 A	1 de 2 x 30 A
1 de 3 x 60 A	3 de 1 x 40 A	
	1 de 2 x 20 A	

Tabla XXII. Circuitos conectados a módulos 11, 12 y 13

TABLERO: Módulo 11	TABLERO: Módulo 12	TABLERO: Módulo 13
18 de 1 x 20 A	39 de 1 x 20 A	11 de 1 x 20 A
1 de 2 x 30 A	1 de 2 x 30 A	1 de 1 x 30 A
1 de 2 x 40 A	1 de 2 x 40 A	2 de 2 x 20 A
7 de 3 x 30 A		3 de 2 x 30 A
1 de 3 x 50 A		1 de 3 x 50 A
1 de 3 x 125 A		

Tabla XXIII. Circuitos conectados al módulo 14

TABLERO: Módulo 14
30 de 1 x 20 A
1 de 2 x 20 A
1 de 2 x 50 A
1 de 2 x 60 A

Por último veremos en la siguiente tabla los circuitos conectados al tablero de cada cabaña, alimentados por el tablero principal TP-2, los que tampoco sufrirán cambio alguno en cantidad ni capacidad:

Tabla XXIV. Circuitos conectados a cabañas 1, 2, 3 y 4

TABLERO: Cabaña 1	TABLERO: Cabaña 2	TABLERO: Cabaña 3	TABLERO: Cabaña 4
1 de 1 x 15 A	10 de 1 x 20 A	1 de 1 x 15 A	3 de 1 x 15 A
8 de 1 x 20 A	2 de 1 x 30 A	2 de 1 x 20 A	1 de 1 x 20 A
1 de 1 x 30 A	1 de 2 x 20 A	1 de 2 x 30 A	1 de 1 x 30 A
1 de 1 x 40 A	1 de 2 x 40 A		1 de 2 x 30 A
3 de 1 x 50 A			1 de 2 x 50 A
1 de 2 x 15 A			
3 de 2 x 20 A			
2 de 2 x 30 A			
2 de 2 x 40 A			
1 de 2 x 60 A			

4. RED DE TIERRAS Y SISTEMA DE PROTECCIÓN ELECTROSTÁTICA

4.1. Red de Tierras

Es bien sabido que la mayoría de los sistemas eléctricos necesitan ser aterrizados y que esta práctica probablemente se inició en los primeros días de los experimentos eléctricos. Entonces, como ahora, la estática se descargaba por conexión a una placa que estaba en contacto con la masa general de la tierra. La práctica ha continuado y se ha desarrollado progresivamente, de modo que tales conexiones a tierra se encuentran en casi todos los puntos en el sistema eléctrico. Esto incluye la estación generadora, las líneas y los cables que distribuyen la energía eléctrica y los edificios en los cuales se utiliza.

La definición de la IEEE de puesta a tierra es: "Tierra (sistema de tierra), una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conecta a la tierra o a algún cuerpo conductor de dimensión relativamente grande que cumple la función de la tierra".

Las razones que más frecuentemente se citan para tener un sistema aterrizado, son:

- Proporcionar una impedancia suficientemente baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Asegurar que seres vivos presentes en la vecindad de las subestaciones no queden expuestos a potenciales inseguros, en régimen permanente o en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica, ondas de maniobra o contacto inadvertido con sistemas de voltaje mayor), y asegurar que no se excedan los voltajes de ruptura dieléctrica de los aislamientos.
- Hábito y práctica.
- En transformadores de potencia puede usarse aislamiento graduada.
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.
- Para asegurar que una falla que se desarrolla entre los enrollados de alto y bajo voltaje de un transformador pueda ser manejada por la protección primaria.
- Proporcionar una trayectoria alternativa para las corrientes inducidas y de tal modo minimizar el “ruido” eléctrico en cables.
- Proporcionar una plataforma equipotencial sobre la cual pueda operar equipo electrónico.

Para desempeñarse adecuadamente cumpliendo cualquiera de las funciones anteriores, el sistema de tierra debe generalmente tener una baja impedancia, y un bajo valor de resistencia (10Ω para sistemas de potencia y 5Ω para sistemas de bajo voltaje), de modo que ya sea dispersando o recogiendo corriente desde el terreno, no se produzca un aumento de voltaje excesivo.

Por supuesto en el interior de instalaciones es también necesaria una conexión a tierra, para asegurar la correcta operación del equipo por ejemplo dispositivos electrónicos. Es esencial considerar la puesta a tierra en una instalación global como un sistema completo y, por lo tanto, diseñarla e instalarla correspondientemente.

4.1.1. Condición actual

En la actualidad el sistema de tierras del hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS consta de varillas de cobre conectadas al neutro del sistema eléctrico, ubicadas en el patio a la par o atrás de los módulos que protegen, siendo este un sistema de neutro aterrizado. Se mostrarán un conjunto de fotografías tomadas antes de hacer las mediciones de resistencia en cada una de las varillas.

En estas fotografías se puede apreciar que todos los cables que conectan las varillas con los neutros de los tableros a excepción del cable en el módulo 14 son de calibre No. 8 AWG, y el del módulo 14 es de calibre No. 2 AWG. También podemos ver que las varillas de cobre son de 5/8" de diámetro.

Es necesario saber que no todos los módulos poseen este tipo de protecciones y como veremos en los datos arrojados por las mediciones y en las figuras de este apartado, algunas varillas no cumplen con los valores de resistencia aconsejables, ni con las normas apropiadas para su instalación y buen funcionamiento, siendo obsoletas y no proveyendo la protección necesaria.

Figura 52. Varilla de puesta a tierra en el módulo 9

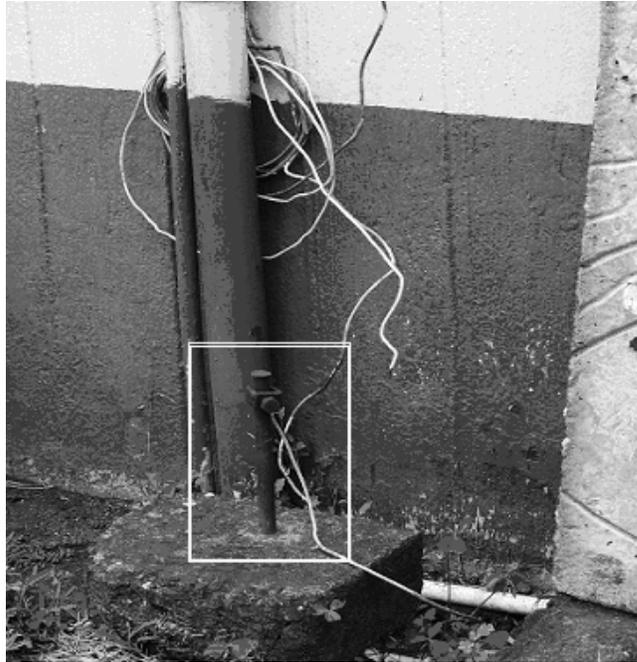


Figura 53. Varilla de puesta a tierra en el módulo 12



Figura 54. Varilla de puesta a tierra en el módulo 14



Figura 55. Varilla de puesta a tierra en la cabaña 1



Figura 56. Varilla de puesta a tierra en la cabaña 3

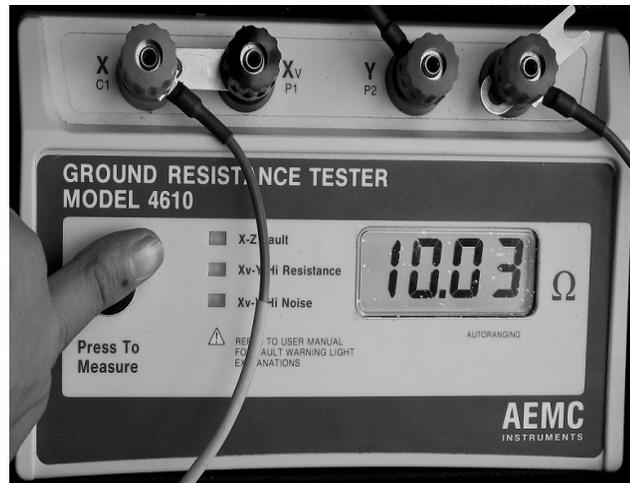


4.1.2. Medición

Estas mediciones también se hicieron gracias al apoyo del Centro de Investigaciones de ingeniería y al Ing. Francisco González.

Las mediciones de resistencia de las varillas encontradas en el sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia se realizaron con un aparato llamado *Megger* de tierras ó *Ground Resistance Tester* que significa “probador de resistencia de tierra”, es de marca *AEMC Instruments* y modelo 4610, como se muestra en la siguiente fotografía:

Figura 57. Megger medidor de tierras



La medida del valor óhmico de un electrodo o varilla enterrada se realiza por dos razones:

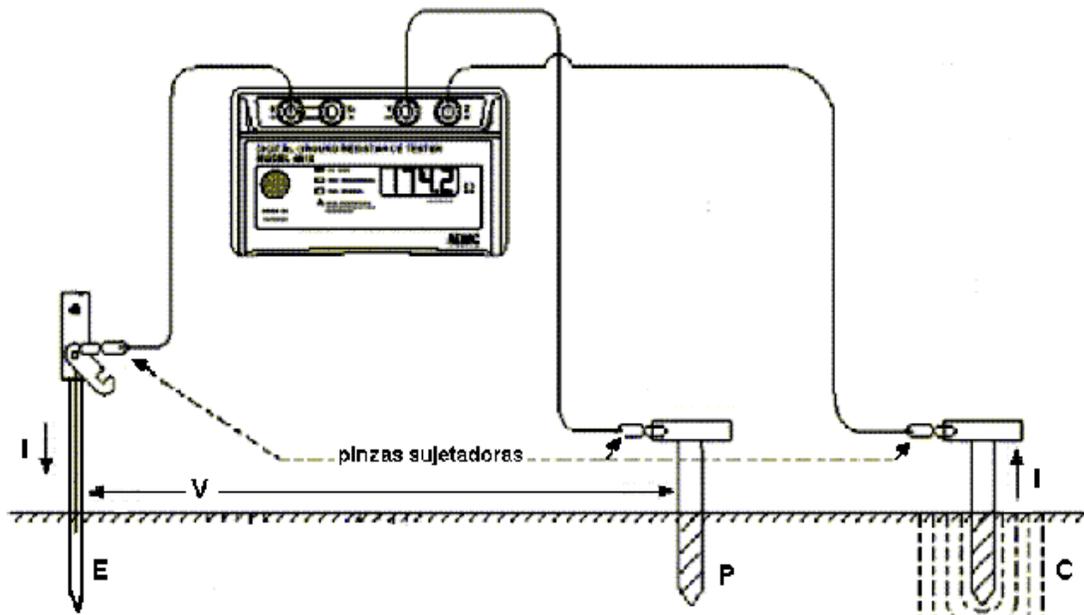
- Revisar su valor, posteriormente a la instalación y previo a la conexión del equipo, contra las especificaciones de diseño.
- Como parte del mantenimiento de rutina, para confirmar que su valor no ha aumentado sustancialmente respecto del valor medido originalmente o de su valor de diseño.

En nuestro caso se utilizó el método más común para medir el valor de resistencia a tierra de varillas de pequeño o mediano tamaño, se conoce como el método de “caída de potencial”, en el cual las varillas son colocadas como lo muestra la Figura 58.

“E” es la varilla de tierra con resistencia que se desea conocer, “P” y “C” son las varillas de prueba auxiliares colocadas a una distancia adecuada una de otra (5 m, 10 m, etc). Una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por la varilla “E” y saliendo por la varilla “C”. La medida de potencial entre las varillas “E” y “P” se toma como el voltaje (V) para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación (V/I).

La resistencia de las varillas auxiliares se desprecia, porque la resistencia de la varilla “C” no tiene determinación de la caída de potencial (V). La corriente (I) una vez determinada se comporta como constante. La resistencia de la varilla “P”, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

Figura 58. Método de caída de potencial para medir resistencia a tierra



Fuente: www.electronicafácil.com, **Métodos de medición de impedancia de puesta a tierra.**

Los datos obtenidos y las varillas de puesta a tierra con que cuenta este hospital se observan a continuación:

Tabla XXV. Valores de resistencia en varillas de puesta a tierra actuales

Ubicación de la varilla	Valor de resistencia	Conclusión
Módulo 9	27,4 Ω	deficiente
Módulo 12, varilla 1	0,5 Ω	aceptable
Módulo 12, varilla 2	10,03 Ω	deficiente
Módulo 14, equipo conectado	1,04 Ω	aceptable
Módulo 14, equipo desconectado	4,08 Ω	aceptable
Clínica rayos X	2,26 Ω	aceptable
Cabaña 1, varilla 1	1,4 Ω	aceptable
Cabaña 1, varilla 2	24 Ω	deficiente
Cabaña 3	1,87 Ω	aceptable

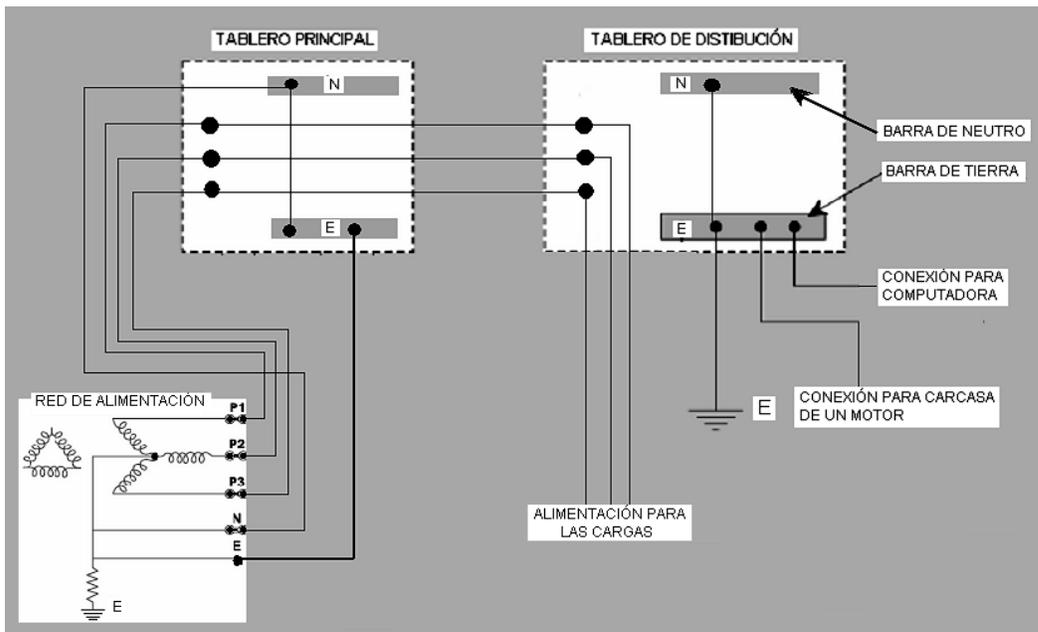
4.1.3. Cálculos para nuevo diseño

Para elaborar nuestra red de tierras, emplearemos la técnica más común, particularmente para bajo voltaje. Conectaremos el neutro de cada tablero principal y de distribución principal a tierra a través de una conexión adecuada.

Esto se hace uniendo dentro de cada tablero la barra de neutro con la barra de tierras y ésta última barra se conectará a un electrodo o varilla de tierra, enterrada lo más cerca posible del tablero, a este sistema se le llama “sistema de electrodo a tierra” y es mostrado en la siguiente figura, el cual se emplea para tener una única referencia a tierra en cada tablero.

La desventaja de este arreglo es que las corrientes de falla a tierra son normalmente altas pero los voltajes del sistema permanecen controlados bajo condiciones de falla.

Figura 59. Sistema de electrodo a tierra



Fuente: www.monografias.com, **Sistemas de puesta a tierra.**

Todas las varillas de puesta a tierra serán interconectadas entre sí. Los conductores con sus varillas serán conectados o unidos por medio de un tipo de soldadura muy práctica y económica como lo es la soldadura exotérmica. Además se tratará el terreno en donde se insertarán las varillas con una mezcla preparada de sales de sulfato de calcio y bentonita, para mejorar la resistividad del terreno en dichos puntos. Esta reducción en la resistividad del terreno reducirá a su vez la impedancia del sistema de electrodos, e instalando la varilla un poco más profundo puede algunas veces obtenerse un resultado mejor y más permanente que usar solamente un material de relleno de baja resistividad.

Existe una tabla en el NEC que especifica el calibre del conductor para puesta a tierra según la capacidad de corriente nominal del dispositivo de protección de los diferentes equipos conectados a una red de tierras, que se puede apreciar en el Anexo B de este informe como Tabla B-1. Esta tabla se podría decir que también es aplicable a las protecciones principales de los diferentes tableros, ya que obedece al principio de capacidad de corriente que pueden soportar los mismos. Los resultados obtenidos son mostrados en la siguiente tabla:

Tabla XXVI. Conductores de puesta a tierra para todos los tableros

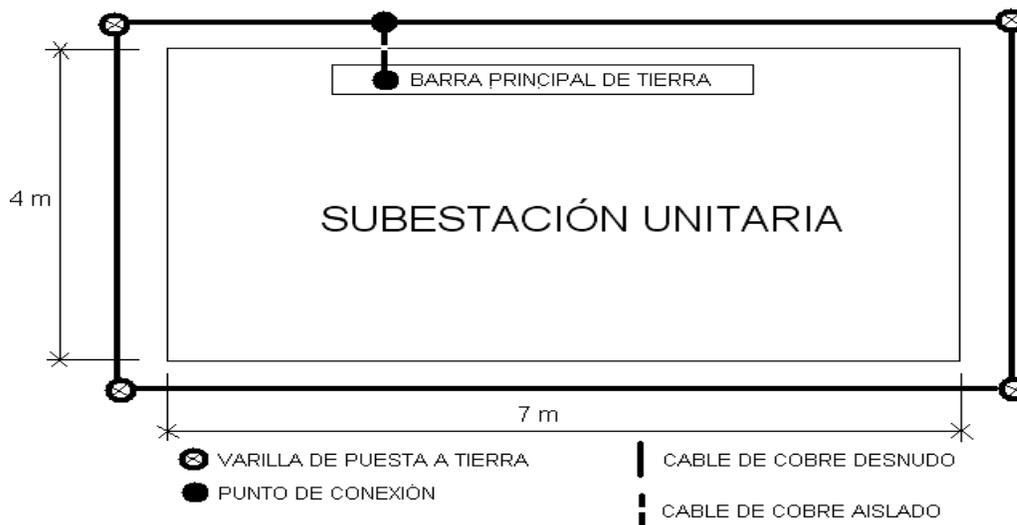
Tablero	Protección principal	Calibre del conductor de puesta a tierra
9	3 x 225 A	4 AWG
10	3 x 100 A	8 AWG
11	3 x 100 A	8 AWG
12	3 x 400 A	4 AWG
13	3 x 200 A	6 AWG
14	3 x 200 A	6 AWG
Admón.	3 x 100 A	8 AWG
Garita	3 x 100 A	8 AWG
Lavandería	3 x 300 A	4 AWG
Rayos X	3 x 200 A	6 AWG
Cabaña 1	3 x 200 A	6 AWG
Cabaña 2	3 x 100 A	8 AWG
Cabaña 3	3 x 100 A	8 AWG
Cabaña 4	3 x 100 A	8 AWG
TP-1	3 x 1200 A	3/0 AWG
TP-2	3 x 300 A	4 AWG

El diseño de la red de tierras de la subestación tipo unitaria o encapsulada como se le suele llamar, también se expondrá en este apartado.

Este tipo de equipo es muy compacto y ocupa una muy pequeña superficie de terreno, típicamente solo 10% a 15% de la superficie requerida por equipo exterior convencional con aislamiento de aire. La pequeña superficie disponible usualmente coloca un límite inmediato al valor de impedancia que puede obtenerse en forma práctica.

Se le construirá una red de tierras propia, consistente en 4 pozos de 1 metro de profundidad colocados uno en cada esquina de la caseta de la subestación, como se muestra en la Figura 60. Cada uno de los pozos se rellenará con la mezcla preparada de sales de sulfato de calcio y bentonita, y en medio se les introducirá una varilla de cobre de puesta a tierra, dejando una caja de registro para cada una. Las 4 varillas se interconectarán entre sí, y también con el resto de varillas de la red de tierras general del hospital. El anillo que se formará alrededor de la caseta que albergará a la subestación se conectará en un punto a la barra de tierras de la subestación.

Figura 60. Conexión de las varillas de la red de tierras de la subestación



4.2. Pararrayos

El principal propósito de un esquema de protección contra rayo o pararrayos, es blindar un edificio, sus ocupantes y el equipamiento, de los efectos adversos asociados con una descarga de rayo. Estos efectos de otra manera podrían provocar fuego, daño estructural e interferencia electromagnética, llegando a daño en el equipamiento o choque eléctrico. Para comportarse correctamente, el esquema de protección debe capturar el rayo, conducirlo en forma segura hacia abajo y luego dispersar la energía en el terreno. Los componentes utilizados para llevar a cabo esto son varillas ó barras puntiagudas de pararrayos, conductores de bajada y de conexión y la terminación de tierra (electrodo ó varilla de cobre).

Una descarga atmosférica a tierra o rayo se produce cuando la diferencia de potencial entre la base de la nube y el plano o tierra inferior excede el valor de ruptura dieléctrica del aire en la vecindad inmediata, el aire se ioniza y empieza una descarga, viajando aproximadamente a 2 metros por microsegundo. Dado que la concentración de campos eléctricos es mayor en objetos puntiagudos, las descargas escogen su trayectoria a través de torres y esquinas de estructuras o edificios.

La cantidad de actividad atmosférica no es igual en todas las zonas; varía de acuerdo a varios factores, incluyendo ubicación geográfica, altura, etc. El área geográfica en la cual se encuentra el hospital de Gineco-Obstetricia se considera de bajo nivel isoceráunico (promedio de días con lluvia al año en que se forman tormentas con posibilidad de descargas atmosféricas).

Según datos estadísticos del INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología) sobre la ciudad de Guatemala existen 22 días promedio de relámpagos visibles sin trueno, y días promedio de tormenta eléctrica con o sin precipitación de lluvia 39 días. Donde el promedio de días con tormenta anual sería $DT = 31$ días.

Para realizar la determinación del pararrayos a utilizar en nuestra instalación, debemos primero hacer la evaluación del riesgo de rayo, en dónde intervienen muchas variables y ecuaciones que se ven a continuación:

N_d = frecuencia aceptable de un rayo directo sobre un edificio

De dónde el promedio anual de la frecuencia N_d de un rayo directo sobre un edificio está calculado usando la siguiente ecuación:

$$N_d = 2 N_g * A_e * C_1 \times 10^{-6} \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde N_g es la densidad anual de relámpagos en la región donde está ubicado el edificio, y la ecuación para calcularla es $N_g = 0.04 DT^{1.25}$, y A_e es el área de captura equivalente del edificio aislado, es definido como el área de tierra que tiene la misma posibilidad anual de un relámpago directo que un edificio.

Para estructuras rectangulares con largo L, ancho W y altura H, el área de captura es igual a:

$$A_e = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2 \quad \text{Ec. 4.2}$$

La topografía del sitio y los objetos localizados a menos de una distancia de 3H de la estructura afectan significativamente el área de captura. Este efecto es tomado en cuenta aplicando el coeficiente ambiental C1 según la Tabla B-2 en el Anexo B.

Existe otra frecuencia denominada Nc que es la frecuencia aceptable de un rayo sobre un edificio, los valores de Nc se equiparan a través del análisis del riesgo de daño. Para calcular esta frecuencia se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_c = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{C_2 * C_3 * C_4 * C_5} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde:

C2 representa el tipo de construcción del edificio

C3 representa el material y equipo contenido en el edificio

C4 representa la ocupación del edificio

C5 representa las consecuencias de la caída de un rayo

Las tablas que contienen los valores de éstos factores se encuentran en el Anexo B. El resultado de la comparación de las frecuencias N_d y N_c , es usado si un sistema de protección contra rayos es requerido y el nivel de protección que deberá ser usado. El análisis se hace de la siguiente manera:

- Si $N_d \leq N_c$ el sistema de protección contra rayos no es requerimiento obligatorio.
- Si $N_d > N_c$ el sistema de protección contra rayos de rendimiento $E \geq 1 - N_c/N_d$ debe ser instalado y asociado al nivel de protección seleccionado de la Tabla B-7 del Anexo B.

4.2.1. Condición actual

En todo el complejo de hospitales del IGSS de Pamplona zona 12, existen 3 pararrayos, los cuales consisten en una antena o columna de aproximadamente unos 10 metros de altura que sostiene en su extremo superior las puntas de pararrayos.

De éstos 3 pararrayos, uno se encuentra instalado en la parte alta de las colinas dentro del complejo a un costado de la cabaña 4, el otro se encuentra ubicado al lado de las canchas de básquetbol del hospital de Rehabilitación y el último a unos 20 metros de distancia del área de mantenimiento y calderas del hospital de Gineco-Obstetricia.

Ninguno de los pararrayos está instalado sobre el techo de alguno de los módulos de los hospitales. Es preciso afirmar que los tres se encuentran fuera de servicio o desconectados de las varillas de tierra en las cuales se descargaban las corrientes de los rayos, además todo el metal de las antenas se encuentra con indicios de corrosión. Veremos a continuación dos fotografías mostrando el estado actual de los dos pararrayos pertenecientes al hospital de Gineco-Obstetricia.

Figura 61. Pararrayos ubicado en el área de mantenimiento



Figura 62. Pararrayos ubicado a la par de la cabaña 4



Como se puede observar en las fotografías estos pararrayos son del tipo Franklin, de una sola punta receptora. Todo esto nos lleva a la conclusión de que es necesario diseñar un nuevo sistema de pararrayos para el hospital de Gineco-Obstetricia, basándose en las normas actuales al respecto.

4.2.2. Medición

Como se dijo anteriormente las puntas de los pararrayos no están conectadas a las varillas de descarga a tierra. Entonces solamente se midió la resistividad del terreno con el mismo aparato que se utilizó en la medición de las varillas del sistema de puesta a tierra.

Los resultados fueron de 10.12Ω en el terreno de la varilla ubicada a un costado de la cabaña 4, y de 12.5Ω en el terreno de la varilla ubicada en el área de mantenimiento y calderas.

4.2.3. Cálculos para nuevo diseño

Antes de describir el tipo de pararrayos a utilizar en nuestras instalaciones, haremos los cálculos de la evaluación del nivel del riesgo de rayo, para lo cual utilizamos una hoja de cálculo del programa Excel y la ayuda de los datos en las tablas correspondientes del Anexo B.

Tabla XXVII. Cálculo del área de captura equivalente del rayo

Módulo	DT	$Ng=0.04DT^{1.25}$	L (m)	W (m)	H (m)	Constante π	$Ae=LW+6H(L+W)+9\pi H^2$ (m ²)
9	31	2,93	37	16	5	3,14159	2888,86
10	31	2,93	28	15	5	3,14159	2416,86
11	31	2,93	40	20	6	3,14159	3977,88
12	31	2,93	45	18	5	3,14159	3406,86
13	31	2,93	43	10	5	3,14159	2726,86
14	31	2,93	49	16	5	3,14159	3440,86
Admón.	31	2,93	15	10	4	3,14159	1202,39
Cabaña 1	31	2,93	27	16	5	3,14159	2428,86
Cabaña 2	31	2,93	27	11	5	3,14159	2143,86
Cabaña 3	31	2,93	31	13	5	3,14159	2429,86
Cabaña 4	31	2,93	24	20	5	3,14159	2506,86
Subestación	31	2,93	7	4	3	3,14159	480,47

Tabla XXVIII. Cálculo de Nd y Nc de pararrayos

Módulo	C1	C2	C3	C4	C5	$Nd=2Ng*Ae*C1 \times 10^{-6}$	$Nc = \frac{5.5 \times 10^{-3}}{C2*C3*C4*C5}$
9	0,25	1	1	3	5	4.23×10^{-3}	3.67×10^{-4}
10	0,25	2	1	3	1	3.54×10^{-3}	9.17×10^{-4}
11	0,25	1	3	1	5	5.82×10^{-3}	3.67×10^{-4}
12	0,25	1	2	3	5	4.98×10^{-3}	1.83×10^{-4}
13	0,25	2	2	1	5	3.99×10^{-3}	2.75×10^{-4}
14	0,25	1	2	3	5	5.03×10^{-3}	1.83×10^{-4}
Admón.	0,25	2	1	1	1	1.76×10^{-3}	2.75×10^{-3}
Cabaña 1	0,25	2	2	1	1	3.55×10^{-3}	1.38×10^{-3}
Cabaña 2	0,25	2	2	1	1	3.14×10^{-3}	1.38×10^{-3}
Cabaña 3	0,25	2	1	1	1	3.55×10^{-3}	2.75×10^{-3}
Cabaña 4	0,25	2	2	1	1	3.67×10^{-3}	1.38×10^{-3}
Subestación	0,5	1	3	0,5	5	1.4×10^{-3}	7.33×10^{-4}

Tabla XXIX. Determinación del Nivel de protección de pararrayos

Módulo	Comparación Nd y Nc	Cálculo de E $E \geq 1 - Nc/Nd$	Nivel de protección asociado	Distancia D
9	Nd > Nc	0,91	Nivel II	45
10	Nd > Nc	0,74	Nivel III	60
11	Nd > Nc	0,94	Nivel II	45
12	Nd > Nc	0,96	Nivel I	20
13	Nd > Nc	0,93	Nivel II	45
14	Nd > Nc	0,96	Nivel I	20
Admón.	Nd ≤ Nc	no es requerido	no es requerido	
Cabaña 1	Nd > Nc	0,61	Nivel III	60
Cabaña 2	Nd > Nc	0,56	Nivel III	60
Cabaña 3	Nd > Nc	0,77	Nivel III	60
Cabaña 4	Nd > Nc	0,62	Nivel III	60
Subestación	Nd > Nc	0,48	Nivel III	60

En Guatemala se utilizan varios tipos de pararrayos, pero el más común y antiguo en uso, es el pararrayos *Franklin*. Es el sistema más sencillo y más económico cuando se trata de proteger áreas pequeñas, y debido a que su zona de protección es pequeña, se hace necesario instalar un gran número de puntas para proteger las edificaciones, que traen consigo instalaciones muy costosas y deterioro en la estética de las mismas. Con las desventajas mencionadas prácticamente ya no se utiliza, y solo se puede observar en edificaciones antiguas con más de 25 años de haberse construido.

Para la protección de las instalaciones del hospital de Gineco-Obstetricia, utilizaremos dos tipos de pararrayos. El primero llamado pararrayos de puntas ionizantes, es un sistema de fácil y rápida instalación y puede llegar en ciertos casos y condiciones a cubrir áreas de más de 100 metros de radio con una sola punta.

Entre los diferentes tipos de pararrayos de puntas ionizantes utilizaremos el *Pulsar* de *Helita* que resulta ser el más económico y es muy eficiente. El segundo tipo de pararrayos que utilizaremos es el pararrayos *Franklin*, pero únicamente se instalará en la subestación eléctrica que se montará.

En el pararrayos *Franklin* la descarga ascendente se propaga hacia el trazador descendente de la nube tras una larga fase de transición.

El funcionamiento del pararrayos *Pulsar* de *Helita* es básicamente el siguiente, en el momento que el rayo se acerca al suelo, se crea una descarga sobre toda la estructura conductora. El dispositivo de cebado *pulsar* le permite reducir el tiempo necesario para la formación y prolongación continua de la descarga ascendente y asegura así una mayor eficiencia en la captura del rayo que el pararrayos de tipo *Franklin*. Este emite una señal en impulsos de alta tensión de amplitud y frecuencias determinadas y controladas. Asegura su eficiencia mediante la rápida formación de un trazador ascendente que se prolonga de manera continua hacia el trazador descendente, mientras reduce el desarrollo de las cargas de espacio que pueden entorpecer el proceso natural.

Los pararrayos *Pulsar*, son totalmente autónomos desde el punto de vista energético, toman la energía eléctrica necesaria para la generación de los impulsos de alta tensión del campo ambiental, que existe en el momento de la tormenta. El dispositivo de cebado funciona en cuanto el campo ambiental supera un valor correspondiente al riesgo mínimo de rayo. Es requisito primordial para el que instale este tipo de pararrayos que la punta quede a una distancia \geq a 2 metros encima de la superficie más alta a proteger.

Tabla XXX. Radios de protección de pararrayos *Pulsar de Helita*

Nivel de protección	Nivel I D = 20 m	Nivel II D = 45 m	Nivel III D = 60
H (m)	Rp (m)		
2	32	40	44
3	48	59	65
4	64	78	87
5	79	97	107
6	79	97	107
8	79	98	108
10	79	99	109
15	80	101	111
20	80	102	113
45	80	105	119
60	80	105	120

D = distancia de cebado
H = altura de la punta *Pulsar* encima del área a proteger
Rp = radio de protección dentro de un plano horizontal localizado a una distancia vertical h de la punta del *Pulsar*

Fuente: José Estuardo Molina, **Criterios para selección, diseño y montaje de pararrayos**. Pág. 25.

Procederemos a escoger los pararrayos que utilizaremos en toda la extensión de las instalaciones del hospital. Para ello tomaremos los datos de la Tabla XXIX respecto del nivel de protección calculado para cada módulo o área a proteger. Debido a la posibilidad que existe de cubrir varios de estos módulos con una misma punta *Pulsar de Helita* según los radios de protección mostrados en la Tabla XXX, se unirán formando una sola edificación dentro del rango de área protegida que brindan los diferentes tipos de pararrayos.

En primer lugar tomaremos como conjunto o área total a proteger por el primer pararrayos, las cuatro cabañas más el hospital de Salud Mental del IGSS ubicado entre las cabañas 3 y 4.

El nivel de protección recomendado para las cuatro cabañas según la Tabla XXIX es el Nivel III con una distancia de cebado $D = 60$ metros. La longitud total que abarca este conjunto de edificios es de 170 metros, entonces el radio aproximado del área a proteger sería de 85 metros. Buscamos en la Tabla XXX estos valores y vemos que podemos escoger un pararrayos *Pulsar* de *Helita* con un radio de protección de $R_p = 87$ metros, y una altura de la punta *Pulsar* encima del área a proteger de $H = 4$ metros.

Para el caso del conjunto de módulos 9, 10, 11, 12, 13, 14, se puede disponer de un solo pararrayos *Pulsar*, tomándolos como un área a proteger de Nivel I y distancia de cebado $D = 20$ metros, siendo este nivel el más completo de los tres. Dicha precaución se hace debido a que en el cálculo del nivel de protección recomendado, no a todos los módulos se les encontró el mismo nivel. Entonces tenemos que la longitud abarcada por el conjunto de módulos es de 118 metros y el radio del área a proteger es entonces de 59 metros. Utilizando la Tabla XXX escogemos un pararrayos *Pulsar* de *Helita* con un radio de protección $R_p = 64$ metros debiendo estar la punta *Pulsar* a una altura $H = 4$ metros.

Por último tenemos la subestación eléctrica que se construirá entre las cabañas y el resto de módulos del hospital. Ésta queda muy retirada de cualquiera de las otras áreas analizadas antes, no pudiendo ser abarcada por el radio de protección de las mismas. Como el área a proteger es muy pequeña podremos instalar un pararrayos *Franklin* cuya zona de protección se limita al volumen del cono cuyo radio de la base es igual a la altura, y el ángulo de protección es de 45° .

Considerando que el radio del área de la subestación es de 4 metros (abarcando totalmente el techo), y su altura de 3 metros, al colocar la punta *Franklin* a una altura $H = 1$ metro sobre su techo, se tendrá un radio de protección $R_d = 4$ metros, cubriendo totalmente no solo el área del suelo que abarca la subestación sino que también el área de su techo.

En lo concerniente a la puesta a tierra de estas protecciones contra efectos directos de los rayos, tenemos que su valor no debe sobrepasar los 10 Ohmios y geoméricamente en el caso de los pararrayos *Pulsar* debe tener una de dos formas. La primera que es la que usaremos, es llamada pata de ganso, que consiste en tres platinas de cobre de 30mm x 2mm, y de 6 a 8 metros de largo cada una, se deben conectar juntas a un mismo punto, con un ángulo de separación entre ellas de 45° , clavando una varilla de cobre en cada punta aumentando así su correcto funcionamiento. La segunda forma que puede tomar la puesta a tierra es la de un triángulo equilátero de 3 metros por lado hecho también con platinas de cobre, conectando en cada cumbre una varilla de cobre de 2 metros de largo e insertándolas en el suelo.

Para el pararrayos *Franklin* solo es necesario conectar la punta por medio de cable conductor de cobre a una varilla de cobre que se debe insertar en el suelo como cualquier puesta a tierra normal, y conectarla al sistema de tierras de toda la instalación para mantenerlo a un mismo nivel de potencial.

5. INSTALACIONES ESPECIALES

5.1. Área Médica

La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica y en concreto para quirófanos o salas de intervención, deberán disponer de un suministro trifásico con neutro y conductor de puesta a tierra ó protección. Tanto el neutro como el conductor de puesta a tierra serán conductores de cobre, tipo aislado, a lo largo de toda la instalación.

La impedancia entre la barra común de puesta a tierra de cada quirófano o sala de intervención y las conexiones a masa, o los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0.2 ohmios. Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas a la barra de puesta a tierra, mediante conductores de cobre aislados e independientes.

Además del suministro normal de energía eléctrica, será necesario disponer de un suministro especial complementario, por ejemplo con baterías, para hacer frente a las necesidades de la lámpara de quirófano o sala de intervención y equipos de asistencia vital, debiendo entrar en servicio automáticamente en menos de 0,5 segundos (corte breve) y con una autonomía no inferior a 2 horas.

Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

5.1.1. Quirófanos

- **Equipo de Energía Ininterrumpida (UPS):** este es un equipo muy importante que debe instalarse en el área de quirófanos. Debe tener una capacidad mínima de salida de 525VA/315W, para poder alimentar todos los aparatos necesarios en un área de este tipo. El tiempo de transferencia máximo de estos aparatos es de 8 milisegundos, además el tiempo de operación de la batería es de aproximadamente de 180 minutos (3 horas), el tiempo de recarga de la batería es de 2 a 4 horas. La batería es de plomo ácido sellada y libre de mantenimiento, de fácil reemplazo y con protección contra descarga severa. Debe conectarse a un voltaje y frecuencia de entrada de 120 V/60 Hz, y el rango de voltaje de salida en la batería es de 120 V +/-5%. Todo viene adentro de un gabinete plástico.
- **Unidad de Anestesia:** se trata de un equipo para soporte de vida, para inducir y conducir la anestesia durante la cirugía y otros procedimientos de diagnóstico y tratamiento, proporcionando flujo continuo mediante flujómetros de oxígeno, óxido nitroso y aire, así como otros gases anestésicos por vaporización.

Esta unidad consta de varios bloques o aparatos interconectados para cumplir con las funciones antes mencionadas, y estos son: bloque de suministro de gases anestésicos; circuito de reinhalación mediante válvulas de inspiración y espiración; un ventilador o respirador de frecuencia respiratoria variable que permite manejar pacientes neonatal, pediátrico y adulto; y por último un monitor de signos vitales. Posee una autonomía de 1 hora mínimo con batería recargable. La alimentación es de 120 V, 60 Hz. Además necesita de una instalación neumática, para todas las válvulas y mangueras de los gases.

- **Equipo de aspiración o succión de secreciones:** consta de un frasco recolector con capacidad de 5 litros mínimo. Fabricado en vidrio pirex o materia resistente al calor y transparente. Tiene un dispositivo de seguridad de rebose, la intensidad de aspiración es regulable con una presión de hasta 500 mm de mercurio. Posee carro de transporte, y es para funcionamiento con corriente de 120 V y 60 Hz.
- **Autoclave horizontal de mesa:** equipo que sirve para la esterilización de material quirúrgico para trabajar en consultorio médico, ubicado sobre una base plana horizontal o mesa. Es de acero inoxidable de 35 cm de diámetro por 55 cm profundidad aproximadamente. La temperatura de operación es de 120 a 135° C ajustable o programable. Tiene una capacidad de 10 litros. El proceso se lleva a cabo por medio de dos resistencias calentadoras a un voltaje de 240 V y 60 Hz. El tiempo de esterilización es de 0 a 60 minutos ajustable o programable.

- **Cuna de calor radiante o incubadora para cuidados básicos:** es una unidad rodable electrónica controlada por microprocesador con fines terapéuticos para controlar en un medio abierto la temperatura del recién nacido hipotérmico que requiere cuidados básicos. Este equipo electromédico para estabilizar la temperatura de la piel del paciente tiene un rango de 0.2° C o menor de la temperatura seleccionada. Posee un despliegue digital de: temperatura del paciente, temperatura determinada o seleccionada. El control de temperatura es de 34 a 38° C. Alarmas auditivas y visuales de: temperatura del paciente (altas y bajas) y falla en el sensor de la temperatura del paciente. El proceso se lleva a cabo con un elemento de calefacción de resistencia eléctrica o de cerámica infrarroja (500 W como máximo) de alta eficiencia. Posee también control eléctrico del ajuste de la altura. La alimentación se hace en corriente eléctrica de 120V/60 Hz.

- **Electrocauterizador Ginecológico:** es un equipo para cauterizar algunas lesiones exocervicales. Es un aparato portátil, alimentado por corriente eléctrica, que se activa usando un control de pie o de interruptor en el mango, generando una señal de alta frecuencia regulada automáticamente por microprocesador dependiendo de las variaciones del tejido. Tiene una potencia máxima en coagulación monopolar y bipolar de 120 W. Posee un despliegue digital y alarma que se activa si no existe contacto adecuado de la placa de retorno con el paciente, indicadores visuales y audibles con desactivación si se detectan condiciones de falla. Se conecta a la corriente eléctrica 120 V/60 Hz.

- **Bombas de Infusión:** los sistemas (bombas) de infusión facilitan la administración parenteral (intravenosa, subcutánea, intraperitoneal, intrarraquídea) de drogas y soluciones, y son usadas donde es esencial la precisión y un aporte constante. Son también utilizadas por su capacidad de administrar medicamentos y soluciones a altas presiones que no podrán ser alcanzadas con equipos clipados manualmente o dependientes de gravedad. Ejemplos de estas situaciones son la administración de drogas intraarteriales, o flujos muy rápidos de soluciones durante la reanimación de los pacientes (200-1000 ml/h). Se instala por cordón eléctrico y espiga a corriente eléctrica de 120V/60Hz.

- **Lámparas scialíticas o lámparas de quirófano:** la intensa luz es provista por 5 lámparas halógenas dicróicas de 50W/12V cada una, y de haz concentrado (9 grados). Luego de pasar a través de dos filtros anticalóricos, define en el campo operatorio un círculo, de aproximadamente 30 cm de diámetro, de intensa luz blanca y fría. La pantalla tiene un giro de 70 grados, y el movimiento de ascenso y descenso esta controlado por un brazo de auto balanceo que permite la firme ubicación de la pantalla en la posición deseada. La fuente de alimentación, ubicada en el pie de la lámpara, esta compuesta por un transformador y dos fusibles, uno para el circuito primario y otro para el secundario. Su alimentación eléctrica estándar es de 220V - 50Hz con potencia total de 200 VA.

5.1.2. Rayos “ X “

En el hospital de Gineco-Obstetricia se cuenta con dos tipos de aparatos de rayos X, estos son:

- **Equipo de rayos X portátil:** este se encuentra ubicado en el módulo 12 en el área de neonatos. Es un equipo de 20 - 30 MA / 80 KV. Se pueden transportar y montar en casi cualquier lado. Se alimentan de 120 VAC. Tiene poca capacidad para ciertas aplicaciones, y no requieren instalación.
- **Equipo de rayos X fijo:** este aparato es el que se encuentra dentro de la ya mencionada Clínica de rayos X. Equipo de 300 -1000 MA / 200 KV aproximadamente y para todo tipo de estudios. Se alimentan de 240VAC. Requieren instalación y un cuarto blindado especial. El equipo debe conectarse a las líneas por medio de un *switch* de cuchillas, y lo encenderá desde ahí. Debe tener una buena tierra física.

5.1.3. Aire acondicionado

El funcionamiento de un equipo de aire acondicionado se basa en el comportamiento del fluido refrigerante. Este fluido absorbe el calor de la estancia a refrigerar, evaporándose, para después de recorrer el circuito de refrigeración hasta la unidad exterior, y eliminar el calor absorbido al condensarse tras someterle a compresión.

Existen variedad de estilos y capacidad de equipos de aire acondicionado pero en este hospital solamente se usa el acondicionador tipo *split* (partido). Este consta de dos unidades: una interior y otra exterior. La unidad interior está compuesta por el evaporador, el ventilador, el filtro de aire y el sistema de control, y la unidad exterior donde se encuentra el compresor y el condensador.

Estos equipos están equipados con filtros purificadores de aire, desodorizantes, de prevención de humedad y demás sistemas de mejora de la calidad del aire. Pueden trabajar en modo deshumidificación cuando la diferencia entre la temperatura del ambiente y la programada es reducida, más económico, o en modo refrigeración. Se caracteriza además por poseer una gran cantidad de configuraciones diferentes que se adaptan a cualquier necesidad.

La instalación del aparato precisa de la colocación de la unidad exterior y de la prolongación de los tubos de conexión del refrigerante y unas mangueras eléctricas desde la unidad exterior a la interior, estas líneas se ocultan tras una canaleta. La colocación de la unidad interior es sencilla y no precisa de obra.

Los diferentes equipos del mercado son capaces de proporcionar una potencia frigorífica de entre 1.7 kW y 10 kW. Se conecta a la corriente 240 V/60 Hz.

5.1.4. Equipo para banco de sangre

El equipo más común en uno de los laboratorios y en el banco de sangre del hospital es el siguiente:

- **Balanza electrónica digital:** se trata de una balanza de 1000 gramos de capacidad, la cual se debe conectar mediante cordón y espiga a la corriente 240 V y 60 Hz.
- **Balanza homogeneizadora de sangre:** facilita la recolección de la sangre de los donantes. Posee programación de volumen final de recolección, que mide la cantidad de sangre recolectada, el tiempo de recolección de la misma y tiene interruptor automático. Es de movimientos rotatorios suaves. Se conecta a 240 V y 60 Hz.
- **Centrífuga para tubos:** esta gira a una velocidad de 14,000 rpm (revoluciones por minuto). Se utiliza para la separación de suero y otros fluidos. Tiene un cabezal para 24 tubos. Su carcasa y cabezal son metálicos (Acero). Es completamente digital, muestra la velocidad en rpm y el tiempo de funcionamiento. Se alimenta con 240 V y 60 Hz.
- **Centrífuga refrigerada:** su función es obtener el paquete globular, que consta de la obtención de plaquetas, obtención de plasma fresco, crioprecipitados, etc.

Su velocidad máxima es de 4,730 rpm, posee rotor con cubeta oscilante y rango de temperatura estable de 5 a 25° C. Se conecta a la corriente de 240 V y 60 Hz.

- **Estufa de secado y esterilización:** equipo eléctrico que se utiliza para esterilizar a calor seco diversos tipos de materiales Capacidad de 140 a 150 litros con termostato electrónico, su rango de temperatura es hasta de 250° C. Se alimenta con 240 V/60 Hz.
- **Lector Elisa:** sus aplicaciones son como lector de absorbancia, delta absorbancia y concentración cuantitativo y cualitativo, lector de múltiple de estándar para curvas en absorbancia y delta absorbancia de concentración. Incluye el software programable para usarse con una computadora con impresora para 40 columnas termal y graficadora, tiene capacidad de programar 20 *test* y curvas en forma simultanea. Posee una fuente de luz por medio de una lámpara de tungsteno de 20,000 o más horas de uso. Se alimenta con 240 V y 60 Hz.
- **Incubadora de tarjetas:** tiene capacidad para 6 a 12 tarjetas de 40cm x 30cm x 40cm de tamaño. Con una temperatura aproximadamente constante de 37° C. Se alimenta con 240 V/60 Hz.

- **Baño para descongelación rápida de plasma y eritrocitos:** equipo electrónico fijo utilizado para la descongelación rápida de componentes sanguíneos congelados. Posee indicador de temperatura digital, sistemas de alarma visual y acústica, programación de tiempo de descongelación. Tiene la capacidad para descongelar un número variable de bolsas de forma simultánea. Corriente eléctrica 120 V/60 Hz.
- **Congelador rápido de plasma:** se trata de un equipo automático fijo para congelar bolsas de plasma de diferentes volúmenes. Tiene una capacidad de 96 a 576 bolsas. puerta con sistema de seguridad, circulación uniforme de la temperatura. En el panel de control tiene despliegue de la temperatura, sistema de alarmas audible y visual para cambios de temperatura, o fin del ciclo. Tiene capacidad para interfazarse. Posee un compresor de potencia adecuada para corriente eléctrica 120 V/60 Hz.
- **Refrigerador para laboratorio uso rutinario 14 pies cúbicos:** equipo para preservar muestras biológicas, medios de cultivo y reactivos de diagnóstico clínico en general a temperatura de 2 a 8 grados centígrados. No posee congelador. Tiene alarmas audible y visual cuando la puerta del refrigerador se quede abierta más tiempo del necesario, y cuando el sensor de la temperatura no funcione correctamente. Corriente eléctrica 120 V/60 Hz.

5.1.5. Equipo para fabricación de prótesis

El hospital de Gineco-Obstetricia no posee este tipo de equipo para fabricación de prótesis, debido a que no trata pacientes con dificultades de movimiento físico como el hospital de Rehabilitación, que a diferencia del primero si posee el equipo necesario con el que fabrica las prótesis para la mayoría de sus pacientes.

5.2. Área de Mantenimiento y Servicios

5.2.1. Bombas de agua

En ésta área se les da diversos usos a este tipo de bombas. Se utilizan para bombear diferentes líquidos y fluidos como lo son el aceite en las calderas, el búnker que alimenta las mismas, los líquidos para condensados y el suavizante de agua también para las calderas. Los motores de dichas bombas son de capacidad de: 1 Hp y 7.5 Hp conectados a 208 V, y los motores del tanque de suavizantes que son de $\frac{1}{4}$ de Hp conectados a 120 V.

Cada uno de los motores de las bombas se alimenta desde el tablero principal de la lavandería y poseen su protección individual a través de interruptores termomagnéticos, dimensionados según la corriente de arranque de cada uno.

5.2.2. Lavadoras de ropa industriales

La lavadora que posee el hospital es de tipo industrial, marca G&E (*General Electric*), tiene la posibilidad de lavar con el agua caliente o el vapor de las calderas para lavado en seco. Se emplean productos químicos 100% biodegradables para el lavado, con esto se garantiza la correcta sanitización de la ropa.

Todo el equipo es de alta temperatura, lo que garantiza que no pueda sobrevivir ninguna bacteria derivada de las enfermedades de los pacientes. Utiliza un motor de 3 Hp que mueve la tómbola principal, conectado a 208 V, su corriente de arranque es de 60 A y se queda consumiendo aproximadamente 9.5 amperios.

5.2.3. Secadoras de ropa industriales

El hospital también posee una sola secadora de ropa industrial, marca ADC (*American Drier Company*), modelo 200. Utiliza también el calor del vapor de las calderas del área de mantenimiento para todo el proceso de secado, solamente posee un motor que mueve la tómbola dentro de la secadora.

Se conecta a la corriente 208 V/60 Hz por medio de un interruptor termomagnético colocado en el tablero de distribución principal de la lavandería.

5.2.4. Equipo industrial para cocina

En el área de cocina se utilizan diferentes equipos. Primero está la lavadora de bandejas que también se utiliza para lavar los platos, con motor de $\frac{1}{2}$ Hp/9.5 A, después una batidora de pedestal para mezclar los diferentes ingredientes uniformemente a una mayor escala que en una cocina normal, ésta posee un motor de 2 Hp, y al igual que la lavadora de bandejas ambas se conectan a la corriente eléctrica 208 V/60 Hz. Además se cuenta con una máquina para hacer hielo en forma de cubos, conectada a la corriente de 120 V/60 Hz. Todas se alimentan desde su protección eléctrica correspondiente, ubicadas en el tablero de distribución principal del módulo 11.

5.2.5. Máquinas industriales para costurera

Estas máquinas se utilizan en el área de ropería dentro del módulo 11, y también en la cabaña 2 que es el área de costurería del hospital. Primero en el área de ropería solamente se tienen 2 máquinas de costurera que son utilizadas para reparar o cambiarle piezas a los uniformes y ropa en general utilizada en el hospital. Poseen motor de $\frac{1}{2}$ Hp / 5.3 A y están conectadas a la corriente de 120 V/60 Hz. En la cabaña 2 se utiliza gran cantidad de máquinas de costurera para diferentes propósitos, entre los cuales se encuentran armar los nuevos uniformes, hacerles los ojales y ponerles botones, todo el material trabajado aquí es nuevo. Se poseen 19 máquinas para costurera normales de $\frac{1}{2}$ Hp / 6.8 A cada una, también una máquina para hacer ojales de $\frac{1}{2}$ Hp, y además una máquina para cocer botones de $\frac{1}{3}$ Hp / 3 A.

Todas las máquinas son de pedal eléctrico, y son conectadas a la red 120 V/60 Hz sin mayores requerimientos pues se conectan a tomacorrientes, cuidando únicamente dimensionar bien las protecciones de dichos tomacorrientes según la cantidad de máquinas conectadas a ellos.

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DESCRIPCIÓN DE NORMAS RELACIONADAS

6.1. Especificaciones Técnicas de los equipos a instalar

En este apartado se expondrá de forma general y práctica los requerimientos mínimos que deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar la instalación de los equipos eléctricos nuevos y más importantes con que contará el hospital de Gineco-Obstetricia tales como: subestación, pararrayos y red de tierras.

6.1.1. Medidas, tipos de materiales y como instalarlo

Subestación

Lo más importante durante el montaje de una subestación unitaria es la seguridad de las personas que la instalarán y la operarán, así como de aquellas que tengan a su cargo el mantenimiento. Se debe estar seguro que estas operaciones no provocan choque eléctrico. Para esto las partes aislantes deben ser de material epóxico o de porcelana, y la distancia mínima de cualquier elemento a alta tensión no debe ser inferior a 15 cm en 13.2 kV dentro de las celdas.

Los cuartos o celdas los cuales están instalados los conductores o equipo eléctrico, deberán estar debidamente protegidos para minimizar la posibilidad de que alguna persona no autorizada tenga acceso al equipo, instalándose cerraduras con llave y separando las distintas celdas con lámina metálica.

Las barras dentro de la celdas deben ser de cobre electrolítico y recubiertas con un baño de aleación de plata para que no superen los 2 amperios/mm².

Se deberán mostrar señales de advertencia de la alta tensión y de peligro, al ingreso del cuarto de la subestación y dentro del mismo.

Deberá dejarse un interruptor de puesta a tierra, para cuando se le de mantenimiento al equipo, si es posible a ambos lados del transformador. Además todas las secciones de la subestación deben estar sólidamente aterrizadas a tierra como se especificó en el apartado 4.1.

Es conveniente dejar una plataforma de concreto de 10 cm de alto, para montar la subestación y aislarla del nivel del suelo. También se deberá dejar un drenaje en el cuarto de la subestación, previendo cualquier inundación o derrame de cualquier líquido que pueda dañar el equipo. No es conveniente que se dejen tuberías de agua o de otra índole pasando por el cuarto de la subestación ni utilizarla como bodega.

Las dimensiones del cuarto eléctrico de la subestación, de acuerdo con los requerimientos mínimos de espacio de la unidad y de las medidas mínimas requeridas para el adecuado mantenimiento de toda la unidad serán de 7 metros de largo por 4 metros de ancho por 3 metros de altura.

Las láminas de cubierta de todas las celdas deberán ser de lámina *cold rolled* de calibre no inferior a No. 18 sometidas a desengrase, fosfatizado, aplicación de dos capas de anticorrosivo y acabado en esmalte acrílico de alta calidad.

Para los montajes de tableros de distribución de baja tensión deberán tenerse en cuenta los espacios y frentes de trabajo.

Pararrayos

En el montaje de un pararrayos de puntas ionizantes deben cumplirse varios requerimientos como lo son:

Asegurar que la punta esté por lo menos a 2 metros por encima de cualquier elemento de la zona a proteger. Es necesario que la altura total del pararrayos sobre el nivel del suelo no debe ser menor de 10 metros. Será fijado solidamente a una antena sustentadora, con el fin de resistir las vibraciones y esfuerzos mecánicos debidos al viento.

Los conductores de bajada que están destinados a conducir la corriente del rayo desde los dispositivos de captación hasta las tomas de tierra deberán situarse en el exterior de la estructura por medio de grapas. Estos conductores pueden ser flejes, trenza plana, cable trenzado, plano o redondo, y en nuestro caso se usará cable plano marca *Helita*. El conductor será estañado debido a sus propiedades físicas, mecánicas y eléctricas (conductividad, maleabilidad, resistencia a la corrosión, etc.), y su forma plana es preferible al conductor redondo ya que ofrece una mayor superficie exterior para sección idéntica, y la sección mínima será de 50 mm².

Otro aspecto importante a definir es el número de bajantes, donde cada pararrayos de puntas ionizantes estará unido a tierra al menos por una bajante. Pero se necesitarán por lo menos dos bajantes cuando la trayectoria horizontal del conductor es superior a su trayectoria vertical o en el caso de realización de instalaciones sobre estructuras de altura superior a 28 metros, realizándose los dos bajantes sobre dos fachadas distintas. No siendo este nuestro caso, donde solamente se dispondrá de un bajante para cada pararrayos.

La trayectoria del bajante se dispondrá de tal forma que su recorrido sea lo más directo posible. Su trazado tendrá en cuenta el emplazamiento de la toma de tierra y deberá de ser lo más rectilíneo posible, siguiendo el camino más corto, evitando cualquier acodamiento brusco o remonte.

Los radios de curvatura no serán inferiores a 0.2 metros. Para la desviación de los cables de bajada, se utilizarán preferentemente los codos formados por las esquinas.

Se realizará una toma de tierra por cada conductor bajante soldándolo a ésta de manera que la unión presente mínima resistencia eléctrica y máxima resistencia mecánica, consiguiéndolo mediante la misma soldadura exotérmica para las puestas a tierra de los tableros principales y de distribución. Como se especificó en el apartado 4.2, para las tomas a tierra se usará la configuración de pata de ganso con platinas de cobre de 30 mm x 2 mm y de 8 metros de largo y separadas con un ángulo de 45°, insertando en cada punta una varilla maciza de cobre electrolítico desnudo (*copperweld*) de 5/8" de diámetro por 8 pies de largo.

En el caso del pararrayos *Franklin* solo es necesario instalar la punta sobre una estructura metálica de celosía auto-soportada y con soportes laterales para más seguridad y se conecta por medio de cable conductor de cobre *Thompson* No. 28R *SAMPSON* a una varilla de cobre *copperweld* de 5/8" de diámetro y 8 pies de largo, que se debe insertar en el suelo como cualquier puesta a tierra normal, y conectarla al sistema de tierras de toda la instalación para mantenerlo a un mismo nivel de potencial.

Red de tierras

La Empresa Eléctrica de Guatemala, en sus Normas para Acometidas del Servicio Eléctrico, establece que para instalaciones residenciales con consumos mayores de 30 amperios, el neutro de la instalación debe estar conectado sólidamente a tierra, esta norma es aplicable también a edificios y centros comerciales.

La norma especifica que el conductor de tierra no será menor que el calibre No. 8 AWG cobre; y los electrodos de tierra podrán ser varillas de cobre con una longitud mínima de 2.5 m y 5/8" de diámetro.

Las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE) de 1,981 establecen que para que una conexión a tierra sea segura, el valor de la resistencia a tierra no debe ser mayor de 25 ohmios. Para cumplir con esto, conectaremos el neutro de cada tablero principal y de distribución principal a tierra a través de una conexión adecuada. Esto lo haremos uniendo dentro de cada tablero la barra de neutro con la barra de tierras y ésta última barra se conectará a un electrodo o varilla de tierra de 5/8" de diámetro y 8 pies de longitud enterrada lo más cerca posible del tablero, como ya se mencionó en el apartado 4.1 a este sistema se le llama "sistema de electrodo a tierra", con el cual tendremos una única referencia a tierra en cada tablero.

El código NEC hace énfasis en que todos los electrodos que se utilizan en la instalación sean interconectados conjuntamente para tener todo el sistema a un mismo potencial y a ayudar a reducir el valor de impedancia global, para esto utilizaremos cable No. 4 AWG desnudo debe ir enterrado aproximadamente 30" por debajo de la superficie. Las varillas que aterrizarán a los pararrayos se conectarán con el sistema de tierras de toda la instalación. Es prudente evitar uniones y conexiones innecesarias. En su artículo 250 el NEC establece que para la protección de equipos las partes de metal expuestas de los mismos que no transporten corriente como las carcasas serán conectadas a tierra sin importar el nivel de voltaje, estos equipos pueden ser aires acondicionados, motores, lavadoras y secadoras industriales, etc.

Se dejarán cajas de registro en cada una de las varillas con la finalidad de poder inspeccionar el estado de las conexiones y para medición de resistencia a tierra para determinar el tipo de mantenimiento que se les hará o si es necesario algún cambio.

La unión entre los electrodos de tierra y el conductor que los conectará con las barras de los tableros que protegerán y también la unión con los conductores que interconectarán los electrodos entre sí, se hará con la soldadura llamada exotérmica. Este tipo de soldadura proporciona una unión permanente de baja resistencia eléctrica y resistente a la corrosión, además prácticamente no requiere adiestramiento para realizarla y puede operar a alta temperatura. El proceso es sencillo, usando una pistola con pedernal se enciende una mezcla de polvo de aluminio y de óxido de cobre y la reacción que se crea forma una unión de cobre virtualmente puro en torno a los conductores. La reacción de alta temperatura se produce en el interior de un molde de grafito que se diseña para ajustar el tipo específico de unión y el tamaño de los conductores. Si se ocupa y mantiene adecuadamente, cada molde puede usarse para realizar entre 50 y 70 uniones.

Se debe cuidar también que dos varillas o electrodos no estén muy próximos, con un mínimo de distancia entre ellos de dos veces la longitud de las varillas, debido a que la impedancia a tierra combinada de ambos puede ser virtualmente la misma que de uno solo, lo cual significa que el segundo es redundante. Debido a que se necesita o tener una resistencia a tierra de 5 ohmios o menor, por el tipo de equipos electrónicos que posee el hospital, tales como computadoras, fotocopiadoras, equipo de cirugía, equipo de análisis de laboratorio y banco de sangre, etc. utilizaremos un método artificial para esto.

El método artificial para reducir la resistividad del terreno, se logra a partir de que los elementos químicos tienen el efecto de reducir la resistividad del suelo circundante hasta en un 90%. Este método consiste en cavar pozos de aproximadamente 1 metro de profundidad, en donde se introducirá cada una de las varillas, éstos pozos se rellenarán con una mezcla preparada de sales de sulfato de calcio, sulfato de magnesio (sales de *Epsom*), sulfato de cobre y cloruro de calcio, además se utilizará bentonita que tiene baja resistividad (aproximadamente 5 Ω -m) y no es corrosiva. La nueva resistividad puede bajar a 0,2 Ω -m usando bicarbonato de sodio o a 0,1 Ω -m usando sal común. No es necesario una concentración particularmente alta de sales disueltas para ver una reducción apreciable en la resistividad, solamente bastan 1,2 gramos/litro de sal común en agua destilada para obtener una resistividad de 5 Ω -m ó 6 gramos/litro de sal común en agua destilada para obtener una resistividad de 10 Ω -m.

También como se dejó establecido anteriormente a la subestación se le construirá una red de tierras propia, se excavarán 4 pozos de 1 metro de profundidad colocados uno en cada esquina de la caseta de la subestación. Cada uno de los pozos se rellenará con la mezcla preparada de sales de sulfato de calcio y bentonita utilizada para las demás varillas de la red de tierras general, y en medio se les introducirá una varilla de 5/8" de diámetro y 8 pies de largo, dejando una caja de registro para cada una. Las 4 varillas estarán interconectadas con un cable desnudo calibre No. 4/0 AWG, éste deberá enterrarse 30" por debajo de la superficie. El anillo que se formará alrededor de la caseta que albergará a la subestación se conectará en un punto a la barra de tierras de la subestación con un cable calibre No. 4/0 AWG, de dónde según la recomendación general de los expertos se debe conectar a tierra el equipo encapsulado de este tipo de subestaciones en los siguientes puntos:

- Junto al interruptor.
- Junto a los extremos sellados de cable.
- Junto a los transformadores de medida.
- En cada extremo de las barras (también en puntos intermedios, dependiendo de la longitud).
- Los tableros principales instalados dentro de la caseta de la subestación.

6.2. Normas para instalaciones eléctricas en hospitales

6.2.1. Normas NEC

Estas son las siglas de *National Electrical Code* que significan Código Nacional Eléctrico, y es por decirlo así una marca registrada de la NFPA ó *National Fire Protection Association* que significa Asociación Nacional de Protección contra Incendios.

Este código contiene las normas mínimas para salvaguardar a las personas e instalaciones eléctricas contra los riesgos que implica el uso de la electricidad, en niveles de bajo voltaje (de 0 a 600 VAC).

El NEC puede complementarse con los requerimientos locales como las Normas para Acometidas de Servicio Eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, relativos a los sistemas eléctricos que requieren medidas más exigentes de seguridad. Este código está bajo constante revisión y se actualiza o modifica cada tres años.

Para el presente informe se consultaron los siguientes artículos pertenecientes al NEC:

- **Artículo 215 – Alimentadores:** este artículo trata de los requisitos de instalación, requisitos de protección contra sobrecorriente, calibre mínimo y capacidad de corriente de los conductores de los alimentadores que suministran la energía eléctrica a las cargas de los circuitos ramales.
- **Artículo 230 – Acometidas:** este artículo trata de los conductores de acometida y de los equipos para el control y protección de las acometidas y sus requisitos de instalación.
- **Artículo 250 – Puesta a tierra:** este trata de de los requisitos generales para puesta a tierra y conexión equipotencial de instalaciones eléctricas, y los requisitos específicos.
- **Artículo 280 – Pararrayos:** este comprende requisitos generales, requisitos de instalación y requisitos de conexión para pararrayos.
- **Artículo 348 – Tubería eléctrica metálica:** las disposiciones de este artículo se aplican a las canalizaciones de sección transversal circular, metálicas, para conductores eléctricos.
- **Artículo 384 – Tableros de distribución y paneles de distribución:** este se refiere a todos los tableros de distribución, paneles de distribución y cuadros de distribución instalados para el control de circuitos de alumbrado y fuerza.
- **Artículo 430 – Motores, circuitos de motores y controladores:** trata sobre motores, conductores de los alimentadores y circuitos ramales de los motores y de su protección, sobre la protección de los motores contra sobrecargas, sobre los circuitos de control de motores, de los controladores de motores y de los centros de control de motores.

- **Artículo 517 – Instalaciones de asistencia médica:** las disposiciones de este artículo se aplican a los criterios de construcción e instalación eléctrica en instalaciones de asistencia médica.
- **Artículo 645 – Equipos de informática:** este artículo trata de los equipos, alambrado de alimentación, alambrado de interconexión de equipos y puesta a tierra de los equipos y sistemas informáticos, incluidas las unidades terminales en salas de equipos de informática.

6.2.2. Normas IEEE

IEEE corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, ingenieros en sistemas e ingenieros en telecomunicación.

Su creación se remonta al año 1884, contando entre sus fundadores a personalidades de la talla de *Thomas Alva Edison*, *Alexander Graham Bell* y *Franklin Leonard Pope*. En 1963 adoptó el nombre de IEEE al fusionarse asociaciones como el AIEE (*American Institute of Electrical Engineers*) que significa Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos y el IRE (*Institute of Radio Engineers*) que significa Instituto de Ingenieros de la Radio. Tiene sus sedes en la ciudad de *New York, New York, USA*, y en *Piscataway, New Jersey, USA*.

A través de sus miembros, más de 360.000 voluntarios en 175 países, el IEEE es una autoridad líder y de máximo prestigio en las áreas técnicas derivadas de la eléctrica original: desde ingeniería computacional, tecnologías biomédica y aeroespacial, hasta las áreas de energía eléctrica, telecomunicaciones y electrónica de consumo, entre otras. Se organiza geográficamente alrededor del mundo en: 10 Regiones, 300 Secciones y 800 Ramas Estudiantiles.

Según el mismo IEEE, su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales.

Mediante sus actividades de publicación técnica, conferencias y estándares basados en consenso, el IEEE produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica, en computación, telecomunicaciones y tecnología de control, organiza más de 350 grandes conferencias al año en todo el mundo, y posee cerca de 900 estándares activos, con otros 700 más bajo desarrollo.

Para formar parte de la IEEE es necesario hacerse miembro, esto es a través de adquirir la membresía, ya con la membresía se puede recibir por correspondencia lo que son los avances en los estándares activos y los que están bajo desarrollo, pero para adquirirlos completos y aplicarlos es necesario comprarlos.

6.2.3. Normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala

Las Normas para Acometidas del Servicio Eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala, expresan en su Sección VII de Instalaciones Especiales, que las cargas fluctuativas o intermitentes como los equipos de rayos X, mayores de 50 mA, 120 kVP (kilovoltiospico), necesitan banco exclusivo. Y que los de menor capacidad previo a su instalación y firma de contrato deben determinar la capacidad del transformador y líneas de la Empresa.

También menciona que estos equipos usualmente presentan características de carga severa e intermitente que puede causar bajas de voltaje y parpadeo en la iluminación durante su operación y por consiguiente causar problemas en la instalación de los consumidores vecinos.

Todo esto podría considerarse que no se aplica a nuestro caso debido a que se contará con una subestación propia con todas las características necesarias para no violar o causar problemas en la red general o circundante de la Empresa Eléctrica, no siendo necesarios los bancos de transformadores regulares que proporciona la empresa, ni contar con un suministro propio para este fin. En lo referente a las computadoras, se cita que la Empresa tratando de mantener el mejor voltaje posible, aconseja tener sumo cuidado en la selección de equipo auxiliar de alimentación de energía para dichas computadoras, a fin de evitar las fluctuaciones de voltaje e interrupciones que pudieran ocurrir en el servicio.

Por último se cita lo que son las conexiones a tierra, mencionando las características de los conductores de tierra y los tipos de electrodos o varillas de tierra. De donde se puede decir que el conductor de tierra no deberá ser menor que el calibre 8 AWG cobre, y los dos tipos de varillas podrán ser una de cobre con longitud mínima de 2.5 metros y 5/8" de diámetro (*Copperweld*). O bien otra de acero galvanizado de 6 pies de largo y 5/8" de diámetro. Para esto se puede observar en el apartado 4.1 que si se cumple con estas normas.

7. CANTIDADES DE TRABAJO

7.1. Instalaciones Básicas

Es necesario tener conocimiento de cada uno de los accesorios eléctricos que se encuentran dañados dentro del hospital por muy insignificantes que parezcan, pero que afectan en el buen funcionamiento del sistema eléctrico general y su rendimiento.

Se dará una lista de cantidades y precios de los mismos para tener un dato real a la hora de reemplazarlos y dejar en óptimas condiciones las instalaciones básicas del hospital.

7.1.1. Lámparas

Lo que más daño presenta son los tubos fluorescentes que se encuentran quemados o ya para quemarse, además hay *starters* o cebadores y balastos que también necesitan reemplazo, todos los datos se encuentran en la tabla siguiente:

Tabla XXXI. Costos totales reemplazo de lámparas, balastos y starters

módulo	tipo de lámpara		starter	balastro	precio/unidad (quetzales)	precio total (quetzales)
	fluorescente	incandescente				
9	12				27,52	330,24
		5			3,25	16,25
			9		2,50	22,50
				3	38,00	114,00
10	8				27,52	220,16
			2		2,50	5,00
11	17				27,52	467,84
			5		2,50	12,50
				1	38,00	38,00
12	22				27,52	605,44
		3			3,25	9,75
			18		2,50	45,00
				5	38,00	190,00
13	11				27,52	302,72
				2	38,00	76,00
	23				27,52	632,96
14		2			3,25	6,50
			7		2,50	17,50
				3	38,00	114,00
Admón.	3				27,52	82,56
			4		2,50	10,00
Lavandería	2				27,52	55,04
				1	38,00	38,00
Rayos X	1				27,52	27,52
			2		2,50	5,00
Cabaña 1	8				27,52	220,16
			2		2,50	5,00
				1	38,00	38,00
Cabaña 2	7				27,52	192,64
			1		2,50	2,50
				3	38,00	114,00
Cabaña 3	2				27,52	55,04
				1	38,00	38,00
Cabaña 4	3				27,52	82,56

Total

Q 4,192.38

7.1.2. Tomacorrientes

En todos los módulos y cabañas se encuentran tomacorrientes en mal estado o inutilizados de la red eléctrica general, limitando en parte la capacidad de abastecimiento de energía eléctrica al hospital.

Para esto debe hacerse el reemplazo total de cada una de las unidades dañadas, a continuación se lista el número y costo de reemplazo para cada módulo y cabaña.

Tabla XXXII. Costos totales reemplazo de tomacorrientes

Módulo	unidades	precio/unidad (quetzales)	precio total (quetzales)
9	3	11,70	35,10
10	2	11,70	23,40
11	7	11,70	81,90
12	7	11,70	81,90
13	5	11,70	58,50
14	10	11,70	117,00
Admón.	2	11,70	23,40
Lavandería	5	11,70	58,50
Rayos X	3	11,70	35,10
Cabaña 1	4	11,70	46,80
Cabaña 2	2	11,70	23,40
Cabaña 3	4	11,70	46,80
Cabaña 4	2	11,70	23,40
Total	56		Q 655,20

7.2. Otras instalaciones

Además de los costos de reemplazar lámparas y tomacorrientes, se plantearán los costos para la instalación de equipos y accesorios eléctricos más importantes, que representan un mayor gasto pero que es necesario instalarlos para poder cumplir con una verdadera remodelación del sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia.

7.2.1. Tableros de distribución

Es necesario cambiar todos los tableros de distribución y además instalar los nuevos tableros principales TP-1, TP-2 y TP-SUB, para poder contar con toda la capacidad de carga necesaria actualmente y además tener un margen para crecimiento futuro. Para esto se cotizó el precio de cada uno de ellos, y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXXIII. Costos totales de tableros principales y de distribución

Módulo	Datos del Tablero	Unid.	Precio/unid. (quetzales)	Precio total (quetzales)
9	Barras de 225 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 54, interruptor principal 3 x 225 A	1	990,53	990,53
10	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 30, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
11	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 54, interruptor principal 3 x 100 A	1	490,00	490,00
12	Barras de 400 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 54, interruptor principal 3 x 400 A	1	1560,00	1560,00
13	Barras de 200 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 42, interruptor principal 3 x 200 A	1	760,73	760,73

Continúa

14	Barras de 200 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 42, interruptor principal 3 x 200 A	1	760,73	760,73
Admón.	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 18, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
Garita	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 18, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
Lavand.	Barras de 300 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 30, interruptor principal 3 x 300 A	1	1380,00	1380,00
Rayos X	Barras de 200 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 24, interruptor principal 3 x 200 A	1	760,73	760,73
Cab. 1	Barras de 200 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 42, interruptor principal 3 x 200 A	1	760,73	760,73
Cab. 2	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 30, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
Cab. 3	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 18, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
Cab. 4	Barras de 100 A; 120/208 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 18, interruptor principal 3 x 100 A	1	400,00	400,00
TP-1	Barras de 1200 A; 600 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 42, interruptor principal 3 x 1200 A	1	5680,00	5680,00
	interruptor termomagnético de 3 x 125 A	4	1232,63	4930,52
	interruptor termomagnético de 3 x 250 A	3	3412,60	10237,80
	interruptor termomagnético de 3 x 300 A	1	3412,60	3412,60
	interruptor termomagnético de 3 x 400 A	1	3412,60	3412,60
TP-2	Barras de 300 A; 600 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 30, interruptor principal 3 x 300 A	1	1380,00	1380,00
	interruptor termomagnético de 3 x 125 A	3	1232,63	3697,89
	interruptor termomagnético de 3 x 250 A	1	3412,60	3412,60
TP-SUB	Barras de 1600 A; 600 voltios, trifásico, 60 Hz, espacios 18, interruptor principal 3 x 1600 A	1	6120,00	6120,00
	interruptor termomagnético de 3 x 400 A	1	3412,60	3412,60
	interruptor termomagnético de 3 x 1500 A	1	5225,32	5225,32

Total

Q 65,517.97

7.2.2. Instalaciones de equipo especial

Entre los equipos especiales a instalar están la subestación, que es la que representa el mayor costo dentro de la remodelación del sistema eléctrico.

Dentro de éstos equipos especiales que se deben instalar también están los pararrayos y la red de tierras, que podrían considerarse de bajo costo.

Tabla XXXIV. Costos totales montaje de la subestación

Equipo especial para subestación	costo unitario (quetzales)
Subestación unitaria con sus tres secciones (alta tensión, transformación, distribución) pero sin transformador trifásico.	505,532.50
Transformador trifásico de 2 MVA, tipo seco, 13,200 / 480 V para uso en subestación unitaria	463,623.60
Mano de obra caseta de subestación de 7m de largo x 4m de ancho x 3m de altura	12,000.00
Materiales para construcción de la caseta	21,185.00
Total	Q 1,002,341.10

Tabla XXXV. Costos totales montaje de pararrayos

Equipo especial para pararrayos	Unid.	Costo/ unidad (quetzales)	Costo total (quetzales)
PARARRAYOS PULSAR DE HELITA			
Puntas <i>Pulsar</i> 60 INOX x 2m <i>Helita</i>	1	13,965.50	13,965.50
Puntas <i>Pulsar</i> 20 INOX x 2m <i>Helita</i>	1	13,965.50	13,965.50
Mástil de 35mm x 2m <i>Helita</i> # HRI 3502	2	925.20	1,850.40
Trípode <i>Helita</i> # TSH 4525	2	1,270.85	2,541.69
Patas de ganso <i>Helita</i> # RPO 2840	2	377.81	755.63
Varillas de tierra <i>copperweld</i> de 5/8"x 8 pies	6	47.74	286.44
Mordazas <i>Helita</i> # CRH 4020	12	125.32	1,503.81
Abrazaderas <i>Helita</i> # HCI 2419	8	26.89	215.14
Ganchos <i>Helita</i> # HTP 2782	12	33.17	398.04
Cable plano marca <i>Helita</i> (en metros)	30	18.83	564.97
Mano de obra (personas)	6	500.00	3,000.00
PARARRAYOS FRANKLIN			
Punta 48mm x 1m <i>Franklin France</i> # AFA 1004 PF	1	2,208.75	2,208.75
Estructura metálica de celosía auto-soportada	1	3,603.75	3,603.75
Soportes laterales / montaje en estruc. de celosía	2	968.75	1,937.5
Varillas de tierra <i>cooperweld</i> de 5/8"x 8 pies	1	47.74	47.74

Continúa

Cable <i>Thompson</i> No. 28R SAMPSON (en metros)	10	54.64	546.40
Abrazaderas de cobre <i>Thompson</i> No. 166	10	2.55	25.50
Mano de obra (personas)	2	500.00	1,000.00

Total Q 48,416.76

Tabla XXXVI. Costos totales instalación red de tierras

Equipo para red de tierras	Unidades	costo unitario (quetzales)	Costo total (quetzales)
RED DE TIERRAS GENERAL			
Cable # 8 AWG (en metros)	70	10,11	707,70
Cable # 6 AWG (en metros)	40	12,80	512,00
Cable # 4 AWG (en metros)	40	15,60	624,00
Cable # 4 AWG desnudo (en metros)	584	15,60	9110,40
Cable # 3/0 AWG (en metros)	10	51,50	515,00
Varillas de cobre 5/8" x 8 pies	16	47,74	763,84
Cajas de registro	16	125,00	2000,00
Mano de obra (personas)	4	400,00	1600,00
RED DE TIERRAS SUBESTACIÓN			
Cable # 2/0 AWG (en metros)	10	55,86	558,60
Cable # 2/0 AWG desnudo (en metros)	22	55,86	1228,92
Varillas de cobre 5/8" x 8 pies	4	47,74	190,96
Cajas de registro	4	125,00	500,00
Mano de obra (personas)	2	400,00	800,00

Total Q 19,111.42

7.2.3. Canalización de acometidas

Por último se plantearán los costos que tendrá la implementación de los nuevos tramos de canalización, incluyendo costos de zanjeado, construcción de cajas de registro, materiales eléctricos como el cable y tubería *conduit* galvanizada, y la mano de obra, todo en la siguiente tabla.

Tabla XXXVII. Costos totales de nueva canalización

Materiales para canalización y conductores eléctricos	Unidades	costo unitario (quetzales)	Costo total (quetzales)
Cable # 1/0 AWG (en metros)	80	45,47	3637,60
Cable # 2/0 AWG (en metros)	70	55,86	3910,20
Cable # 500 MCM (en metros)	120	198,96	23875,20
Tubería <i>conduit</i> galvanizada de 2 ½" de diámetro (tubos de 3 m c/u)	40	214,20	8568,00
Tubería <i>conduit</i> galvanizada de 3" de diámetro (tubos de 3 m c/u)	100	255,84	25584,00
Tubería <i>conduit</i> galvanizada de 3 ½" de diámetro (tubos de 3 m c/u)	88	350,17	30814,96
Cajas de registro de 33 ½" x 33 ½" de concreto	13	425,00	5525,00
Mano de obra de cajas de registro (por caja)	13	200,00	2600,00
Zanjeado (en metros)	341	25,00	8525,00
Total			Q113,039.96

7.3. Mediciones y estudios realizados

Como se sabe ya, se realizaron varias mediciones para poder determinar el estado actual del sistema eléctrico del hospital, y un estudio de ingeniería para poder llevar a cabo la planificación para la remodelación del mismo.

Tabla XXXVIII. Costos totales de mediciones y estudios realizados

Actividad realizada	Cantidad	costo/unid. (quetzales)	costo total (quetzales)
Mediciones de calidad de energía	3 puntos de medición	1200.00	3600.00
Mediciones de tierras	9 puntos de medición	100.00	900.00
Mediciones de calidad de iluminación	75 puntos de medición	50.00	3750.00
Estudio de ingeniería	6 meses	7000.00	42000.00
Total			Q 50250.00

8. PROPUESTA DE UNA NUEVA SUBESTACIÓN

La propuesta para la nueva subestación es la de montar una subestación tipo unitaria con potencia necesaria y con margen futuro para alimentar completamente los hospitales de Rehabilitación, Gineco-Obstetricia y de Salud Mental del IGSS Anulando el uso y proliferación de bancos de transformadores y acometidas a todo lo largo del complejo de hospitales de Pamplona.

Las subestaciones unitarias no son más que módulos individuales, acoplados por medio de barras, diseñados con equipo eléctrico coordinado para recibir potencia eléctrica, con voltajes secundarios de 600 voltios o menos, para su control y distribución en áreas cercanas.

En general, se puede hablar de una sección primaria, de mediana tensión, para el o los circuitos de entrada, con dispositivos de protección y desconexión; una sección de transformación; y una sección secundaria o de baja tensión, que incluiría el o los tableros de conexión de las diferentes cargas existentes en el sistema a alimentar. Cada uno con un sistema de protección e interrupción, para proteger los diferentes circuitos del sistema secundario.

Cada una de las diferentes secciones de una subestación unitaria, suele ser un sub-ensamble, diseñado para la conexión en una determinada obra, que se convierte en una sola unidad integral, como se observa en la imagen de abajo.

Figura 63. Subestación tipo unitaria o encapsulada



Fuente: www.ambarunit.com, **Catálogo ambar unit.**

8.1. Características a considerar

Antes del montaje de una subestación unitaria se deben definir sus características, tales como su capacidad en kVA, el número de fases, la frecuencia, el voltaje de entrada y el voltaje de salida, así como las dimensiones del área y ubicación de la misma, etc. La subestación unitaria debe estar probada, diseñada, construida y probada, en concordancia con los estándares aplicables de IEEE, NEMA y ANSI. Para esto, es necesario tener un conocimiento general de cada uno de los módulos que la conforman.

- **Módulo de Alta Tensión:** este es el módulo de entrada a la subestación, dicho ingreso puede ser por la parte superior o por la parte inferior, esto dependerá de los requerimientos de diseño o de instalación del equipo.
- **Módulo de Transformación:** este módulo es el más importante y una de las partes más delicadas. Se pueden utilizar diversos tipos de transformadores para este módulo, como por ejemplo transformadores llenos de líquido, tipo secos y del tipo de resina colada.

- **Módulo de Baja Tensión:** es este módulo pueden considerarse una gran cantidad de configuraciones, se define el equipo que se instalará y entonces el diseñador esquematiza, calcula y dibuja dependiendo de las necesidades del proyecto. Entre las sub-secciones que se pueden considerar están la de medición, tablero principal y tableo de distribución.

8.1.1. Capacidad

La subestación que se montará e instalará para abastecer a los tres hospitales ya mencionados, será de tipo unitario, para colocación en interior a una temperatura ambiente de 40° C, completamente coordinada desde las terminales de entrada de alta tensión hasta las terminales de salida de baja tensión con acabado de fondo anticorrosivo y pintura horneada. Esta subestación consiste de tres secciones, la sección de alta, la sección de transformación y la sección de baja tensión.

Sección de Alta Tensión:

Consiste en un cubículo de clase 15 kV, para una tensión de operación de 13.2 kV, 60 Hz, en una configuración de anillo abierto, equipada de la siguiente forma: una unidad de maniobra de operación manual, provista de dos seccionadores de dos posiciones (desconectado y conectado), los cuales son para conexión al anillo de mediana tensión.

Cada uno estará provisto de fusibles de alta tensión limitadores de corriente (debido a que se están utilizando en una aplicación de tipo interior y se necesita proteger el equipo de la mejor manera posible) y de desconexión tripolar en caso de disparo de un fusible. La capacidad de barras es de 1000 A, la capacidad de salida al transformador es de 400 A, capacidad de maniobra es de 20 kA.

La unidad de maniobra deberá contar con enclavamientos de seguridad para evitar el acceso a partes con tensión a menos que se haya abierto el seccionador correspondiente. Las entradas del anillo deberán ser por la parte inferior.

Espacio para instalación de 3 transformadores de corriente y dos de potencial y los tres contadores demandómetros con caja tipo *socket* (uno para cada hospital, suministrados por la Empresa Eléctrica).

Sección de Transformación:

Consiste en un cubículo de clase 15 kV, para una tensión de operación de 13.2 kV, 60 Hz, equipado de la siguiente forma: 1 transformador trifásico de 2 MVA de potencia, 13.2 kV/480 V, tipo seco con aislamiento con resina epóxica, auto-extinguible, libre de mantenimiento, impedancia de 6%.

Entrada desde la sección de alta tensión por la parte inferior, y salida a la sección de baja tensión por la parte inferior.

Sección de Baja Tensión:

El Interruptor Principal consiste en un cubículo clase 1 kV, con entrada por la parte inferior, barras de cobre de 3000 A, 3 fases, 4 hilos, con neutro de capacidad completa. También 5 fusibles para protección de los circuitos de medición de voltaje y alimentación al transformador de mando. Posee un transformador de mando, un interruptor de potencia de 3 x 2500 A, con accionamiento eléctrico de energía almacenada (motor y bobina de conexión), clase 600 voltios de 65 kA de capacidad interruptiva, bobina de disparo (*shunt trip*) y contactos auxiliares (2 NA y 2 NC libres). Tres transformadores de corriente, 15 VA, secundario 5 amperios, salida por la parte superior.

La distribución normal se hará con tres tableros uno para cada hospital, nosotros solamente veremos el de Gineco-Obstetricia, que consiste en un cubículo de clase 1 kV, equipado con un tablero de distribución con un interruptor principal de 3 x 1600 A, y dos ramales uno de 3 x 1500 A, y el otro de 3 x 400 A, más 4 espacios libres de 3 x 500 A, para instalaciones futuras.

8.1.2. Ubicación

Se buscó la mejor ubicación posible para montar la subestación, tomando en cuenta que la distancia hacia cada uno de los hospitales fuera equidistante, y también tomando en cuenta que se utilizará en la mayor manera posible la canalización actual. La ubicación real es mostrada en los planos de canalización eléctrica nueva del capítulo 10.

8.1.3. Canalización

Volviendo a revisar el apartado 3.1 del presente informe, se puede afirmar que toda la canalización que se derivará desde la subestación hasta los dos tableros principales con que contará el hospital de Gineco-Obstetricia, será tipo *conduit* galvanizado como lo establecen las Normas para acometidas de la Empresa Eléctrica, dejando a cada cierta distancia cajas de registro de concreto de 33½" x 33½".

Para el tablero principal TP-1 se dispondrán dos tubos *conduit* galvanizado de 3 ½ " de diámetro, y para el tablero TP-2 se dispondrá un tubo *conduit* galvanizado de 3" de diámetro. Toda la canalización ya posee un margen para instalaciones futuras como se calculó en el apartado 3.1.3.

8.1.4. Distribución general para todas las acometidas

La distribución general para cada uno de los tableros principales ya sea TP-1 o TP-2, en el hospital de Gineco-Obstetricia, se hará en tensión de 480 V. Esto significa que debe contarse con transformadores secos en cada uno de los puntos en donde se encuentren los tableros principales.

Estos transformadores son diseñados para uso interior o para uso exterior, a menudo son construidos para dar una protección al ambiente que los rodea.

Estos transformadores son resistentes a explosiones, al fuego, a la suciedad del ambiente, etc. Son construidos con bobinas que tienen un sistema de aislamiento para 220° C, clase H, la protección a sus alrededores es provista por un encapsulado impregnado de presión al vacío con resina de poliéster o con resina de silicón. Las aplicaciones típicas para este tipo de transformador aparte de ser muy económicos, se encuentran en: las escuelas, hospitales, centros comerciales, edificios muy altos, industrias.

Los transformadores secos que se utilizarán en la alimentación antes de cada tablero principal serán de voltaje en alta tensión de 480 V, y en baja tensión de 208/120 V.

9. INTEGRACIÓN DE CARGAS Y PLANILLAS DE TABLEROS

9.1. Cargas

La totalidad de cargas que posee actualmente el hospital de Gineco-Obstetricia distribuidas en los módulos, oficinas generales, y cabañas, serán transferidas a los nuevos tableros de distribución principales que serán ubicados a la par de los actuales, reemplazándolos.

Estos nuevos tableros de distribución se alimentarán desde los dos tableros principales TP-1 y TP-2, todo conforme a los cálculos y especificaciones dadas en el capítulo 3.

9.1.1. Integración de nuevas cargas

En la integración de nuevas cargas, primero tenemos que al tablero principal TP-1, se le integrará la carga de la clínica de rayos X, ubicada en el módulo 13 de emergencias, pero más que integrársele cargas a éste tablero, se le quitará cargas como lo son las cargas de los módulos 5, 6, 7, 8 y la lavandería del hospital de Rehabilitación, como resultado de independizarse eléctricamente ambos hospitales.

En lo que respecta al tablero principal TP-2, ya que éste es un tablero totalmente nuevo que no existe actualmente, se calculó y se montará para que se le integren lo que son las cargas de las cuatro cabañas.

9.1.2. Factor de crecimiento

Como se puede observar más detalladamente en el capítulo 3, en lo concerniente a canalizaciones, se aplicó un factor de crecimiento del 100% en la mayoría de los casos, y en otros hasta más. Y en lo que son los tableros se aplicó un 50% de factor de crecimiento, dejando bastante margen para la expansión de las instalaciones en dicho hospital considerando que no es muy acelerado según se pudo constatar y también a través de versiones de los trabajadores del lugar.

9.2. Planillas de Tableros

9.2.1. Especificación para alimentación de los mismos

Los calibres y tipos de conductores que se utilizarán para la alimentación de los tableros se encuentran especificados a detalle junto con sus cálculos, en el apartado 2.1.2 del presente informe. El tipo de canalización, rutas de acceso, cajas de registro para la alimentación de dichos tableros se encuentra en el apartado 3.1 de nueva canalización.

9.2.2. Cantidad de cargas para cada tablero

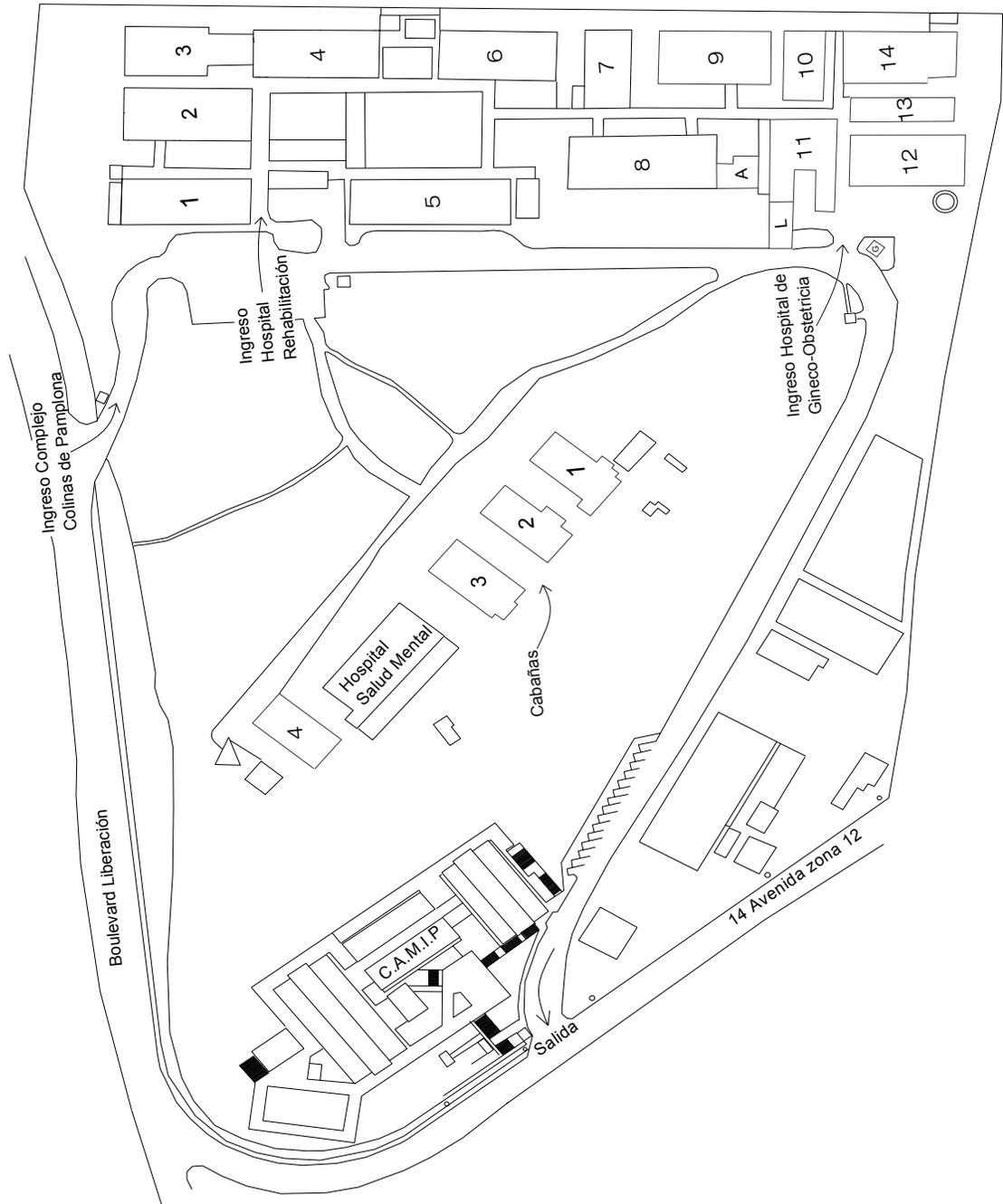
A continuación veremos un resumen de las cargas de los tableros de distribución conectados a cada uno de los tableros principales, pero para tener una visión más detallada de todas las cargas conectadas a los tableros de distribución dando los datos del tipo de carga y cantidades de cada una, pueden observarse en las tablas del Anexo A.

Tabla XXXIX. Cantidades de cargas para cada tablero principal

Tablero que lo alimenta	Módulo que alimenta	Carga instalada
TP-1	9	27403.33
TP-1	10	5355,78
TP-1	11	15866.78
TP-1	12	53912.67
TP-1	13	38821.12
TP-1	14	41592.11
TP-1	Administración	7531.56
TP-1	Garita	377,78
TP-1	Lavandería Gineco.	53955.00
TP-1	Clínica rayos X	35726.33
TP-2	Cabaña 1	40815.29
TP-2	Cabaña 2	10991,11
TP-2	Cabaña 3	3538.44
TP-2	Cabaña 4	3703.45

10. PLANOS Y DIAGRAMAS

Figura 64. Plano de conjunto de todo el Complejo de Pamplona



10.1. Planos Eléctricos

Figura 65. Plano de canalización eléctrica general actual de los hospitales de Gineco-Obstetricia y Rehabilitación

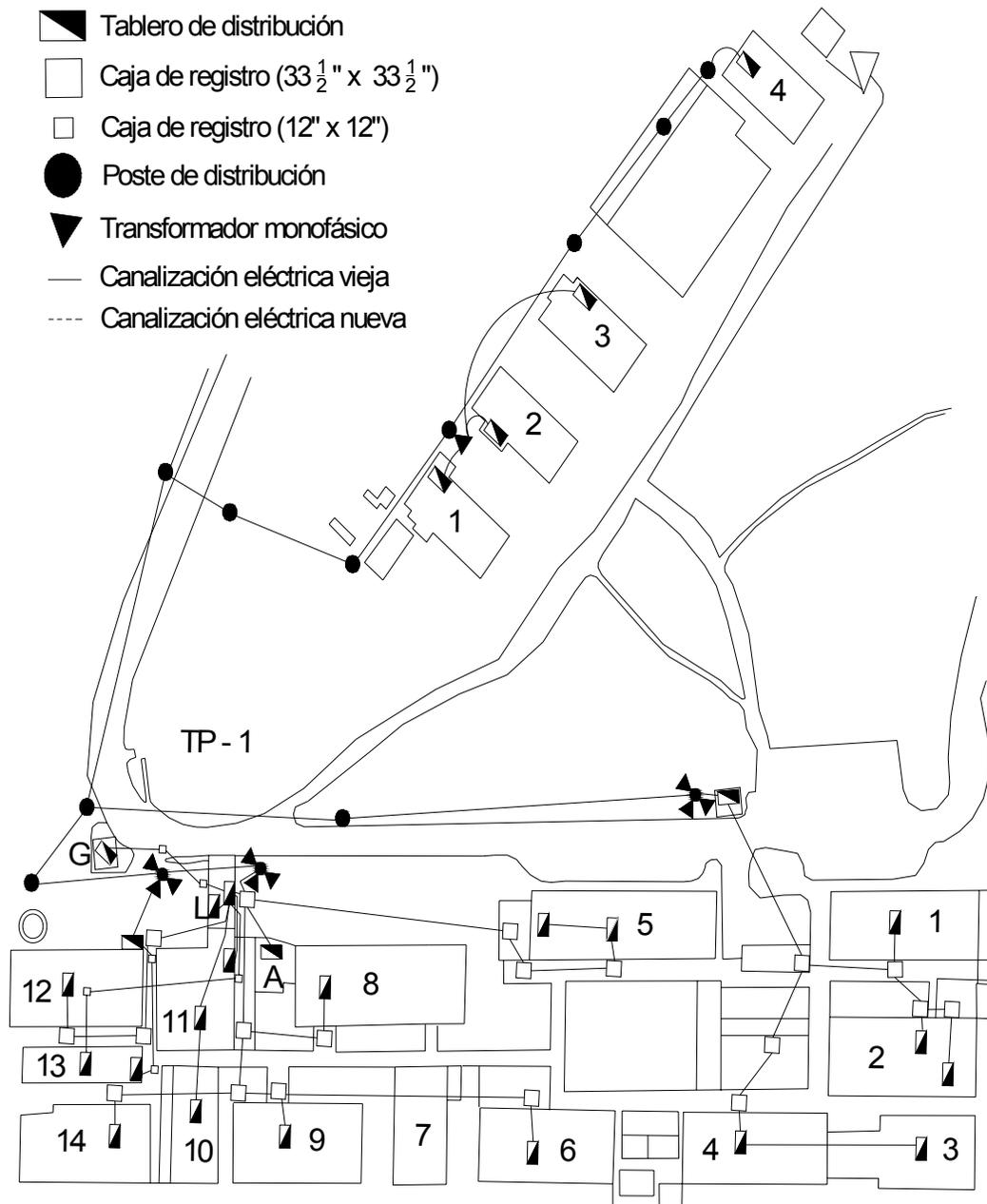


Figura 66. Plano de canalización eléctrica nueva para módulos y oficinas

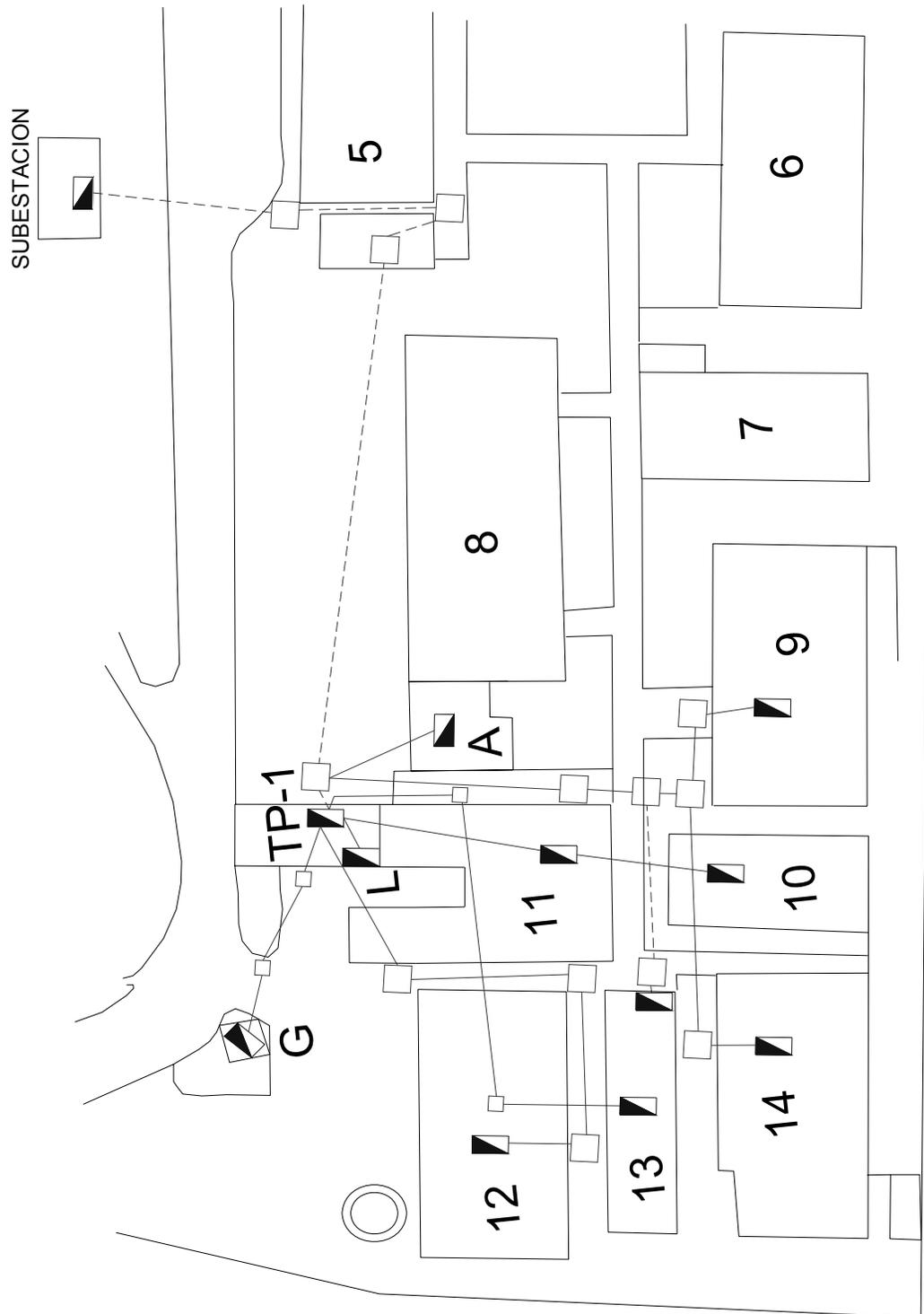


Figura 67. Plano de canalización eléctrica nueva para cabañas

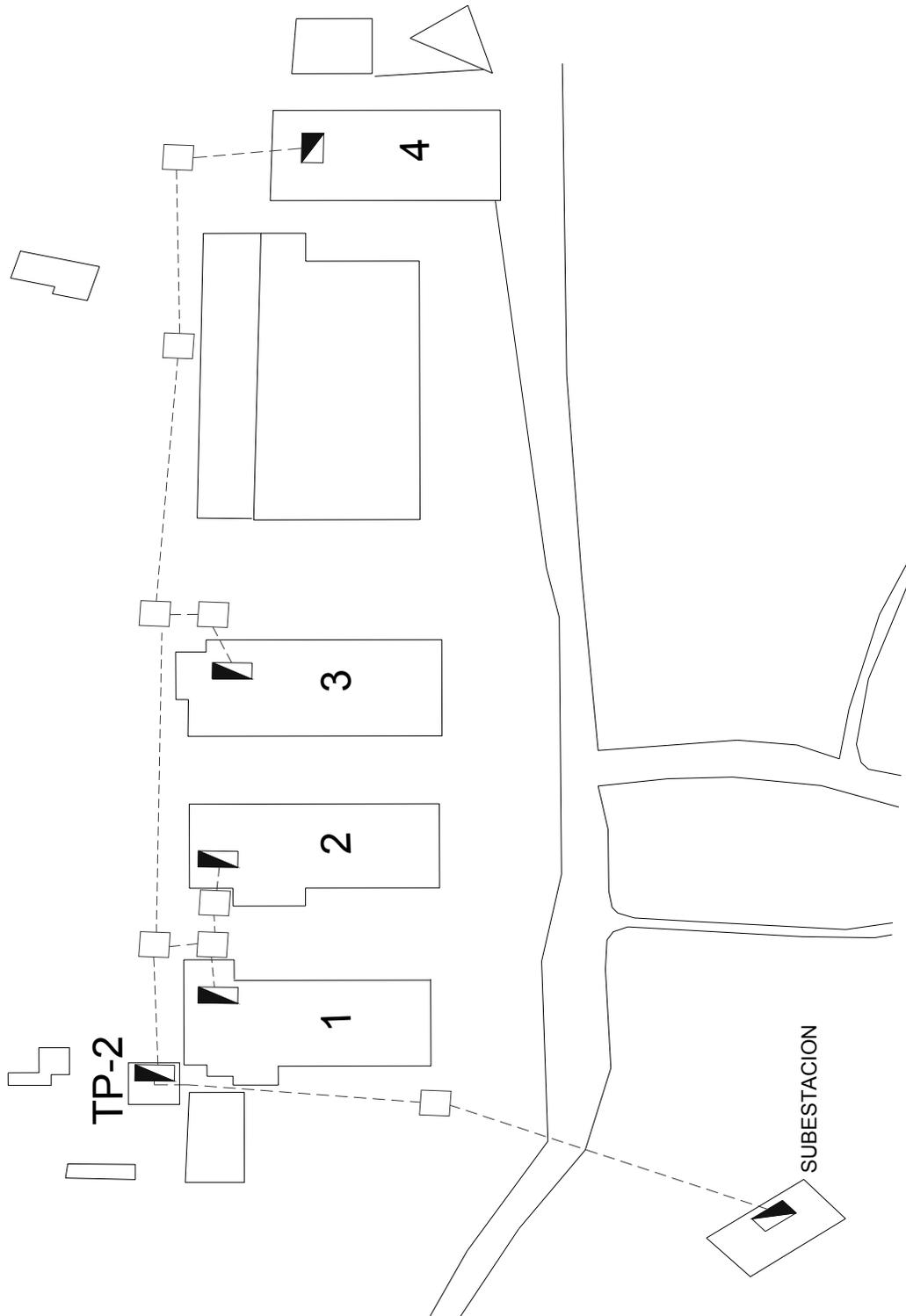


Figura 68. Plano de puestas a tierra actuales de las cabañas

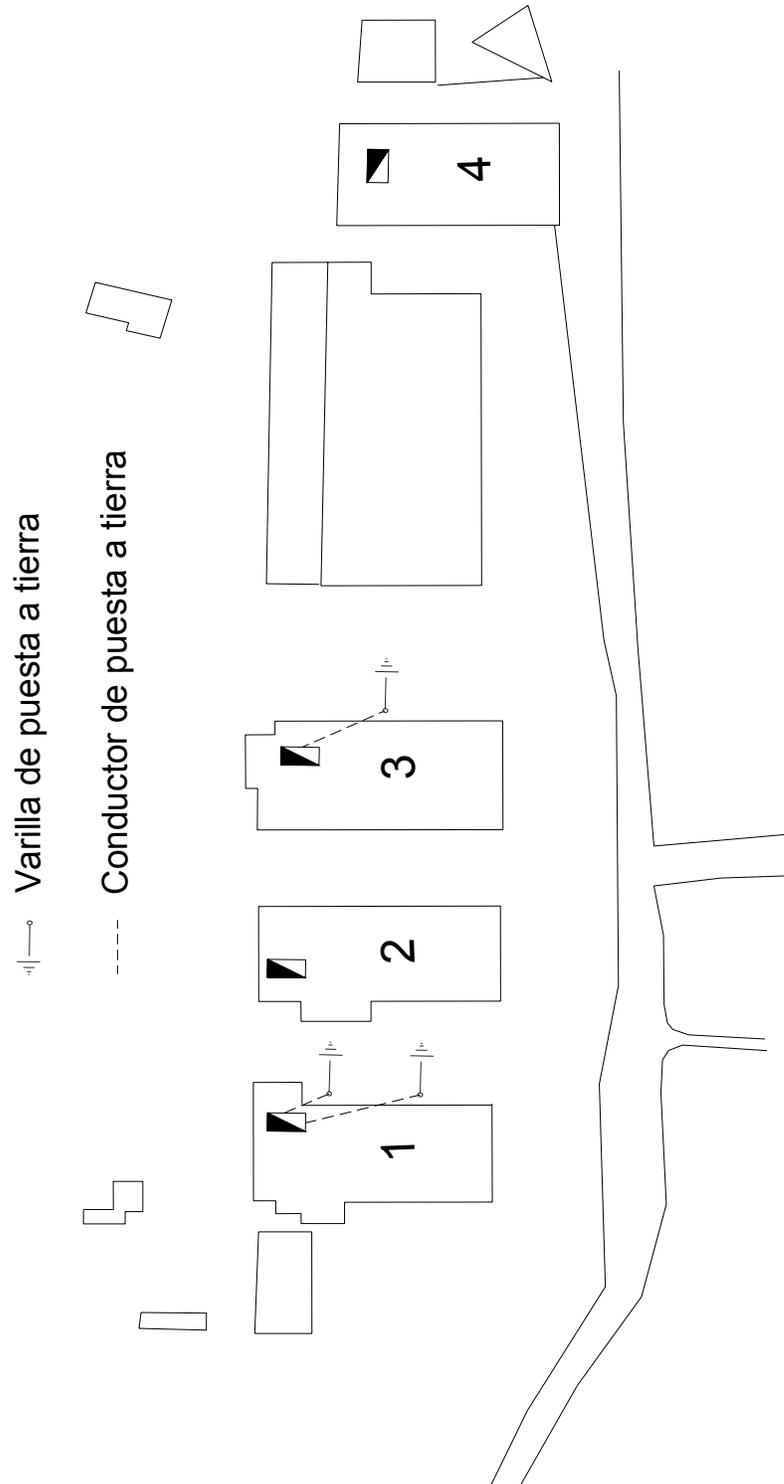


Figura 69. Plano de puestas a tierra actuales de los módulos

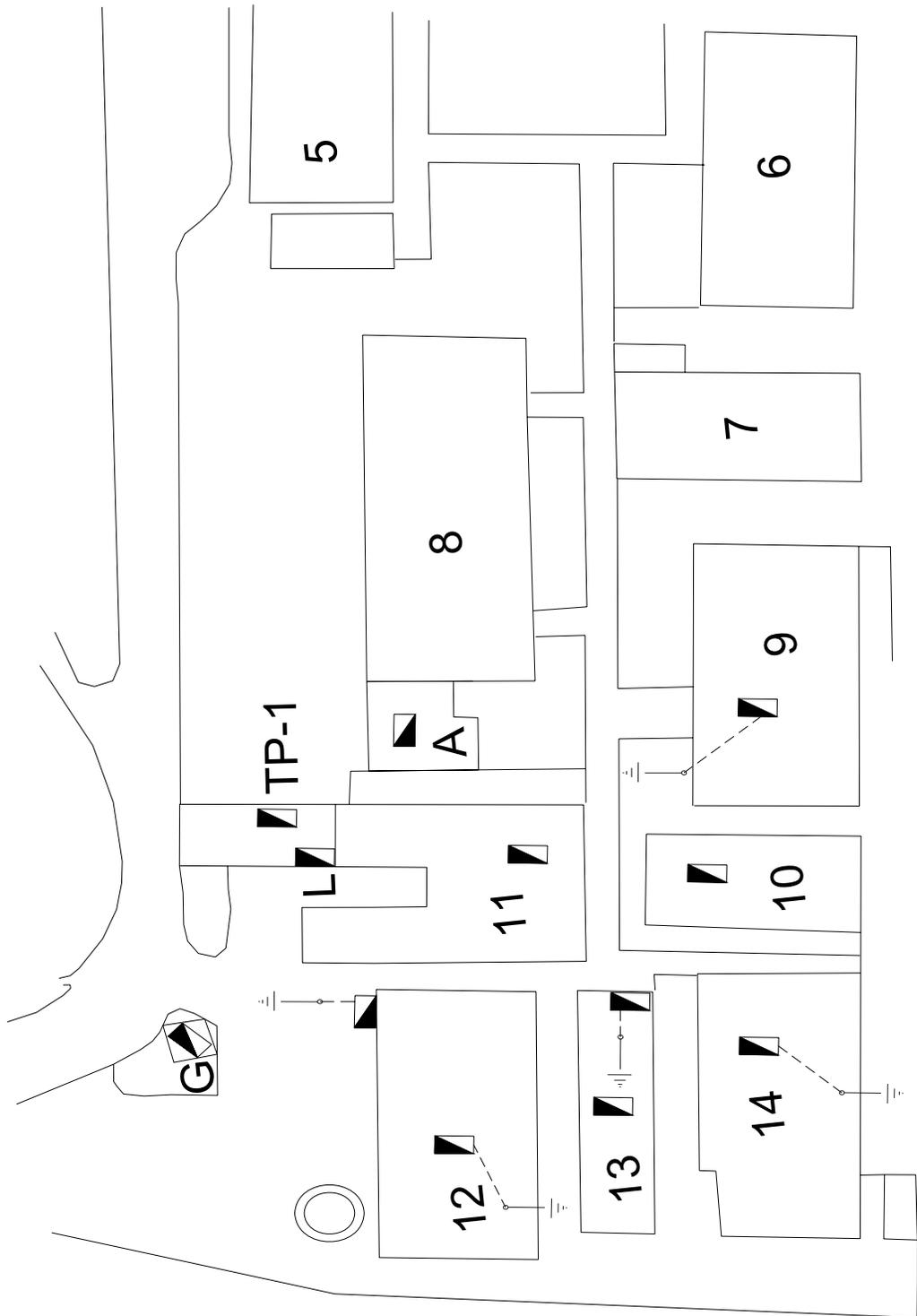


Figura 70. Plano de red de tierras nueva para las cabañas y subestación

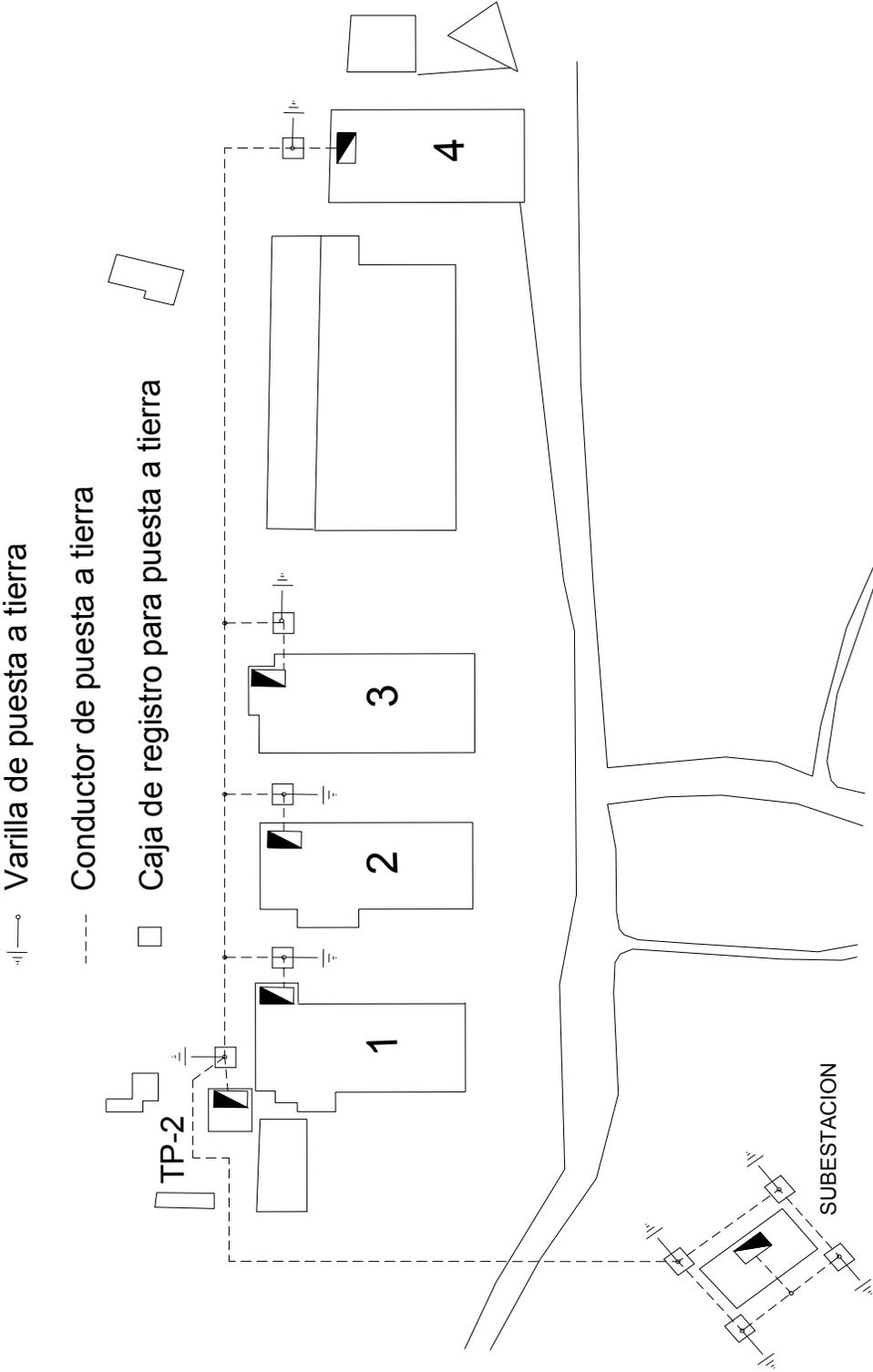
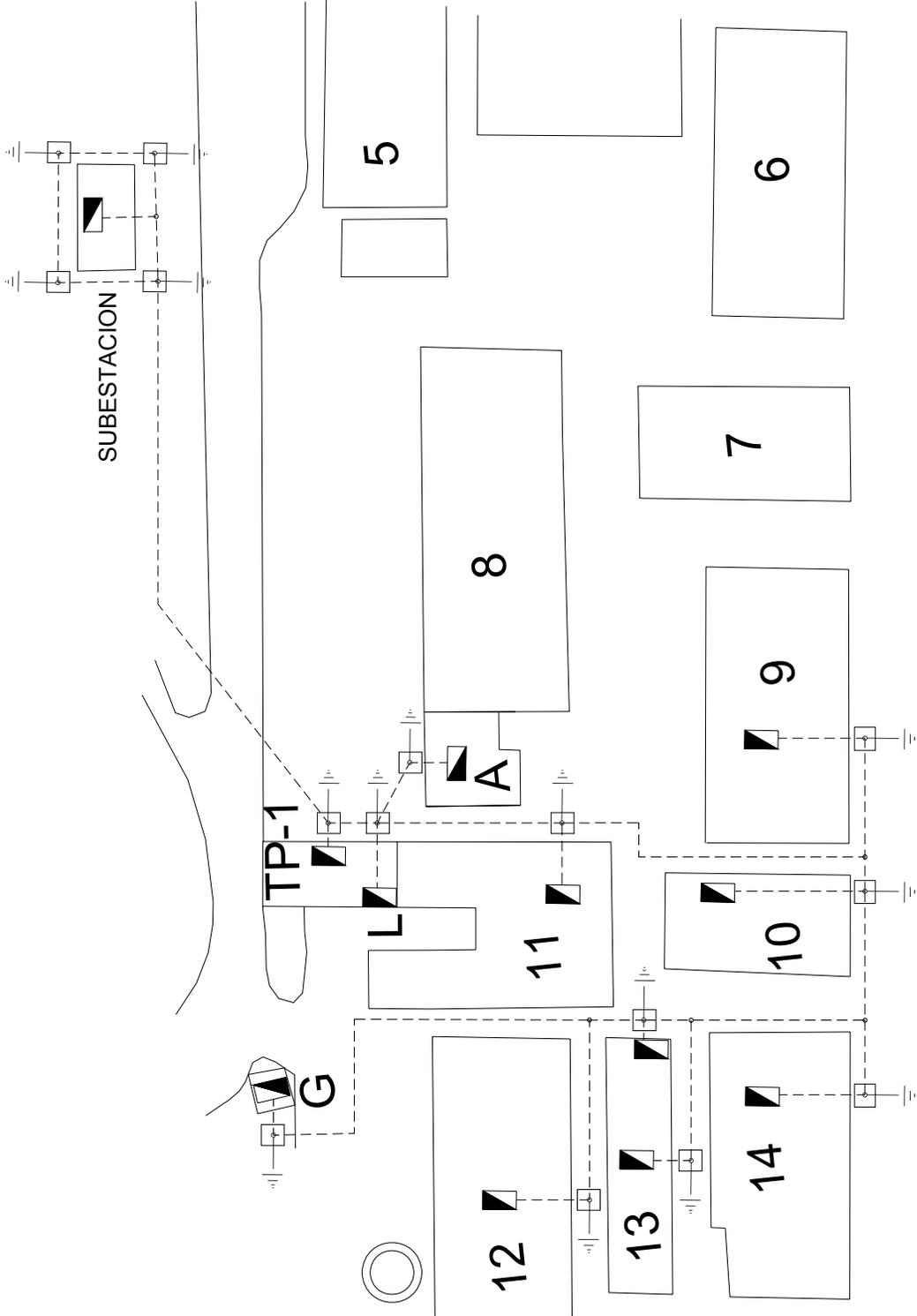


Figura 71. Plano de red de tierras nueva para los módulos y subestación



10.1.1. Planos unifilares de las acometidas y planillas de tableros

Figura 72. Plano situación actual de banco de transformadores No. 1

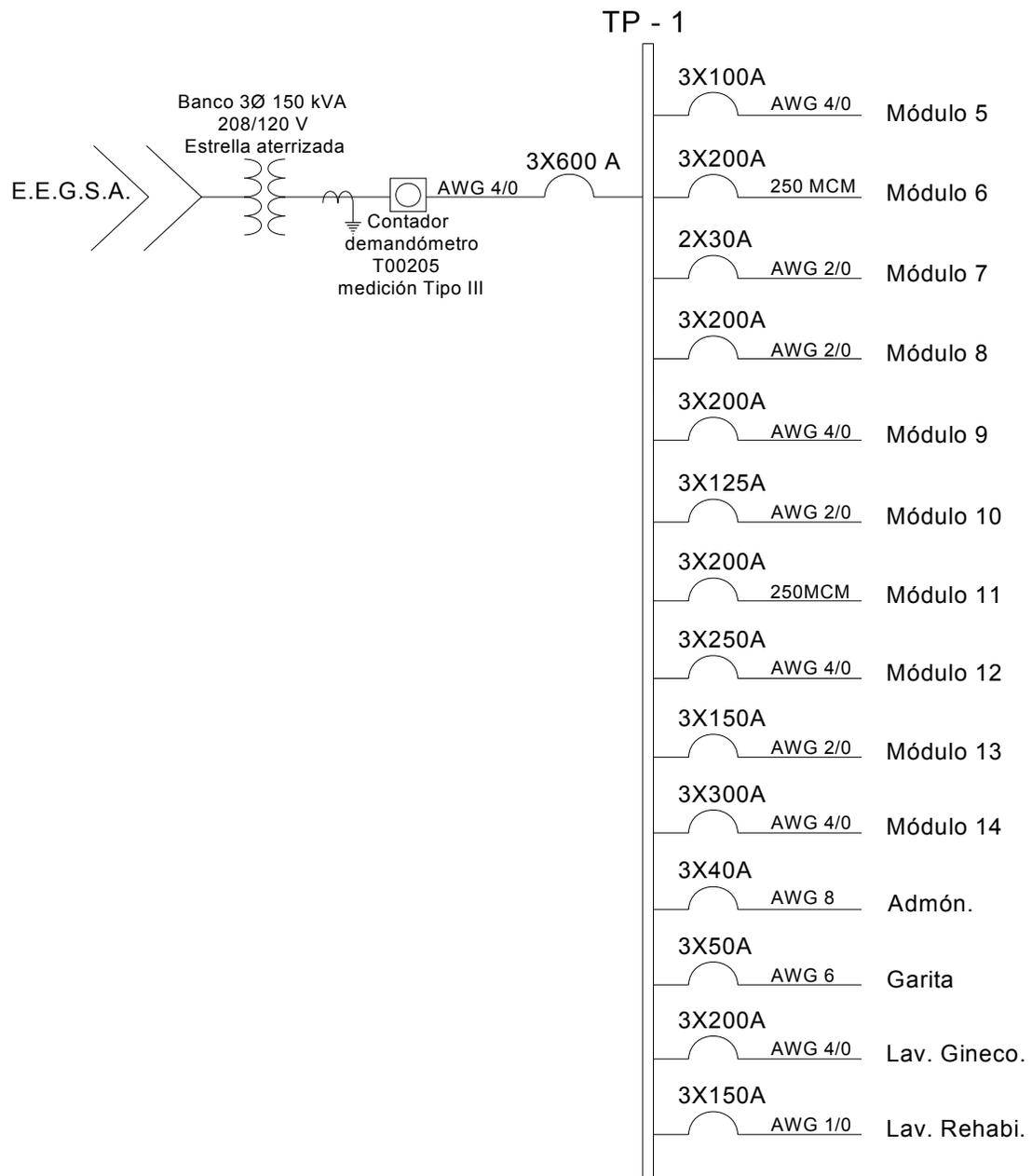


Figura 73. Plano situación actual de banco de transformadores No. 2

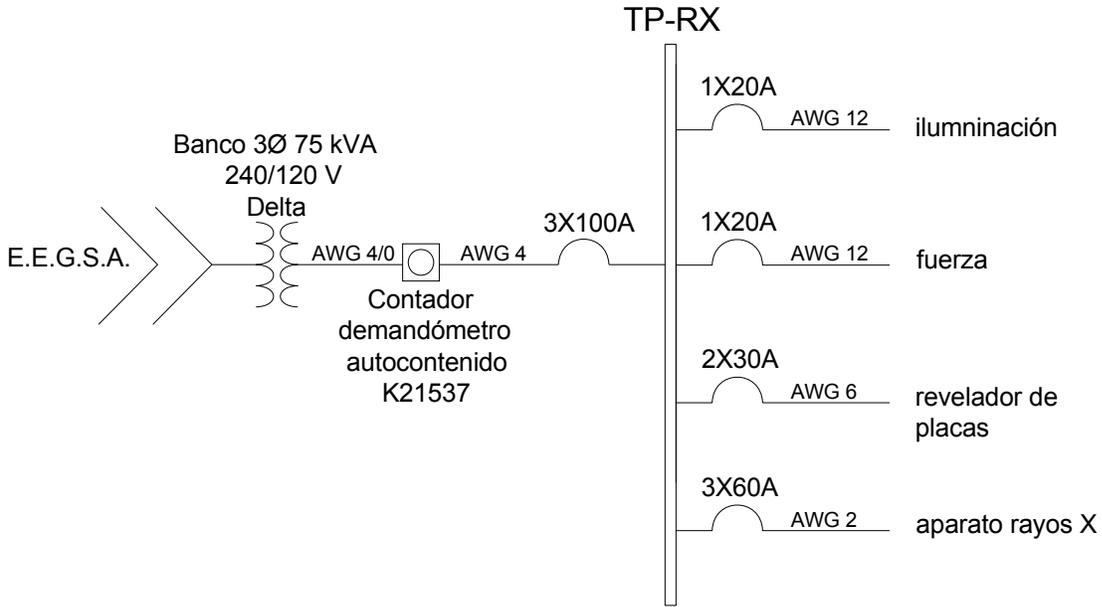


Figura 74. Plano situación actual de banco de transformadores No. 3

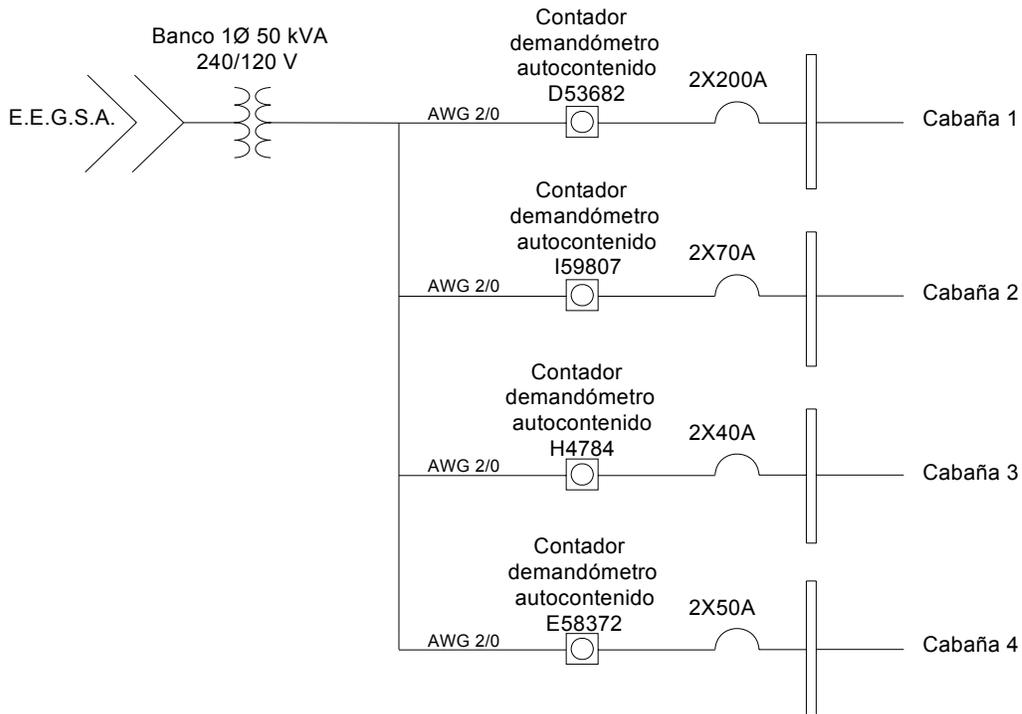


Figura 75. Plano de nuevo Tablero Principal TP-1

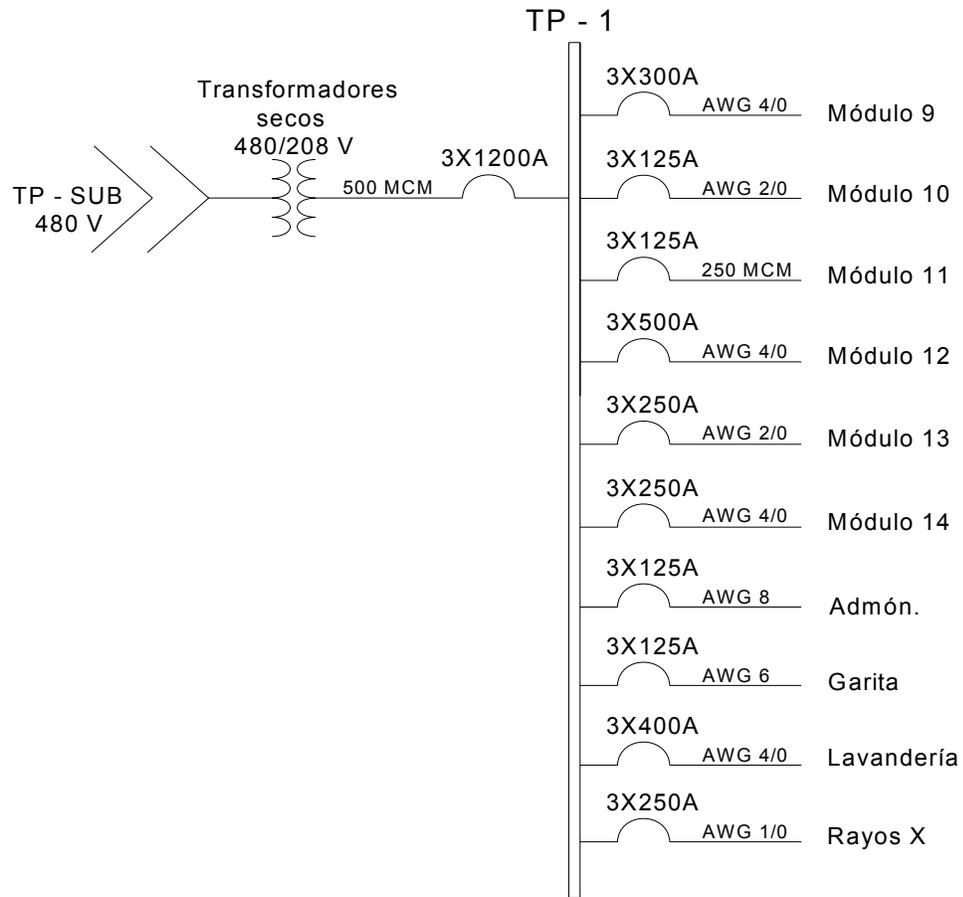


Figura 76. Plano de nuevo Tablero Principal TP-2

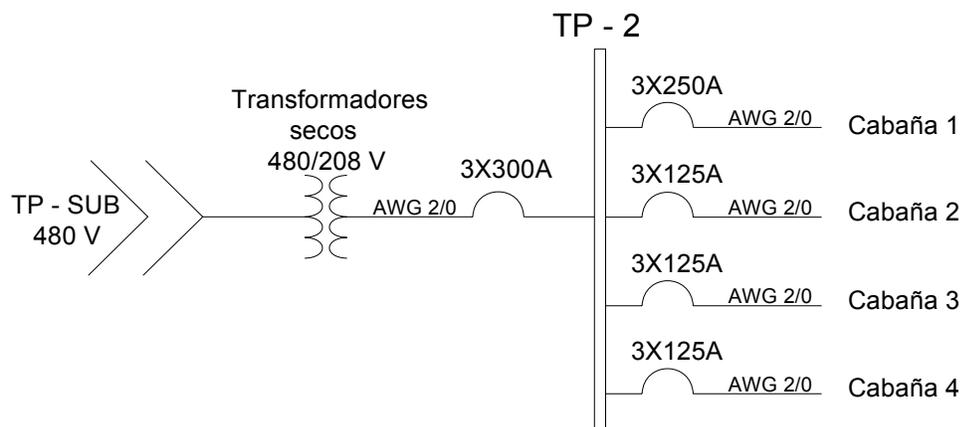
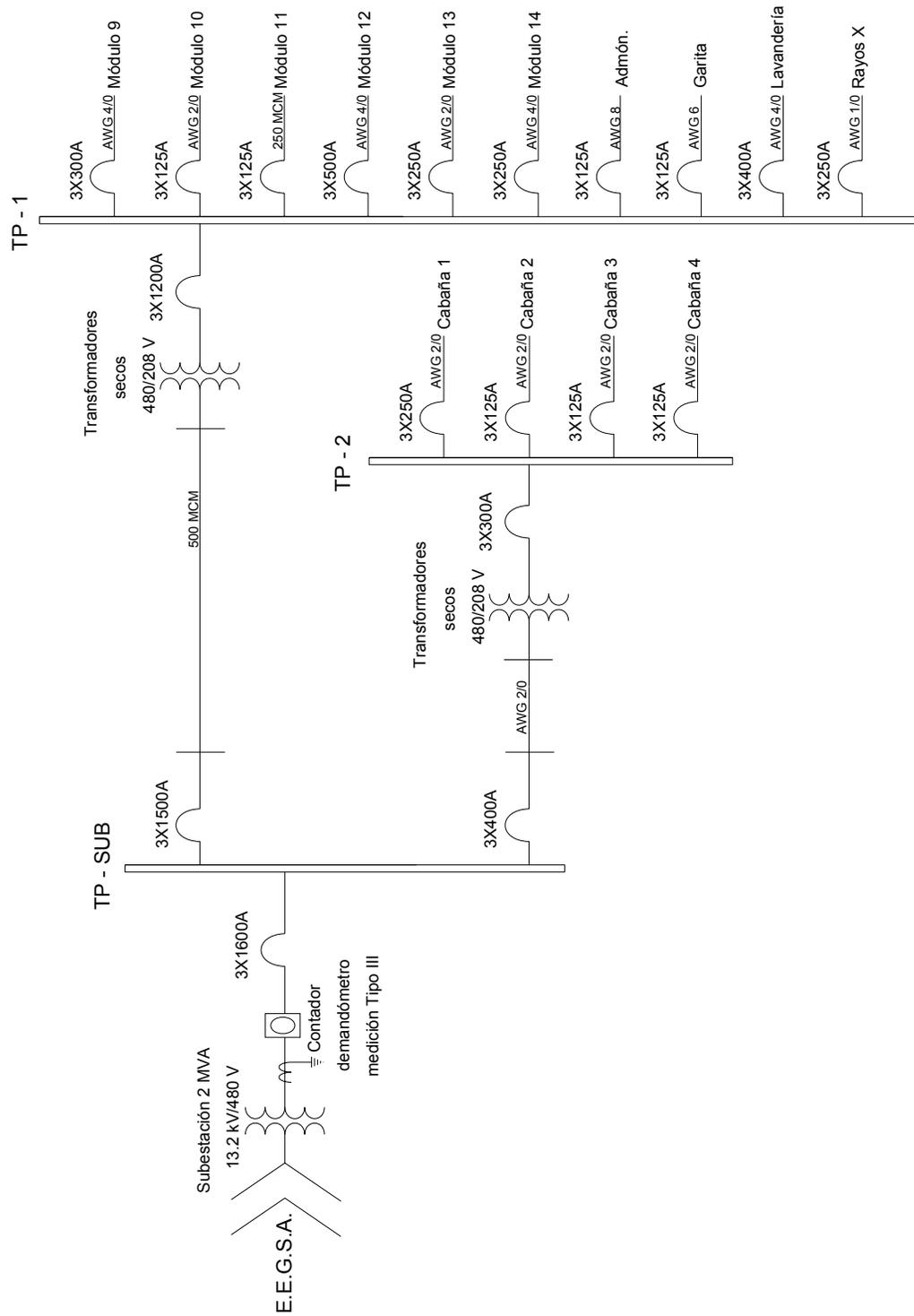


Figura 77. Plano de nueva distribución eléctrica general del hospital de Gineco-Obstetricia



10.2. Diagramas

10.2.1. Para especificaciones técnicas

Figura 78. Diagrama de radio de protección del pararrayos *Franklin* para la subestación

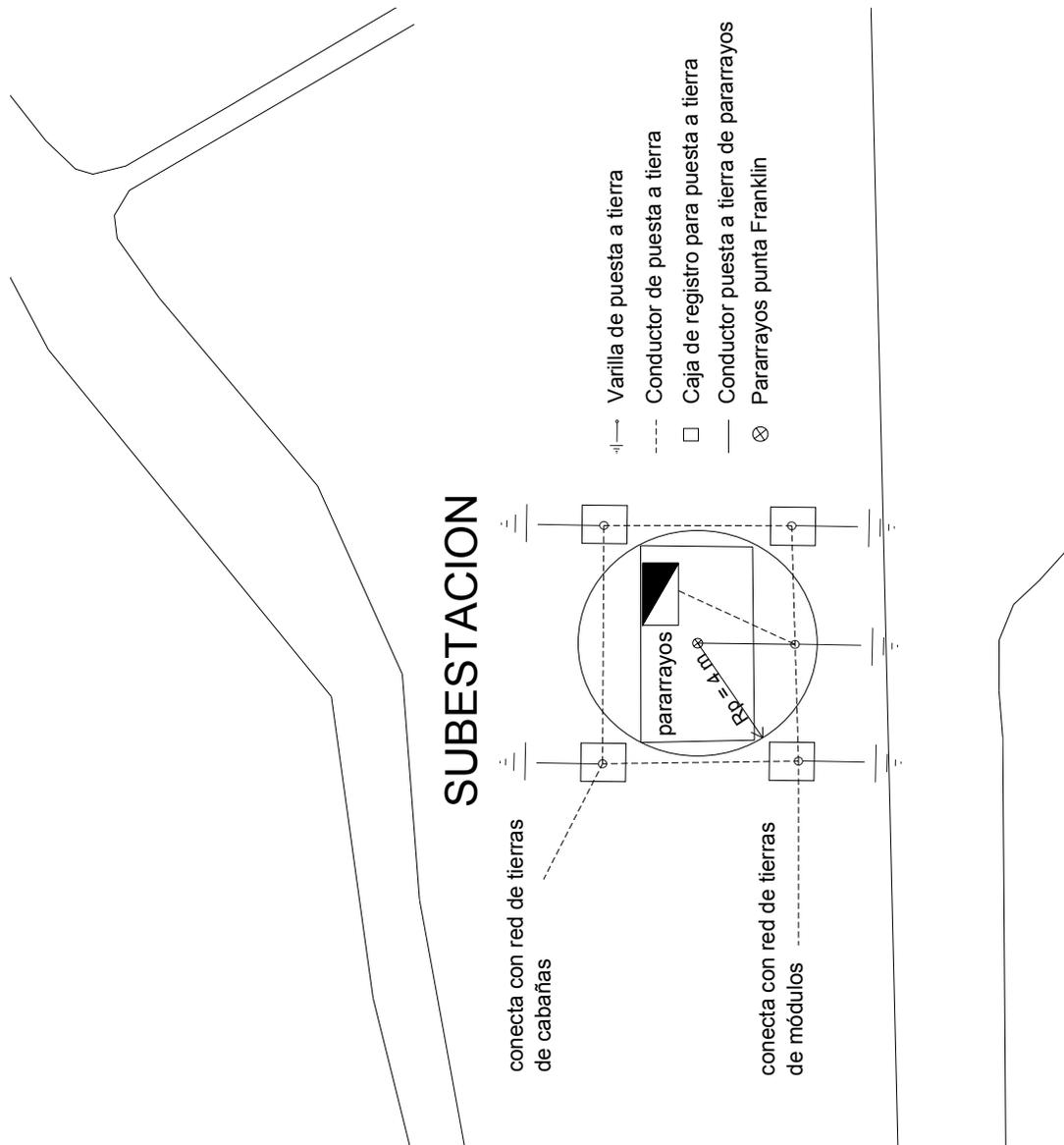


Figura 79. Diagrama de radio de protección del pararrayos *Pulsar* de *Helita* para las cabañas

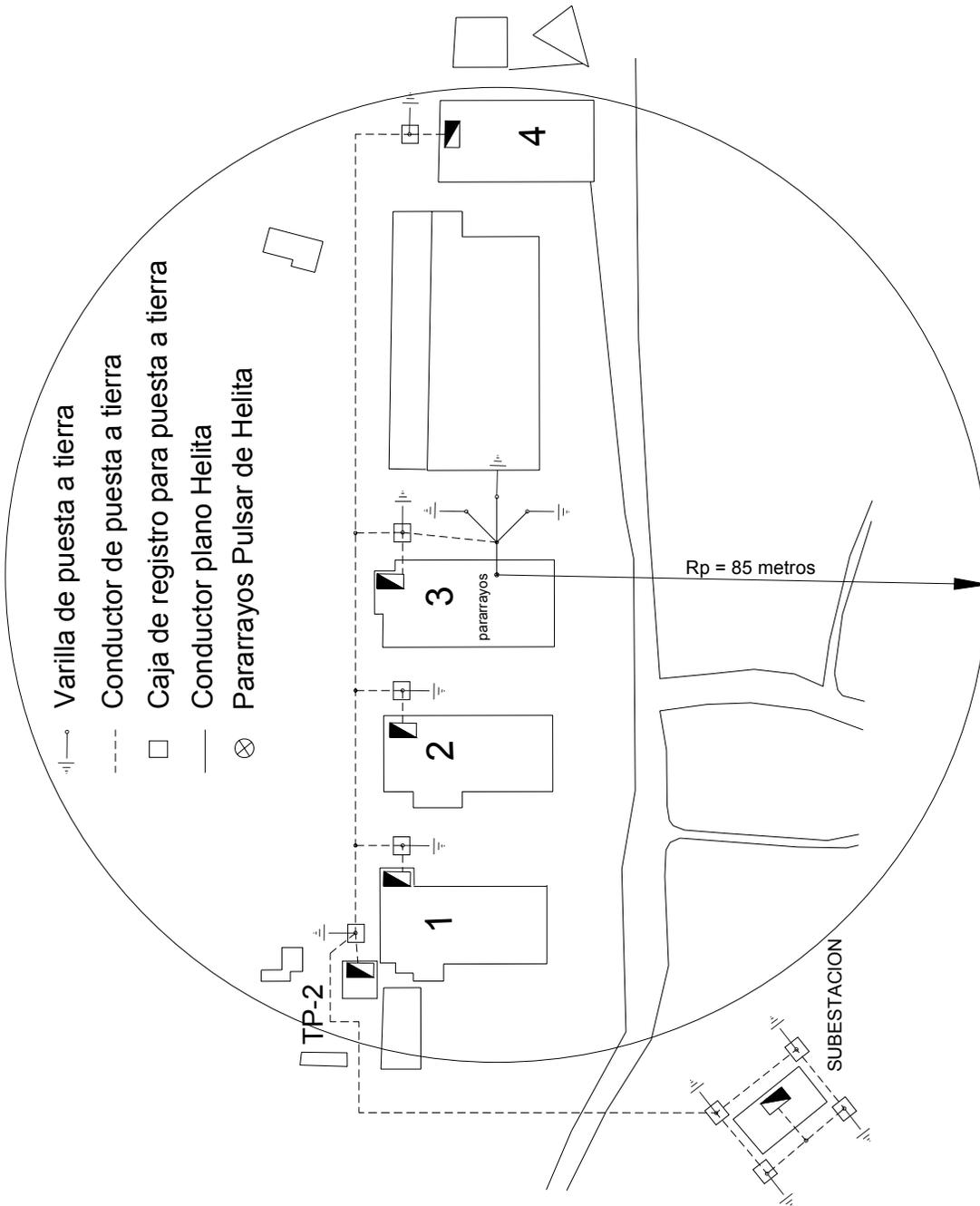
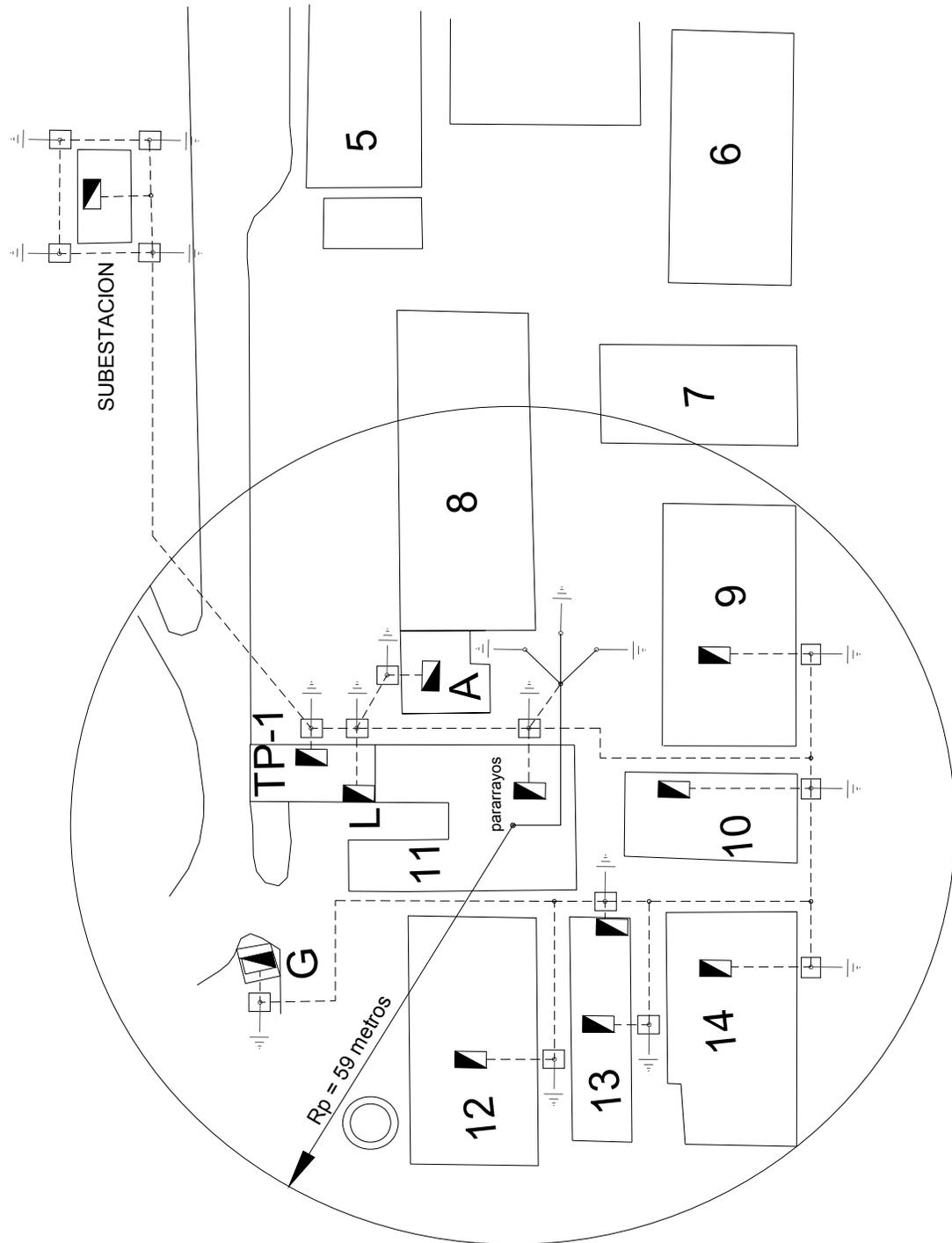


Figura 80. Diagrama de radio de protección del pararrayos *Pulsar* de *Helita* para los módulos



11. EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DEL HOSPITAL DE GINECO-OBSTETRICIA AL MERCADO MAYORISTA COMO GRAN USUARIO

En 1996, el Gobierno de la República de Guatemala puso en marcha el ordenamiento de la industria eléctrica del país, emitiendo la Ley General de Electricidad; en el artículo 44 de esta Ley se crea el Administrador del Mercado Mayorista (AMM), una entidad privada, sin fines de lucro, cuyas funciones son:

- La coordinación de la operación de centrales generadoras, interconexiones internacionales y líneas de transporte al mínimo costo para el conjunto de operaciones del Mercado Mayorista, en un marco de libre contratación de energía eléctrica entre agentes del Mercado Mayorista.
- Establecer precios de mercado de corto plazo para las transferencias de potencia y energía entre generadores, comercializadores, distribuidores, importadores y exportadores; específicamente cuando no correspondan a contratos libremente pactados.
- Garantizar la seguridad y el abastecimiento de energía eléctrica en el país.

11.1. Requisitos para la incorporación al Mercado Mayorista

El instructivo que determina los requisitos, derechos y obligaciones para participar en el Mercado Mayorista y verificación del cumplimiento de requisitos para la participación en la operación y las transacciones, establece que un “Gran Usuario” es aquel que tenga una demanda máxima de al menos 100 kW y determina que para participar en el Mercado Mayorista, los Grandes Usuarios deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Presentar ante el AMM cuando se realicen transacciones en el mercado a término, de conformidad con la Norma de Coordinación Comercial No. 13, la siguiente información:
 - i) Una solicitud indicando que se desea incorporar al mercado a término, un contrato o modificación a un contrato vigente.
 - ii) Declaración Jurada con el resumen de las condiciones contractuales más importantes, tales como: tipo de contrato, precio, plazo, punto de entrega, fórmulas de ajuste, penalizaciones, acuerdos de programas de mantenimiento, acuerdos sobre el pago de peajes y cualquier otra información que las partes consideren conveniente con el objetivo de facilitar la administración del contrato al AMM, de conformidad con la NCC-13.

- iii) Presentar la planilla correspondiente firmada por la parte compradora y vendedora.
- 2) Presentar la información correspondiente a la Norma de Coordinación Operativa No. 1 (NCO-1), Base de Datos, Norma de Coordinación Comercial No. 1 (NCC-1), Coordinación del Despacho de Carga, que le permitan al AMM incluir su operación en los modelos de programación y análisis de sistemas eléctricos de potencia, debiendo incluir la información correspondiente a la programación de largo plazo, programación semanal y despacho diario.
 - 3) Presentar certificación de inscripción en el Registro del Ministerio de Energía y Minas, haciendo constar en la misma el requisito señalado en el artículo 5 del Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, de que tienen una demanda de potencia, entendida como Demanda Máxima, que exceda 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro, en cada punto de medición.
 - 4) Contar con la habilitación por parte del AMM de los equipos de medición, de conformidad con lo establecido en la NCC14, Sistema de Medición Comercial.
 - 5) La información anterior debe ser presentada al AMM a más tardar dos días hábiles antes de la presentación de la información para la programación semanal, si se trata de contratos nuevos o los ya administrados por el AMM si presentan algún cambio en las condiciones del mismo

- 6) Presentar cada año al AMM a partir de la fecha de inicio de operaciones en el Mercado Mayorista, una Declaración Jurada de que su demanda excede 100 kW o el límite inferior fijado por el Ministerio en el futuro.

11.2. Factibilidad de incorporar el hospital de Gineco-Obstetricia al Mercado Mayorista

Actualmente, el hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS tiene una demanda máxima de aproximadamente 14.04 kW en su primer banco de transformadores, en el segundo banco de transformadores tiene una demanda máxima de 5.63 kW y en el tercero una de 26.03 kW, dando un total de 45.70 kW, no cumpliendo así con el requisito de tener una demanda máxima de al menos 100 kW para poderse considerar un Gran Usuario y participar en el Mercado Mayorista.

Entonces, podemos afirmar que no es posible en este momento que el hospital de Gineco-Obstetricia del IGSS se incorpore como miembro del Mercado Mayorista.

CONCLUSIONES

1. Según se pudo observar las modificaciones que se le han hecho al sistema eléctrico y sus instalaciones no están basadas en un estudio previo de ingeniería, dando como resultado la ineficiente operación del mismo.
2. El rediseño de la instalación eléctrica del hospital demuestra que, la mayoría de los elementos que la conforman deben ser modificados para dar continuidad al servicio eléctrico, garantizar la prolongación de la vida útil de la instalación, y también para poder brindar seguridad y protección al personal y a todos los equipos y cargas conectadas al sistema.
3. El montaje de una subestación eléctrica tipo unitaria proveerá una fuente de suministro de energía constante, eficiente, segura, y además con capacidad suficiente para hacerle frente al crecimiento de los tres hospitales.
4. El estudio sobre la calidad de energía eléctrica arrojó resultados verídicos a pesar que existe cierto desbalance de cargas en los bancos de transformadores actuales, la distorsión armónica no viola el límite de tolerancia establecido por las Normas Técnicas del Servicio de Distribución (NTSD).

5. El costo financiero que se tendrá al efectuar todas las remodelaciones al sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia, debe ser tomado por las autoridades correspondientes como una inversión a largo plazo, debido a que si no se realizaran dichas remodelaciones basado en un estudio de ingeniería previo como el presente, se incurrirá en un funcionamiento ineficiente y más adelante en el colapso total de las instalaciones eléctricas del hospital.

6. Actualmente, la demanda de potencia máxima del hospital de Gineco-Obstetricia no cumple con el valor establecido como requisito del AMM, para poder formar parte del Mercado Mayorista como Gran Usuario.

RECOMENDACIONES

1. Implementar la remodelación del sistema eléctrico propuesta, dando prioridad al dimensionamiento de los conductores, canalización y protecciones, debido a que una falla en estos elementos puede provocar accidentes lamentables y daños irreparables en los equipos conectados a él.
2. Llevar a cabo el rediseño de los sistemas de puesta a tierra y de pararrayos, verificando la resistencia a tierra de las instalaciones por lo menos dos veces por año, con el fin de que los equipos de protección operen adecuadamente.
3. Montar la subestación tipo unitaria para sustituir todos los bancos de transformadores con que cuenta el complejo de hospitales del IGSS de Pamplona y evitar la proliferación de los mismos, contando con un flujo suficiente y constante de energía eléctrica.
4. Periódicamente darle un mantenimiento preventivo a las instalaciones eléctricas del hospital ayudando a su eficiente funcionamiento.

5. Cada vez que sea necesario establecer un balance entre las diferentes cargas conectadas a cada tablero y en general a todo el sistema eléctrico del hospital de Gineco-Obstetricia para así contar con una calidad de energía óptima en sus instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Calderón Salazar, Oscar Renato. **Subestaciones unitarias**. Tesis ingeniero electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1997. 77 pp.
2. Enríquez Harper, Gilberto. **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales**. 2ª ed. México: Limusa/Noriega Editores.
3. *Fink, Donald*. **Manual del ingeniero electricista**. 2ª ed. McGraw-Hill.
4. González López, Francisco Javier. **Fundamentos teóricos sobre armónicas**. 1ª ed. Guatemala, 1999.
5. Méndez Céliz, Luis Alfonso. **Guía para el diseño de instalaciones eléctricas**. Tesis ingeniero mecánico electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1992. 92pp.
6. Molina Castañeda, José Estuardo. **Criterios para selección, diseño, montaje y comparación de costos en pararrayos para edificaciones, aplicados en Guatemala**. Tesis ingeniero electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 2004.
7. **Normas para acometidas de servicio eléctrico**. 12ª ed. Guatemala: Empresa Eléctrica de Guatemala S.A., 1998. 117 pp.
8. Retolaza Méndez, Roberto Leonel. **Diseño de iluminación industrial utilizando ahorradores de energía**. Tesis de ingeniero electricista. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1997. 140 pp.

ANEXO A

Tabla A-1. Niveles mínimos de alumbrado según el plano de trabajo

Locales cerrados o vías públicas a iluminar	Luxes
Industria	
Montaje y trabajo de piezas muy pequeñas	1000
Montaje y trabajo de piezas pequeñas	500
Montaje y trabajo de piezas medianas	300
Montaje y trabajo de piezas grandes	200
Almacenes de piezas separadas y acabadas	200
Oficinas	
Lectura y escritura intermitentes	300
Lectura y escritura continuas	500
Contabilidad, dactilografía	500
Mecanografía	700
Salas de dibujo	500
Laboratorios	
Alumbrado general	300
En el plano de los tableros de dibujo	500
Archivos	100
Excusados, escaleras, vestuarios	100
Escuelas	
Salas de clase y de profesores	300
Sala de dibujo	500
Sala de gimnástica	200
Auditorio	300
Sala de conferencia	150
Sala de costura	700
Cocina	200
Sala de juegos	300
Enfermería	300
Sala de espera	200
Biblioteca, sala de lectura	300
Almacenes	
Almacén propiamente dicho	300
Escaparates	100-2000
Excusados, locales adjuntos	100
Casas particulares	
Salones	100
Comedores	120
Despachos	200
Cocinas	150
Vestíbulos, trasteros	50

Fuente: Tabla 250-122, **Código Eléctrico Nacional**. Pág. 70-121.

Tabla A-2. Cargas instaladas en el módulo de Administración

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	7	1244,44	1	1244,44
Iluminación incandescente	111,11	2	222,22	1	222,22
Equipo de cómputo	450,00	5	2250,00	0,9	2025,00
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Dispensador de agua	644,44	1	644,44	0,5	322,22
Marcador de tarjetas	88,89	2	177,78	0,6	106,67
Maquina de escribir eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Ventilador de Pie	77,78	3	233,33	0,5	116,67
Ventilador de techo	72,22	1	72,22	0,5	36,11
Fotocopiadora	1333,33	1	1333,33	0,2	266,67
OFICINA DE COMPRAS					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Equipo de computo	450,00	4	1800,00	0,9	1620,00
Fax	68,89	2	137,78	0,2	27,56
Servidor de <i>internet</i>	133,33	1	133,33	0,9	120,00
Marcador de tarjetas	88,89	1	88,89	0,6	53,33
Aire acondicionado 120 V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Fotocopiadora MINOLTA	1333,33	1	1333,33	0,2	266,67
Totales	7113,33		11932,22		7531,56

Tabla A-3. Cargas instaladas en la Garita de control

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Iluminación fluorescente 2x20	44,44	1	44,44	1	44,44
Reflectores 2x150	333,33	1	333,33	1	333,33
Totales	377,78		377,78		377,78

Tabla A-4. Cargas instaladas en el módulo de Lavandería y Mantenimiento

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	3	266,67	1	266,67
Iluminación fluorescente 2x96	213,33	3	640,00	1	640,00
Luz de emergencia	44,44	1	44,44	1	44,44
Compresor <i>Quincy</i>	4144,44	1	4144,44	0,4	1657,78
Bomba alimentación de bunker	828,89	2	1657,78	0,8	1326,22
Taladro de pedestal	1600,00	1	1600,00	0,4	640,00
Esmeril de 2 cabezas	828,89	1	828,89	0,4	331,56
Máquina soldadura eléctrica	13333,33	1	13333,33	0,4	5333,33
Bomba de agua	1733,33	1	1733,33	0,4	693,33
Tanque de condensados	6216,67	2	12433,33	0,8	9946,67
Tanque suavizante de agua	207,78	2	415,56	0,8	332,44
Caldera No. 1					
Motor 7.5 HP	6216,67	1	6216,67	0,8	4973,33
Calentador de aceite	5555,56	1	5555,56	0,8	4444,44
Circuito de control	933,33	1	933,33	0,8	746,67
Motor bomba de aceite	577,78	1	577,78	0,4	231,11
Caldera No. 2					
Motor 7.5 HP	6216,67	1	6216,67	0,8	4973,33
Calentador de aceite	5555,56	1	5555,56	0,8	4444,44
Circuito de control	933,33	1	933,33	0,8	746,67
Motor bomba de aceite	577,78	1	577,78	0,4	231,11
Oficina de mantenimiento					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Iluminación fluorescente 2x20	44,44	1	44,44	1	44,44
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Aire acondicionado 120V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Máquina de escribir eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Vestidores y baños					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
LAVANDERÍA					
Iluminación fluorescente 3x40	133,33	2	266,67	1	266,67
Ventilador industrial	828,89	1	828,89	0,8	663,11
Lavadora industrial	9244,44	1	9244,44	0,6	5546,67
Secadora industrial	6471,11	1	6471,11	0,6	3882,67
Totales	75228,89		83308,89		53955,00

Tabla A-5. Cargas instaladas en el módulo 9

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Camas 37 - 42					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 43 - 48					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 49 - 57					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Iluminación incandescente	111,11	12	1333,33	1	1333,33
Camas 58 - 63					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 64 - 69					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 70 - 73					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 74 - 79					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Camas 80 - 88					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Iluminación incandescente	111,11	12	1333,33	1	1333,33
Curaciones					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
A la par de curaciones					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Fuerza 120V	0,00	1	0,00	0,6	0,00
Clínica de ultrasonido					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Ventiladores de pie	77,78	2	155,56	0,5	77,78
Videogradora VHS	27,78	1	27,78	0,8	22,22
Aparato para ultrasonido G&E	283,33	1	283,33	0,6	170,00
Aparato de ultrasonido <i>Toshiba</i>	283,33	1	283,33	0,6	170,00
Monitor trazos de ultrasonido	213,33	1	213,33	0,6	128,00
Pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	7	1244,44	1	1244,44

Luz de emergencia TOZIA	44,44	2	88,89	1	88,89
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Baños pacientes					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Calentador de agua <i>Lorenzetti</i>	4000,00	3	12000,00	0,3	3600,00
Guardería de bebés					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Calentador ambiental 120V	1666,67	1	1666,67	0,8	1333,33
SALA "D"					
Cubículo 1					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Cubículo 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Cubículo 3					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Cubículo 4					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Quirófano					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Lámpara para quirófano	222,22	1	222,22	1	222,22
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Aspirador de secreciones	426,67	1	426,67	0,6	256,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Clínica					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Succionador de flemas	333,33	2	666,67	0,6	400,00
Aspirador de secreciones	426,67	1	426,67	0,6	256,00
Aparato <i>Doppler</i> para bebés	77,78	1	77,78	0,6	46,67
Bomba de infusión 120V	33,33	2	66,67	0,6	40,00
Negatoscopio 3x20	66,67	1	66,67	0,4	26,67
Pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Luz de emergencia TOZIA	44,44	1	44,44	1	44,44
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89

Purificador de agua	111,11	1	111,11	0,5	55,56
Baños pacientes					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Vestidores y bodega					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Totales	17350,00		38816,67		27403,33

Tabla A-6. Cargas instaladas en el módulo 10

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Módulo 1					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Módulo 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Módulo 3					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Módulo 4					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Módulo 5					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Unidosis					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Iluminación incandescente	111,11	1	111,11	1	111,11
Equipo de cómputo	822,22	2	1644,44	0,9	1480,00
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Máquina de escribir eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Admisión y pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	7	1244,44	1	1244,44
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	1	44,44	1	44,44
Luz de emergencia TOZIA	44,44	1	44,44	1	44,44
Baño y bodega					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	2	44,44	1	44,44
Totales	2425,56		5581,11		5355,78

Tabla A-7. Cargas instaladas en el módulo 11

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
INFORMACIÓN					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Planta telefónica <i>SIEMENS</i>	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Ventilador de Pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
COMEDOR					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Oficina					
Cafetera	1111,11	1	1111,11	0,3	333,33
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Baños (exteriores)					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
ROPERÍA					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Máquina de cocer	414,44	1	414,44	0,8	331,56
Máquina de cocer	444,44	2	888,89	0,8	711,11
COCINA					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	16	2844,44	1	2844,44
Lavadora de bandejas	1244,44	1	1244,44	0,8	995,56
Refrigeradora grande	2000,00	1	2000,00	0,4	800,00
Batidora de pedestal	1657,78	1	1657,78	0,8	1326,22
Máquina para hacer hielo	1173,33	1	1173,33	0,4	469,33
Oficina					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Máquina de escribir eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Bodega cocina					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Iluminación incandescente	111,11	2	222,22	1	222,22
Congelador normal	416,67	5	2083,35	0,4	833,34
Congelador grande	2000,00	2	4000,00	0,4	1600,00
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Pasillos (alimentación de cocina)					
Circuito 1					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	5	444,44	1	444,44
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	5	222,22	1	222,22
Circuito 2					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	2	88,89	1	88,89
SALA DE ESPERA					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	4	355,56	1	355,56

Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Baños					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	4	88,89	1	88,89
Caseta					
Iluminación incandescente	111,11	1	111,11	1	111,11
Totales	13215,56		23237,79		15866,78

Tabla A-8. Cargas instaladas en el módulo 12

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
NEONATOS					
Sala A					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Módulo térmico para bebés	644,44	8	5155,56	0,8	4124,44
Bomba de infusión	33,33	8	266,67	0,6	160,00
Ventiladores infantiles	24,44	8	195,56	0,8	156,44
Monitor de signos vitales	127,78	8	1022,22	0,8	817,78
Lámparas de fototerapia	200,00	8	1600,00	1	1600,00
Perfusores	10,00	8	80,00	0,6	48,00
Negatoscopio 3x20	66,67	1	66,67	1	66,67
Secador de manos	2066,67	1	2066,67	0,4	826,67
Sala B					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Módulo térmico para bebés	644,44	8	5155,56	0,8	4124,44
Bomba de infusión	33,33	8	266,67	0,6	160,00
Ventiladores infantiles	24,44	8	195,56	0,8	156,44
Monitor de signos vitales	127,78	8	1022,22	0,8	817,78
Lámparas de fototerapia	200,00	8	1600,00	1	1600,00
Secador de manos	2066,67	1	2066,67	0,4	826,67
Sala C					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Lámpara cuello de ganso	111,11	4	444,44	1	444,44
Bomba de infusión	33,33	1	33,33	0,6	20,00
Lámparas de fototerapia	200,00	1	200,00	1	200,00
Secador de manos	2066,67	1	2066,67	0,4	826,67
Calentador ambiental	1666,67	2	3333,33	0,8	2666,67
Sala F					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Monitor de signos vitales	127,78	1	127,78	0,8	102,22
Bomba de infusión	33,33	1	33,33	0,6	20,00
Incubadora para bebés	266,67	1	266,67	0,8	213,33

Secador de manos	2066,67	1	2066,67	0,4	826,67
Alto Riesgo					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Monitor de signos vitales	127,78	7	894,44	0,8	715,56
Bomba de infusión	33,33	3	100,00	0,6	60,00
Incubadora para bebés	266,67	7	1866,67	0,8	1493,33
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Dormitorio de médicos					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
Calentador ambiental	1666,67	1	1666,67	0,8	1333,33
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Horno microondas	1333,33	1	1333,33	0,3	400,00
Retroproyector	138,89	1	138,89	0,2	27,78
Aire acondicionado 120 V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Baños 1					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	2	44,44	1	44,44
Bodega					
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	2	44,44	1	44,44
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	1	44,44	1	44,44
Baños 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Terapia respiratoria					0,00
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Unidosis					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Refrigerador pequeño	222,22	1	222,22	0,4	88,89
Campana 120V; 5A	666,67	1	666,67	0,6	400,00
Programa Psicología					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Fuerza 120V	0,00	4	0,00	0,6	0,00
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Videogradora VHS	27,78	1	27,78	0,8	22,22
Lactario					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Calentador ambiental	1666,67	1	1666,67	0,8	1333,33
Oficina					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Pasillos					

Iluminación fluorescente 4x40	177,78	6	1066,67	1	1066,67
Aparato de Rayos X portátil	5555,56	1	5555,56	0,6	3333,33
ENCAMAMIENTO NEONATOS					
Sala 1					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Sala 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Sala 3					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Sala 4					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Sala 5					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Sala 6					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Baño					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Bodega					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Iluminación incandescente	111,11	2	222,22	1	222,22
Curaciones					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Lámpara cuello de ganso	111,11	2	222,22	1	222,22
Ventilador 120V; 12.9A	1720,00	1	1720,00	0,5	860,00
Pasillos y recepción					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Luz de emergencia TOZIA	44,44	1	44,44	1	44,44
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
DIRECCIÓN EJECUTIVA					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	12	2133,33	1	2133,33
Equipo de computo	450,00	7	3150,00	0,9	2835,00
Fax	68,89	2	137,78	0,2	27,56
Marcador de tarjetas	88,89	2	177,78	0,6	106,67
Máquina de escribir Eléctrica	36,67	2	73,33	0,4	29,33
Ventilador de Pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Intercomunicador de voz	88,89	1	88,89	0,6	53,33
Aire acondicionado 208 V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Chapa eléctrica	88,89	1	88,89	0,6	53,33

Fotocopiadora	1333,33	1	1333,33	0,2	266,67
Pasillos (alimentación del M12)					
Circuito 1					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	6	533,33	1	533,33
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	5	222,22	1	222,22
Circuito 2					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	3	266,67	1	266,67
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	3	133,33	1	133,33
Circuito 3					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	3	266,67	1	266,67
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	3	133,33	1	133,33
Totales	39297,78		72537,78		53912,67

Tabla A-9. Cargas instaladas en el módulo 13

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
BANCO DE SANGRE					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	4	355,56	1	355,56
Maquina de escribir Eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Equipo de cómputo	450,00	5	2250,00	0,9	2025,00
Ventilador de pie	77,78	5	388,89	0,5	194,44
Aparato contador Hematológico	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Impresora normal	80,00	2	160,00	0,2	32,00
Sellador de bolsas de sangre	277,78	1	277,78	0,6	166,67
Refrigeradora de bolsas de sangre	2000,00	1	2000,00	0,4	800,00
Centrifugadora de tubos	213,33	3	640,00	0,6	384,00
Centrifugadora lavadora de células	533,33	1	533,33	0,6	320,00
Centrifugadora de tarjetas	400,00	2	800,00	0,6	480,00
Incubadoras de tarjetas	133,33	2	266,67	0,6	160,00
Mezcladora muestras de sangre	5,56	1	5,56	0,6	3,33
Refrigeradora bolsas de sangre	2000,00	1	2000,00	0,4	800,00
Refrigeradora normal	416,67	1	416,67	0,4	166,67
Congelador de plasmas 208V	1700,00	1	1700,00	0,4	680,00
Horno secador para cristalería	1111,11	1	1111,11	0,6	666,67
Cámara refrigeradora	1186,67	1	1186,67	0,4	474,67
Refrigeradora bolsas de sangre	722,22	1	722,22	0,4	288,89
Lector de código de barras	66,67	1	66,67	0,6	40,00
Impresoras térmicas de etiquetas	4,17	2	8,33	0,6	5,00
Máquinas para prueba Elisa	888,89	2	1777,78	0,6	1066,67
Rotador de plaquetas	133,33	2	266,67	0,6	160,00
Incubadoras de placas Elisa	200,00	1	200,00	0,6	120,00

Lavadora de placas Elisa	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Lector de placas Elisa	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Descongelador de plasma	1413,33	1	1413,33	0,4	565,33
Sellador de bolsas de sangre	277,78	1	277,78	0,6	166,67
Interconector bolsas de sangre	277,78	1	277,78	0,6	166,67
Marcador de tarjetas	88,89	1	88,89	0,6	53,33
EMERGENCIA					
Clínica 1					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Incubadoras para bebés	200,00	1	200,00	0,8	160,00
Negatoscopio 3x20	66,67	1	66,67	0,4	26,67
Clínica 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Incubadoras para bebés	200,00	1	200,00	0,8	160,00
Negatoscopio 3x20	66,67	1	66,67	0,4	26,67
Clínica 3					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Incubadoras para bebés	200,00	1	200,00	0,8	160,00
Negatoscopio 3x20	66,67	1	66,67	0,4	26,67
Clínica 4					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Lámpara cuello de ganso	111,11	1	111,11	1	111,11
Aparato <i>Doppler</i> para bebés	77,78	1	77,78	0,6	46,67
Sala de emergencia					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Bodega y cuarto de médicos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación incandescente	111,11	1	111,11	1	111,11
Admisión					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Marcador de tarjetas	88,89	1	88,89	0,6	53,33
Baños					
Iluminación incandescente	111,11	3	333,33	1	333,33
Pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
CENTRAL DE EQUIPOS					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	8	1422,22	1	1422,22
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Ventilador de pie	77,78	4	311,11	0,5	155,56

Sierra de mesa	944,44	1	944,44	0,6	566,67
Sellador de bolsas	1023,33	1	1023,33	0,6	614,00
Compresor de aire Médico	5555,56	1	5555,56	0,6	3333,33
Compresor de aire Médico	5555,56	2	11111,11	0,6	6666,67
Motor 1/2HP; 120V	414,44	1	414,44	0,6	248,67
Autoclave 208V	6666,67	2	13333,34	0,6	8000,00
Totales	41755,28		62788,34		38821,12

Tabla A-10. Cargas instaladas en el módulo 14

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Recuperación					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	9	1600,00	1	1600,00
Monitor de signos vitales	46,67	5	233,33	0,8	186,67
Monitor de signos vitales	127,78	3	383,33	0,8	306,67
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Lámpara cuello de ganso	111,11	5	555,56	1	555,56
Pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	10	1777,78	1	1777,78
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	1	44,44	1	44,44
Quirófano 1					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Quirófano 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Quirófano 3					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33

Quirófano 4					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Quirófano 5					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Quirófano 6 (con video)					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Lámpara para quirófano	555,56	1	555,56	1	555,56
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Módulo térmico para bebés	644,44	1	644,44	0,8	515,56
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Electrocauterio	222,22	1	222,22	0,6	133,33
Televisor 14"	55,56	1	55,56	0,8	44,44
Televisor 21"	133,33	1	133,33	0,8	106,67
Videgrabadora VHS	27,78	2	55,56	0,8	44,44
Bodega 1 y ropería					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Bodega 2					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	4	711,11	1	711,11
Jefatura de enfermería					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	3	533,33	1	533,33
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Ventilador de pie	77,78	2	155,56	0,5	77,78
Pasillos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	9	1600,00	1	1600,00
Bodega					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Baños					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	2	355,56	1	355,56
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	2	44,44	1	44,44
Oficina					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	1	177,78	1	177,78
Aparato de ultrasonido	283,33	2	566,67	0,6	340,00
Lámpara especial	1066,67	1	1066,67	1	1066,67

Transición					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Monitor de signos vitales	127,78	3	383,33	0,8	306,67
Bomba de infusión	33,33	4	133,33	0,6	80,00
Incubadoras para bebés	200,00	3	600,00	0,8	480,00
Módulo térmico para bebés	644,44	4	2577,78	0,8	2062,22
Calentador ambiental	1666,67	1	1666,67	0,8	1333,33
Lámpara para incubar 1x40	44,44	2	88,89	1	88,89
Alto riesgo de Obstetricia					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Monitor de signos vitales	127,78	1	127,78	0,8	102,22
Bomba de infusión	33,33	3	100,00	0,6	60,00
Aparato <i>Doppler</i> para bebés	77,78	2	155,56	0,6	93,33
Labor					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Monitor de frecuencia cardiaca	27,78	1	27,78	0,6	16,67
Bomba de infusión	33,33	5	166,67	0,6	100,00
Aparato <i>Doppler</i> para bebés	77,78	2	155,56	0,6	93,33
Partos					
Iluminación fluorescente 4x40	177,78	5	888,89	1	888,89
Iluminación incandescente	111,11	6	666,67	1	666,67
Succionador de flemas	333,33	1	333,33	0,6	200,00
Lámpara cuello de ganso	111,11	5	555,56	1	555,56
Cuartos de médicos					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	14	1244,44	1	1244,44
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	3	133,33	1	133,33
Radiograbadora	44,44	1	44,44	0,8	35,56
Televisor 21"	133,33	3	400,00	0,8	320,00
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Ventilador de pie	77,78	2	155,56	0,5	77,78
Totales	33365,56		53541,11		41592,11

Tabla A-11. Cargas instaladas en la Clínica de rayos X

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
CLINICA DE RAYOS X					
Oficina					
Iluminación fluorescente 6x20	133,33	1	133,33	1	133,33
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Máquina de escribir eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67

Archivo					
Iluminación fluorescente 6x20	133,33	1	133,33	1	133,33
Sala de rayos X			0,00		
Iluminación fluorescente 6x20	133,33	2	266,67	1	266,67
Equipo de rayos X 208V	55555,56	1	55555,56	0,6	33333,33
Cuarto de revelado					
Iluminación fluorescente 1x40	44,44	1	44,44	1	44,44
Revelador de radiografías	1733,33	1	1733,33	0,6	1040,00
Recepción					
Iluminación fluorescente 6x20	133,33	1	133,33	1	133,33
Dormitorio					
Iluminación fluorescente 6x20	133,33	1	133,33	1	133,33
Baño					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Totales	58575,56		58708,89		35726,33

Tabla A-12. Cargas instaladas en la Cabaña 1

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Bacteriología					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	12	1066,67	1	1066,67
Iluminación incandescente	111,11	2	222,22	1	222,22
Aire acondicionado 208V	1800,00	3	5400,00	0,4	2160,00
Autoclave 208V	6666,67	2	13333,33	0,6	8000,00
Equipo de cómputo	450,00	2	900,00	0,9	810,00
Refrigeradora normal	416,67	3	1250,01	0,4	500,00
Lector de placas de bacteriología	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Llenador tarjetas de bacteriología	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Campana para hacer cultivos	666,67	2	1333,33	0,6	800,00
Balanza electrónica 120V	72,22	1	72,22	0,6	43,33
Incubadora para hemocultivo	200,00	1	200,00	0,6	120,00
Estufa eléctrica	1826,67	1	1826,67	0,6	1096,00
Incubadora para cultivos varios	200,00	2	400,00	0,6	240,00
Inmunología					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	4	355,56	1	355,56
Equipo de cómputo	450,00	1	450,00	0,9	405,00
Calentador de agua 208V	13333,33	1	13333,33	0,6	8000,00
Calentador de tubos de agua	4000,00	1	4000,00	0,6	2400,00
Refrigeradora normal	416,67	1	416,67	0,4	166,67
Incubadora pequeña	200,00	1	200,00	0,6	120,00
Lavado por Micrómetro	66,67	1	66,67	0,6	40,00
Aparato para exámenes	500,00	1	500,00	0,6	300,00

Centrífuga de muestras de sangre	222,22	2	444,44	0,6	266,67
Aparato pruebas de citomegalovirus	1333,33	1	1333,33	0,6	800,00
Lector de placas	500,00	1	500,00	0,6	300,00
Rotadores	11,11	1	11,11	0,6	6,67
Microscopio electrónico	72,22	1	72,22	0,6	43,33
Aparato pruebas de inmunología	1309,00	1	1309,00	0,6	785,40
Aparato pruebas de inmunología	888,89	1	888,89	0,6	533,33
Jefatura					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
Equipo de cómputo	450,00	2	900,00	0,9	810,00
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Química					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	1	88,89	1	88,89
Equipo de cómputo	450,00	2	900,00	0,9	810,00
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Refrigeradora grande	722,22	1	722,22	0,4	288,89
Purificador de agua	22,22	1	22,22	0,6	13,33
Aparato muestras de bilirrubina	106,67	1	106,67	0,6	64,00
Aparato para muestras químicas	3697,78	2	7395,56	0,6	4437,33
Laboratorio					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	2	177,78	1	177,78
Refrigeradora grande	722,22	1	722,22	0,4	288,89
Centrifugadora	222,22	3	666,67	0,6	400,00
Aparato PH de orina	80,00	1	80,00	0,6	48,00
Microscopio electrónico	72,22	2	144,44	0,6	86,67
Aparato pruebas de hematología	1000,00	2	2000,00	0,6	1200,00
Mezcladora	3,33	1	3,33	0,6	2,00
Secretaría y corredores					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	11	977,78	1	977,78
Maquina de escribir Eléctrica	36,67	2	73,33	0,4	29,33
Totales	46701,22		67913,45		40815,29

Tabla A-13. Cargas instaladas en la Cabaña 2

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Costurería					
Iluminación fluorescente 2x40	88,89	24	2133,33	1	2133,33
Iluminación fluorescente 1x20	22,22	1	22,22	1	22,22
Iluminación incandescente	111,11	2	222,22	1	222,22
Maquina de escribir Eléctrica	36,67	2	73,33	0,4	29,33
Cortadora de tela para mesa	2000,00	1	2000,00	0,6	1200,00
Marcador de tarjetas	88,89	1	88,89	0,6	53,33

Máquinas de coser de; ½ HP	414,44	19	7874,44	0,8	6299,56
Máquina para hacer ojales; ½ HP	444,44	1	444,44	0,8	355,56
Máquina de coser botones 1/3 HP	400,00	1	400,00	0,8	320,00
Máquina <i>overlock</i> para acabados	444,44	1	444,44	0,8	355,56
Totales	4051,11		13703,33		10991,11

Tabla A-14. Cargas instaladas en la Cabaña 3

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Departamento Clínico					
Iluminación fluorescente 2x40	22,22	8	177,78	1	177,78
Iluminación fluorescente 1x40	22,22	1	22,22	1	22,22
Iluminación incandescente	111,11	5	555,56	1	555,56
Equipo de cómputo	450,00	4	1800,00	0,9	1620,00
Maquina de escribir Eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Retroproyector	138,89	1	138,89	0,2	27,78
Cañonera para computadora	133,33	1	133,33	0,2	26,67
Aire acondicionado 208V	1800,00	1	1800,00	0,4	720,00
Fotocopiadora	1333,33	1	1333,33	0,2	266,67
Escáner para computadora	466,67	1	466,67	0,2	93,33
Totales	4583,33		6533,33		3538,44

Tabla A-15. Cargas instaladas en la Cabaña 4

Descripción de las cargas	Potencia en VA por unidad (P)	Unidades (UP)	Carga instalada en VA (PxUP)	FD	DME en VA Carga inst. x FD
Bodega de Medicamentos					
Iluminación fluorescente 2x40	22,22	14	311,11	1	311,11
Iluminación incandescente	111,11	1	111,11	1	111,11
Equipo de cómputo	450,00	5	2250,00	0,9	2025,00
Maquina de escribir Eléctrica	36,67	1	36,67	0,4	14,67
Fax	68,89	1	68,89	0,2	13,78
Fotocopiadora	1333,33	1	1333,33	0,2	266,67
Ventilador de pie	77,78	1	77,78	0,5	38,89
Refrigeradora normal	416,67	5	2083,35	0,4	833,34
Refrigerador pequeño	222,22	1	222,22	0,4	88,89
Totales	2738,89		6494,46		3703,45

ANEXO B

Tabla B-1. Calibres de conductores para puesta a tierra según el NEC

Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorrientes No mayor de (amperios)	Calibre del conductor de puesta a tierra (AWG ó MCM)	
	Cobre	Aluminio
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	500
3000	400	600
4000	500	800

Fuente: Roberto Retolaza Méndez, **Diseño de iluminación industrial**. Pág. 120.

Tabla B-2. Determinación del coeficiente ambiental C1

Localización relativa de estructuras	C1
Estructura localizada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de la misma altura o más alto	0.25
Estructuras rodeadas por estructuras bajas	0.5
Estructuras aisladas. No hay otras estructuras en una distancia menor de 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o promontorio	2

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 10.

Tabla B-3. Determinación del coeficiente estructural C2

	C2		
Techo	Metal	Común	Inflamable
Estructura			
Metal	0.5	1	2
Común	1	1	2.5
Inflamable	2	2.5	3

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 13.

Tabla B-4. Determinación del coeficiente de contenido de estructura C3

Contenido de la estructura	C3
Sin valor y no inflamable	0.5
Valor común o normalmente inflamable	1
Alto valor o particularmente inflamable	2
Valor excepcional, irremplazable o altamente inflamable o explosivo	3

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 13.

Tabla B-5. Determinación del coeficiente de ocupación de estructura C4

Ocupación de la estructura	C4
Desocupada	0.5
Normalmente ocupada	1
Evacuación dificultosa o riesgo de pánico	3

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 14.

Tabla B-6. Determinación del coeficiente de consecuencias de la caída de un rayo

Consecuencias de la caída de un rayo	C5
Continuidad de servicio no requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	1
Continuidad de servicio requerido y ninguna consecuencia en el ambiente	5
Consecuencias en el ambiente	10

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 14.

Tabla B-7. Valores críticos de E inefectivo correspondiente al límite entre el nivel de protección y el nivel de protección correspondiente al E inefectivo calculado

E Inefectivo calculado	Nivel de protección asociado	Corriente pico I (kA)	Distancia de iniciación D (metros)
$E > 0.98$	Nivel I + medidas adicionales		
$0.95 < E \leq 0.98$	Nivel I	2.8	20
$0.80 < E \leq 0.95$	Nivel II	9.5	45
$0 < E \leq 0.80$	Nivel III	14.7	60

Fuente: José Molina, **Criterios para selección y diseño de pararrayos**. Pág. 15.