



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA.

**“ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL
ACONDICIONAMIENTO ELÉCTRICO, DE LOS EQUIPOS
MÉDICOS DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL
ISIDRO AYORA DE LA CIUDAD DE LOJA”.**

**Tesis de Grado previo la Obtención
del Título de Ingeniero
Electromecánico.**

AUTORES:

Cruzkaya del Rosario Pacheco Ludeña.

Oswaldo Francisco Alvarez Enríquez.

DIRECTOR:

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio.

LOJA- ECUADOR

2012



CERTIFICACIÓN.

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio.

DOCENTE DEL ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Haber dirigido, revisado y corregido en todas sus partes el desarrollo de la tesis de Ingeniería en Electromecánica titulada: **“ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ACONDICIONAMIENTO ELÉCTRICO, DE LOS EQUIPOS MÉDICOS DEL ÁREA DE IMAGENOLOGÍA DEL HOSPITAL ISIDRO AYORA DE LA CIUDAD DE LOJA”**, con autoría de Cruzkaya del Rosario Pacheco Ludeña y Oswaldo Francisco Álvarez Enríquez. En razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de fondo y forma, exigidos para una investigación de este nivel, autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.

Loja, Septiembre del 2012.

.....
Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio.

DIRECTOR DE TESIS.



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.

Toda la información recopilada en el presente documento, ha sido estudiada, analizada y redactada de una manera clara y sencilla para el entendimiento de quienes la estudien, por lo que declaramos ser los legítimos autores intelectuales del presente documento de tesis, autorizando a la Universidad Nacional de Loja, hacer uso del mismo en lo que se estime conveniente.

.....

Oswaldo Francisco Alvarez Enríquez.
Egdo. Ingeniería Electromecánica.

.....

Cruzkaya del Rosario Pacheco Ludeña.
Egdo. Ingeniería Electromecánica.



AGRADECIMIENTO.

Expresamos un agradecimiento sincero a la Universidad Nacional de Loja por todos estos años que nos acogió como estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Electromecánica, de igual manera a los docentes que nos apoyaron a lo largo de la misma, y de manera especial al director de la presente tesis.



DEDICATORIA.

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño a mis padres y hermanos, ya que ellos me han apoyado a lo largo de mi vida y han estado en cada momento de la misma. A mis amigos más cercanos y a todas las personas que confiaron y creyeron en mí.

Cruzkaya del Rosario Pacheco Ludeña

La realización de este proyecto no habría podido realizarse sin el apoyo de mi familia, que siempre creyeron en mí. Por esta razón dedico este trabajo a todos ellos, que a pesar del tiempo transcurrido siempre estuvieron allí para apoyarme.

Oswaldo Francisco Álvarez Enríquez.



ÍNDICE.

ÍNDICE DE CONTENIDOS.

CONTENIDO	Pág.
CERTIFICACIÓN.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE.....	v
Índice de Contenidos.....	v
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas.....	xii
I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
CAPÍTULO I.....	6
3.1. CONCEPTOS GENERALES.....	6
3.1.1. Eventos.....	6
3.1.1.1. Interrupciones de Voltaje.....	6
3.1.1.2. Caída de Voltaje.....	6
3.1.1.3. Sobretensiones.....	7
3.1.2. Distorsión de la Forma de Onda.....	8
3.1.2.1. Armónicos.....	8
3.1.2.2. Corte.....	10
3.1.2.3. Ruido.....	10
3.1.3. Fluctuación de Tensión.....	11
3.1.3.1. Flicker.....	12
3.1.4. Variaciones de la Frecuencia.....	13
3.1.5. Sistema de Puesta a Tierra.....	13
3.1.5.1. Resistividad del Terreno.....	14
3.1.5.1.1. Métodos de Medición de Resistividad del Terreno.....	16
3.1.5.1.2. Materiales Aceptables de Baja Resistividad.....	19
3.1.6. Caída de Tensión en Conductores.....	20
3.1.7. Protecciones Eléctricas.....	21
3.1.7.1. Interruptores Termo-magnéticos.....	21
3.1.7.1.1. Aplicación de los Interruptores Termo-magnéticos.....	23
CAPÍTULO II.....	24
3.2. EQUIPOS MÉDICOS DE IMAGEN.....	24



3.2.1. Área de Instalación.....	24
3.2.1.1. Área de Instalación de una Sala de Rayos X.....	24
3.2.1.2. Área de Instalación de una Sala de Tomografía Axial Computarizada.....	24
3.2.1.3. Área de Instalación de una Sala de Mamografía.....	24
3.2.1.4. Área de Instalación de una Sala de Ecografía.....	24
3.2.2. Clasificación de Equipos Médicos.....	24
3.2.2.1. Equipos de Rayos X.....	25
3.2.2.1.1. Partes Constitutivas.....	25
3.2.2.1.1.1. Sección de Alto Voltaje.....	26
3.2.2.1.1.2. Consola de Control.....	29
3.2.2.1.1.3. Tubo de Rayos X.....	31
3.2.2.1.2. Factores que Influyen la Cantidad y la Calidad de los Rayos X.....	37
3.2.2.1.2.1. Pico de kilo voltios (kVp).....	38
3.2.2.1.2.2. Miliamperios (mA).....	39
3.2.2.1.2.3. Tiempo de exposición.....	39
3.2.2.1.2.4. Distancia del tubo.....	39
3.2.2.1.3. Clasificación de los Equipos de Rayos X.....	40
3.2.2.1.3.1. Rayos X.....	40
3.2.2.1.3.2. Tomógrafo.....	40
3.2.2.1.3.3. Mamógrafo.....	41
3.2.2.2. Equipos de Ultrasonido.....	42
3.2.2.2.1. Ecógrafo.....	42
CAPÍTULO III.....	44
3.3. NORMAS APLICADAS EN EL ACONDICIONAMIENTO ELÉCTRICO DE EQUIPOS MÉDICOS.....	44
3.3.1. Norma Aplicada al Dimensionamiento de Conductores y Protecciones.....	44
3.3.1.1. SECCIÓN 517. Instituciones de Asistencia Médica.....	44
3.3.2. Norma Aplicada al Rotulado de Conductores.....	49
3.3.2.1. SECCIÓN 310. Conductores para Instalaciones en General.....	49
3.3.3. Norma Aplicada al Dimensionamiento de Canalizaciones.....	51
3.3.3.1. SECCIÓN 362. Canaletas Metálicas y no Metálicas para Cables.....	51
3.3.4. Norma Aplicada en la Evaluación del Sistema de Puesta a Tierra.....	56
3.3.4.1. Norma IRAM 2281-7: Instalaciones de Puesta a Tierra y de Seguridad Eléctrica para Uso Hospitalario.....	56
3.3.4.1.1. Sistema de Puesta a Tierra de Uso Hospitalario.....	56
3.3.4.1.1.1. Tierra de protección.....	57
3.3.4.1.1.2. Valor de la Resistencia de Puesta a Tierra.....	59
3.3.5. Norma Aplicada en la Evaluación del Factor de Potencia.....	59
3.3.5.1. Factor de Potencia (Regulación No. CONELEC 004/01).....	59
3.3.6. Norma Aplicada en la Implementación de Tableros de Control.....	60



3.3.6.1. Norma Aplicada para Pulsadores.....	60
3.3.6.2. Norma Aplicada para Lámparas de Señalización.....	61
3.3.6.3. Norma Aplicada para Conductores del Tablero de Control.....	62
3.3.6.4. Norma Aplicada en el Dimensionamiento y Estructura de la Caja...	64
3.3.7. Norma Referente al Análisis de la Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución.....	65
3.3.7.1. Norma EN-50160 y Regulación en Ecuador (CONELEC).....	65
3.3.7.1.1. Nivel de Voltaje.....	65
3.3.7.1.1.1. CONELEC (Ecuador).....	65
3.3.7.1.1.2. EN-50160 (Norma Europea de Calidad de Energía).....	67
3.3.7.1.2. Perturbaciones.....	68
3.3.7.1.2.1. CONELEC (Ecuador).....	68
3.3.7.1.2.2. EN-50160 (Norma Europea de Calidad de Energía).....	72
CAPÍTULO IV.....	74
3.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	74
3.4.1. Analizador de Redes.....	74
3.4.1.1. Manual del FLUKE 1743.....	74
3.4.2. Probador de Resistencia a Tierra.....	76
3.4.2.1. Manual del PROBADOR DE RESISTENCIA A TIERRA 3710.....	76
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	84
4.1. Materiales.....	84
4.2. Métodos.....	84
4.3. Técnicas de Trabajo.....	85
V. RESULTADOS.....	86
5.1. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ULTRASONIDO.....	86
5.1.1. ECÓGRAFO TOSHIBA.....	86
5.1.1.1. Estudio.....	86
5.1.1.1.1. Datos Técnicos.....	86
5.1.1.1.2. Espacio Físico.....	87
5.1.1.1.3. Alimentación Eléctrica.....	87
5.1.1.2. Análisis.....	88
5.1.1.2.1. Espacio Físico.....	88
5.1.1.2.2. Alimentación Eléctrica.....	88
5.1.1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra.....	89
5.1.1.3. Evaluación.....	89
5.2. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X.....	91
5.2.1. RAYOS X MÓVIL.....	91
5.2.1.1. Estudio.....	91
5.2.1.1.1. Datos Técnicos.....	91



5.2.1.1.2. Espacio Físico.....	92
5.2.1.1.3. Alimentación Eléctrica.....	93
5.2.1.2. Análisis.....	93
5.2.1.2.1. Espacio Físico.....	93
5.2.1.2.2. Alimentación Eléctrica.....	93
5.2.1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra.....	94
5.2.1.3. Evaluación.....	94
5.2.2. RAYOS X TOSHIBA.....	95
5.2.2.1. Estudio.....	95
5.2.2.1.1. Datos Técnicos.....	95
5.2.2.1.2. Espacio Físico.....	97
5.2.2.1.3. Alimentación Eléctrica.....	98
5.2.2.2. Análisis.....	101
5.2.2.2.1. Espacio Físico.....	101
5.2.2.2.2. Alimentación Eléctrica.....	101
5.2.2.2.3. Factor de Potencia.....	105
5.2.2.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.....	105
5.2.2.2.5. Sistema de Control.....	105
5.2.2.3. Evaluación.....	108
5.2.2.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.....	110
5.2.3. MAMÓGRAFO.....	115
5.2.3.1. Estudio.....	115
5.2.3.1.1. Datos Técnicos.....	115
5.2.3.1.2. Espacio Físico.....	116
5.2.3.1.3. Alimentación Eléctrica.....	116
5.2.3.2. Análisis.....	121
5.2.3.2.1. Espacio físico.....	121
5.2.3.2.2. Alimentación Eléctrica.....	121
5.2.3.2.3. Factor de Potencia.....	123
5.2.3.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.....	123
5.2.3.2.5. Sistema de Control.....	124
5.2.3.3. Evaluación.....	126
5.2.3.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.....	128
5.2.4. TOMÓGRAFO HELICOIDAL.....	133
5.2.4.1. Estudio.....	133
5.2.4.1.1. Datos Técnicos.....	133
5.2.4.1.2. Espacio Físico.....	134
5.2.4.1.3. Alimentación Eléctrica.....	135
5.2.4.2. Análisis.....	141
5.2.4.2.1. Espacio físico.....	141



5.2.4.2.2. Alimentación Eléctrica.....	141
5.2.4.2.3. Factor de Potencia.....	144
5.2.4.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.....	144
5.2.4.2.5. Sistema de Control.....	145
5.2.4.3. Evaluación.....	147
5.2.4.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.....	149
5.2.5. TOMÓGRAFO SIEMENS.....	150
5.2.5.1. Estudio.....	150
5.2.5.1.1. Datos Técnicos.....	150
5.2.5.1.2. Espacio Físico.....	151
5.2.5.1.3. Alimentación Eléctrica.....	151
5.2.5.2. Análisis.....	158
5.2.5.2.1. Espacio físico.....	158
5.2.5.2.2. Alimentación Eléctrica.....	158
5.2.5.2.3. Factor de Potencia.....	161
5.2.5.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.....	161
5.2.5.2.5. Sistema de Control.....	161
5.2.5.3. Evaluación.....	164
5.2.5.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.....	166
VI. DISCUSIÓN.....	171
VII. CONCLUSIONES.....	180
VIII. RECOMENDACIONES.....	182
IX. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	184
X. ANEXOS.....	186
11.1. Anexo #1: Tabla 4. Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre. (Secciones AWG).....	186
11.2. Anexo #2: Especificaciones De Conductores.....	187
11.3. Anexo #3: Calibre de Conductores (Área, espesor, peso).....	188
11.4. Anexo #4: Capacidad de Corriente.....	189
11.5. Anexo #5: Acrónimos usados en la industria de los cables.....	190
11.6. Anexo #6: Tabla C8. Número máximo de conductores y alambres de aparatos en tubo conduit metálico rígido – tipo Rigid.....	191
11.7. Anexo #7: TABLA 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.....	192
11.8. Anexo #8: Organismos normalizadores vinculados a la Electromedicina...	193
11.9. Anexo #9: Fotos.....	194
11.10. Anexo #10: Plano Estructural del Área de Imagenología.....	196
11.11. Anexo #11: Anteproyecto de Tesis.....	197

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURAS.	Pág.
Fig.1: Subida de Tensión causada por una falla Fase - Tierra.....	7
Fig.2: Distorsión de una Onda Fundamental por Armónicos.....	9
Fig.3: Curva de Espectro de Corte.....	10
Fig.4: Curva de Espectro de Ruido.....	11
Fig.5: Curva de Espectro de Fluctuación de Tensión.....	11
Fig.6: Método Wenner.....	17
Fig.7: Técnica de Schlumberger.....	18
Fig.8: Curva Característica de un Interruptor Termo-magnético.....	22
Fig.9: Conjunto de componentes básicos de rayos X.....	25
Fig.10: Diagrama simplificado de circuitos eléctricos en un aparato de rayos X.....	26
Fig.11: Elementos básicos de un equipo de Rayos X.....	26
Fig.12: Forma de onda de un circuito generador de alta frecuencia.....	28
Fig.13: Circuitos inversores.....	28
Fig.14: Diagrama de bloques de un inversor de potencia, señal de salida senoidal.....	29
Fig.15: Consola.....	29
Fig.16: Botones principales del comando.....	30
Fig.17: Carcasa Protectora del Tubo de RX.....	31
Fig.18: Envoltura de Cristal del Tubo de RX.....	32
Fig.19: Cátodo (El filamento se encuentra dentro de la Copa de Enfoque)....	32
Fig.20: Ánodo.....	33
Fig.21: Encendido del Tubo de Rayos X.....	35
Fig.22: Disparo del Tubo de Rayos X.....	36
Fig.23: Esquema del Chasis.....	37
Fig.24: Esquema de Funcionamiento de un Tomógrafo.....	40
Fig.25: Esquema de Funcionamiento de un Ecógrafo.....	43
Fig.26: Ejemplo conceptual de un sistema de Puesta a Tierra de Uso Hospitalario.....	57
Fig.27: Pulsadores y Pilotos.....	61
Fig.28: Lámparas de Señalización.....	62
Fig.29: Fluke 1743.....	75
Fig.30: Probador de Resistencia a Tierra.....	76
Fig.31: Controles del Probador de Resistencia a Tierra.....	79
Fig.32: Características del display digital.....	79
Fig.33: Ecógrafo Toshiba.....	86
Fig.34: Área de Instalación del Ecógrafo.....	87



Fig.35: UPS que Alimenta al Ecógrafo.....	87
Fig.36: Equipo de Rayos X Móvil.....	91
Fig.37: Área de Instalación del Equipo de Rayos X Portátil.....	92
Fig.38: Conexión del equipo de Rayos X portátil al circuito de suministro.....	93
Fig.39: Rayos X Toshiba.....	95
Fig.40: Área de instalación del equipo de Rayos X Toshiba.....	98
Fig.41: Diagrama unifilar del sistema de alimentación del equipo de Rayos X Toshiba.....	98
Fig.42: Tablero General de Rayos X (TGRX).....	99
Fig.43: Breaker de 100 A, ubicado en la Sala de Rayos X - 2.....	99
Fig.44: Diagrama de protección del equipo de Rayos X.....	100
Fig.45: Transformador 3, AEG de 300 kVA.....	100
Fig.46: Diagrama de Fuerza.....	106
Fig.47: Diagrama de Control.....	107
Fig.48: Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma En50160.....	113
Fig.49: Equipo de Mamografía.....	115
Fig.50: Área de instalación del Mamógrafo.....	116
Fig.51: Diagrama Unifilar del circuito de alimentación del Mamógrafo.....	116
Fig.52: Transformador ECUATRAN S.A. de 300 kVA.....	117
Fig.53: Tablero General de Distribución.....	118
Fig.54: Tablero de Control del equipo de Mamografía.....	118
Fig.55: Diagrama de Fuerza.....	119
Fig.56: Diagrama de Control.....	119
Fig.57: Contactor Siemens 3TF47.....	119
Fig.58: Detectores de Fase.....	120
Fig.59: Pulsadores de Encendido, Desconexión y Emergencia.....	120
Fig.60: Diagrama de Fuerza.....	125
Fig.61: Diagrama de Control.....	125
Fig.62: Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma En50160.....	131
Fig.63: Tomógrafo Helicoidal Toshiba.....	133
Fig.64: Área de instalación del Tomógrafo Toshiba.....	135
Fig.65: Diagrama unifilar del circuito de alimentación del Tomógrafo Toshiba.....	135
Fig.66: Transformador 2, ECUATRANS S.A. de 200 KVA.....	136
Fig.67: Tablero de control y protección del Tomógrafo Toshiba.....	137
Fig.68: Diagrama de Fuerza.....	138
Fig.69: Diagrama de Control.....	138
Fig.70: Contactor para Altas Corrientes TELEMECANIQUE modelo LC1 F185.....	139

Fig.71: Pulsadores y lámpara de señalización.....	140
Fig.72: Diagrama de Fuerza.....	146
Fig.73: Diagrama de Control.....	146
Fig.74: Tomógrafo Siemens de 16 cortes.....	150
Fig.75: Área de instalación del equipo de Tomografía.....	151
Fig.76: Diagrama unifilar del sistema de alimentación del equipo de Tomografía.....	152
Fig.77: Transformador ECUATRANS de 75 kVA.....	152
Fig.78: Tablero General de Alimentación.....	152
Fig.79: Breaker MERLIN GERLING de 100 A.....	153
Fig.80: Sub tablero de control.....	154
Fig.81: Diagrama de Fuerza.....	155
Fig.82: Diagrama de Control.....	155
Fig.83: Breaker SIEMENS de 160 A.....	155
Fig.84: Breakers CAMSLO de 32 A.....	156
Fig.85: Contactor SIEMENS modelo SIRUS de 185 A.....	156
Fig.86: Pulsadores y lámparas de señalización.....	157
Fig.87: Diagrama de Fuerza.....	162
Fig.88: Diagrama de Control.....	163
Fig.89: Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.....	169

ÍNDICE DE TABLAS.

TABLAS	Pág.
Tabla 1: Valores típicos de resistividad de diferentes suelos.....	15
Tabla 2: Factores que Influyen en la Cantidad y Calidad de los Rayos X.....	38
Tabla 3: Variaciones de voltaje admitidas con respecto al Valor del Voltaje Nominal.....	67
Tabla 4: Valores Límites de los Voltajes Armónicos individuales (V_i y THD).	71
Tabla 5: Rangos de Medición de Resistencia a Tierra y Corriente de Perdida...	77
Tabla 6: Datos Técnicos del UPS.....	88
Tabla 7: Parámetros Evaluados del Equipo de Ecografía.....	90
Tabla 8: Partes constitutivas del equipo de Rayos X.....	95
Tabla 9: Datos técnicos del Breaker Siemens de 100 A.....	100
Tabla 10: Datos técnicos del transformador AEG de 300 KVA.....	101
Tabla 11: Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.....	104
Tabla 12: Parámetros Evaluados del Equipo de Rayos X Toshiba.....	108
Tabla 13: Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma En50160.....	112



Tabla 14: Periodo y Duración de los Valores Críticos del Flicker.....	113
Tabla 15: Lista de valores de la medición de Flicker y Corriente.....	114
Tabla 16: Datos técnicos del transformador ECUATRAN S.A. de 300 kVA.....	117
Tabla 17: Datos Técnicos del contactor SIEMENS.....	120
Tabla 18: Parámetros Evaluados del Equipo de Mamografía.....	126
Tabla 19: Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma En50160....	130
Tabla 20: Periodo y Duración de los Valores Críticos de los Flicker.....	131
Tabla 21: Lista de valores de la medición de Flicker y corriente.....	132
Tabla 22: Datos Técnicos del Tomógrafo Helicoidal Toshiba.....	134
Tabla 23: Datos Técnicos del Transformador ECUATRANS S.A. de 200 kVA..	136
Tabla 24: Datos Técnicos del Breaker MERLIN GERIN de 60 A.....	138
Tabla 25: Datos Técnicos de los Breakers de 175A Compact NB250N, y 100A Compact NB100N.....	139
Tabla 26: Datos Técnicos del contactor para altas corrientes.....	140
Tabla 27: Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.....	144
Tabla 28: Parámetros Evaluados del Tomógrafo Toshiba.....	147
Tabla 29: Tiempo de exposición.....	151
Tabla 30: Datos Técnicos del Transformador ECUATRANS S.A. de 75 KVA.	153
Tabla 31: Datos Técnicos del Breaker Merlin Gering de 100 A.....	154
Tabla 32: Datos técnicos del Breaker Siemens de 160A.....	156
Tabla 33: Datos técnicos del Contactor SIEMENS.....	157
Tabla 34: Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.....	160
Tabla 35: Parámetros Evaluados del Equipo del Tomógrafo Siemens.....	164
Tabla 36: Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma En50160....	168
Tabla 37: Periodo y Duración de los Valores Críticos de los Flicker.....	169
Tabla 38: Lista de valores de la medición de Flicker y corriente.....	170



RESUMEN



I. RESUMEN.

El presente trabajo de tesis se basa en el estudio, análisis y evaluación del acondicionamiento eléctrico que tienen los equipos médicos de rayos X y de ultrasonido del Hospital Isidro Ayora. Considerando de esta manera todo lo referente a: alimentación eléctrica, canalización, protección, control, puesta a tierra y espacio físico requeridos. Como estos equipos poseen gran cantidad de elementos electrónicos, se ha tomado en cuenta todos los parámetros de calidad de energía eléctrica, tales como: caídas de tensión, sobretensiones, flicker (variación rápida y cíclica del voltaje), armónicos y los efectos que estos producen en el mismo.

El procedimiento que se realizó para el desarrollo del trabajo consistió en realizar un estudio sobre el acondicionamiento actual que tiene el área de imagenología del Hospital, en donde se recogieron todos los datos técnicos requeridos, de: placas de transformadores, conductores, tipos de canalización, datos de breakers, elementos de control, puestas a tierra y espacio físico utilizado, así como datos eléctricos de placa de los equipos en estudio. También se efectuó mediciones de calidad de energía eléctrica con un FLUKE 1743, arrojando datos importantes para el análisis, los mismos que nos permitieron saber el estado actual de la energía eléctrica que utilizan dichos equipos.

Luego se realizó un análisis con respecto a las normas de instalación eléctrica, utilizando como referencia el Código Eléctrico Nacional (CEN) y otras normas internacionales como: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Norma Europea (EN), la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Organización Internacional de Normalización (ISO), entre otras.

Por último se procedió a realizar la evaluación del tipo de acondicionamiento que tienen los equipos médicos y a establecer las correcciones pertinentes a aquellos equipos que no cumplen con las normas de instalación eléctrica ya establecidas.



SUMMARY.

This present research based on the study, Analysis and Evaluation of the electric conditioning equipment of X ray and ultrasound of the Isidro Ayora Hospital, considering all referring to: electrical power, canalization, protection, control, grounding and physical space required. As these equipment's have lots of quantities of electronics elements, they are have taken all the parameters of electric energy, such as fall of tension, super voltage, flicker, harmonics of the effects that they produce in it.

The procedure was performed and development in this present research and it consist in realize a study about actual on the conditioning current that the Isidro Ayora Hospital imaging area.

Where we collect all the technical data required for: transformers, plate, conductors' types of canalization, data breakers, control elements, grounding and physical space used so like electrical data of the plate of the equipment on study. Also we realize measure of quality of electrical energy with a FLUKE 1743, giving us important data for the Analysis, the some that permit us to Know the factual of the electrical power, that using such equipment.

Then we realize on Analysis of the norms of electrical installation using as reference the National Electric Code (NEC) and other international standard such as: The World Health Organization (OMS), European Norm (EN), the International Electronically Commission (IEC), and International Organization for Standardization (ISO) among others.

Finally, we proceeded to carry out the Evaluation of the type of conditioning that have the medical equipment and to establish the pertinent corrections those equipment that don't get the standards established of electrical installation.



INTRODUCCIÓN

II. INTRODUCCIÓN.

Actualmente los avances tecnológicos, han permitido mejorar el desempeño de los equipos médicos y con esto lograr una mejor calidad en los exámenes que estos realizan. Trayendo como consecuencia que sean más susceptibles a daño, la razón es que está constituido por grandes cantidades de componentes electrónicos, que si bien permiten una mayor precisión del mismo, también afectan a la calidad del servicio eléctrico.

Cabe recalcar que el suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en las sociedades modernas para el soporte de la vida cotidiana. Los consumidores de electricidad poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto nivel, en términos de calidad energía. Las empresas eléctricas a nivel nacional enfrentan grandes retos en el abastecimiento de energía eléctrica de manera eficiente y con alta calidad, con un equilibrio en las necesidades de los usuarios y mantener un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética que permita un funcionamiento apropiado de los equipos y sistemas.

La calidad de la energía eléctrica depende en al menos una docena de características clave de las fuentes de electricidad, incluyendo la frecuencia, tensión y variaciones de tensión, pero las características más crítica son el contenido armónico y los transitorios por sobretensión.

El Hospital Isidro Ayora es una institución dedicada a atender y mantener los asuntos relacionados con la salud del sector social que lo rodea. El funcionamiento principal de esta institución se basa en el intercambio energético-motriz, ya que el hospital necesita máquinas del orden electromecánico como: calderas, bombas, etc. Y de máquinas electrónicas como: Tomógrafos, Rayos X, Mamógrafo, Ecógrafo, entre otros, los mismos que necesitan reparación y mantenimiento, para asegurar un correcto funcionamiento, ya que, en caso de producirse una falla podría causar grandes pérdidas económicas y hasta la vida de los pacientes y del personal que labora en esta institución. El acondicionamiento de los mismos debe estar en óptimas condiciones, para evitar cualquier problema. Por las razones antes mencionadas, nuestro proyecto está enfocado

en estudiar, analizar y evaluar el acondicionamiento eléctrico que tienen estos equipos médicos.

La Metodología empleada permitió planificar los pasos a seguir, para la obtención de información y desarrollo del tema, con el fin de entregar como resultado un análisis y una evaluación de calidad.

En la Revisión de Literatura se encuentra la información necesaria, utilizada para facilitar un mayor entendimiento del proyecto y las herramientas utilizadas para la realización del mismo.

El Objeto de Investigación nos permite conocer la situación actual del área de imagenología del Hospital Isidro Ayora. Para lo cual los objetivos planteados para el desarrollo de nuestra tesis son:

Objetivo General:

Estudiar, analizar y evaluar el acondicionamiento eléctrico, para los equipos médicos del área de imagenología del Hospital Isidro Ayora.

Objetivos Específicos:

- ❖ Recopilar información sobre los equipos médicos del área de imagenología.
- ❖ Realizar un estudio de la situación eléctrica actual correspondiente a cada equipo médico del área de imagenología.
- ❖ Analizar los parámetros que intervienen en la calidad de energía eléctrica suministrada a los equipos médicos del área de imagenología.
- ❖ Evaluar y verificar los requerimientos eléctricos necesarios, según normas establecidas para el correcto funcionamiento de los equipos médicos del área de imagenología.
- ❖ Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad eléctrica y de instalación eléctrica para los equipos médicos en estudio.



- ❖ Socializar los resultados obtenidos.

En los Resultados, se especifica claramente las actividades y procesos realizados en el estudio, el análisis y en la evaluación de los parámetros considerados en una correcta instalación eléctrica, así como también la calidad de energía que reciben los equipos en estudio, constando un informe detallado de los mismos.

En las conclusiones, se encuentra un resumen del cumplimiento de los objetivos planteados y los resultados alcanzados. Y en las recomendaciones, hallamos las pautas que servirán de ayuda, tanto al Hospital como a otros proyectos que se relacionen al mismo.

Por último en la bibliografía, constarán los libros y páginas de internet consultados. Y los anexos, en donde se detalla información complementaria y también necesaria para el proyecto.



REVISIÓN DE LITERATURA

III. REVISIÓN DE LITERATURA.

CAPÍTULO I.

3.1. CONCEPTOS GENERALES.

3.1.1. Eventos¹.

Se considera como evento a aquellos fenómenos eléctricos de corta duración.

3.1.1.1. Interrupciones de Voltaje.

Una interrupción de voltaje, es una condición en la cual el voltaje en los terminales de la fuente es cercano a cero. Las interrupciones de voltaje son normalmente iniciadas por fallos y las subsecuente acción de las protecciones.

Una interrupción ocurre cuando la tensión de alimentación o la corriente de carga decrecen a menos de 0,1 p.u. para un periodo de tiempo que no exceda 1 min.

3.1.1.2. Caída de Voltaje.

La caída de voltaje o el bajo voltaje (<0.9 p.u.) dependiendo de su duración es conocido de diferentes formas, así:

- ❖ Los bajos voltajes de corta duración (0.5 – 30 ciclos) son llamados “sags (caída) o dips (hundimiento)”. Un sag de tensión consiste en la reducción de la magnitud seguida de una recuperación después de un corto periodo de tiempo. Los sags son comúnmente causados por cortocircuitos o por el arranque de grandes motores.
- ❖ Los bajos voltajes de larga duración (>1 min) conocido comúnmente como caída de voltaje.

¹ Tomado de: PROYECTO SECSE, [Clasificación de los fenómenos eléctricos que afectan la calidad de potencia],[Agosto - 2011]

3.1.1.3. Sobretensiones.

Los eventos de sobretensión o sobrevoltaje (> 1.1 p.u.) reciben diferentes nombres de acuerdo a su duración:

- ❖ Los sobrevoltajes de corta duración y gran magnitud son llamados sobrevoltajes transitorios y su duración está entre un ciclo y un minuto y son también conocidos como "swell (incremento)". La Fig.1, muestra una subida de tensión causada por una falla fase-tierra.

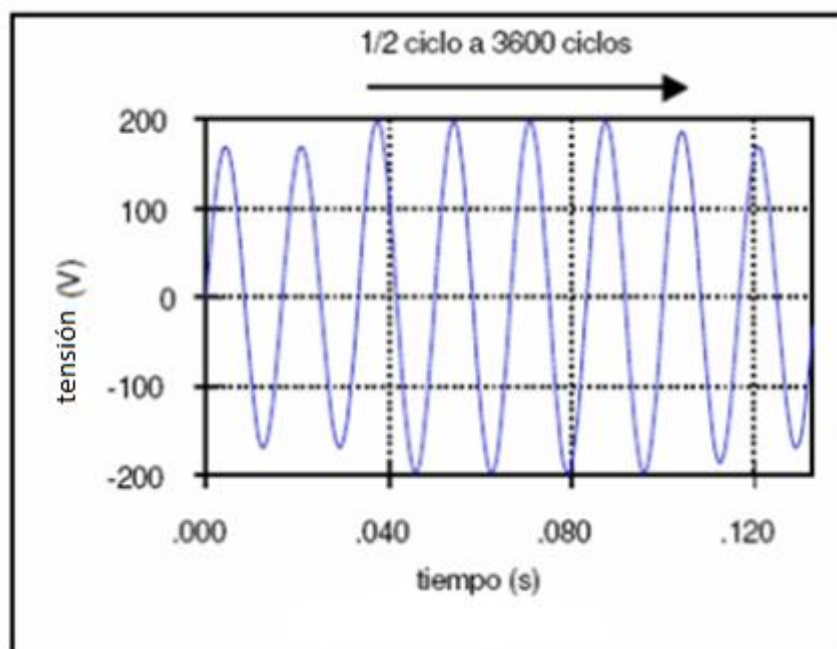


Fig.1. Subida de Tensión causada por una falla Fase - Tierra.

Fuente: Proyecto SECSE.

- ❖ Los sobrevoltajes de larga duración (> 1 min) son conocidos comúnmente como sobretensiones.

Una sobretensión es un incremento en la tensión r.m.s. mayor de 110% a frecuencia industrial por un tiempo superior a un minuto. Las sobretensiones resultan porque el sistema es o muy débil para la regulación de tensión deseada o por controles de tensión inadecuados.

3.1.2. Distorsión de la Forma de Onda.

La distorsión de la forma de onda es un desvío, en régimen permanente, de la forma de onda de corriente o tensión en relación a la señal sinusoidal pura.

3.1.2.1. Armónicos.

Los armónicos son distorsiones de las ondas senosoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal. La aparición de corrientes y/o tensiones armónicas en el sistema eléctrico crea problemas tales como, el aumento de pérdidas de potencia activa, sobretensiones en los condensadores, errores de medición, mal funcionamiento de protecciones, daño en los aislamientos, deterioro de dieléctricos, disminución de la vida útil de los equipos, entre otros.

Este fenómeno se manifiesta especialmente en los equipos provistos de fuentes de alimentación de entrada con condensadores y diodos, por ejemplo, computadores, impresoras y material electromédico.

Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son: a). su amplitud, que hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico, y b). su orden, que hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60 Hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental, es decir $3 * 60 \text{ Hz} = 180\text{Hz}$.

Toda corriente eléctrica fluye por donde se le presenta menor resistencia a su paso. Por esta razón las corrientes armónicas siguen trayectorias distintas, pues se tiene que las impedancias de los sistemas varían según la frecuencia. Donde se tiene que la reactancia inductiva se incrementa con la frecuencia y la resistencia se incrementa en menor medida, mientras que la reactancia capacitiva disminuye con la frecuencia. Así las armónicas fluyen hacia donde se le presenta menos resistencia a su paso.

Los armónicos crean problemas sólo cuando interfieren con la operación propia del equipo, incrementando los niveles de corriente a un valor de saturación o sobrecalentamiento del equipo o cuando causan otros problemas similares. También incrementan las pérdidas eléctricas y los esfuerzos térmicos y eléctricos sobre los equipos. Los armónicos lo que generalmente originan son daños al equipo por sobrecalentamiento de devanados y en los circuitos eléctricos, esta es una acción que destruye los equipos por una pérdida de vida acelerada, los daños se pueden presentar pero no son reconocidos que fueron originados por armónicos. El nivel de armónicos presente puede estar justamente abajo del nivel que pueden causar problemas, incrementar este valor límite puede presentarse en cualquier momento y pasar a un valor donde no se pueden tolerar. En la Fig.2, se muestra la distorsión de una onda fundamental por armónicos.

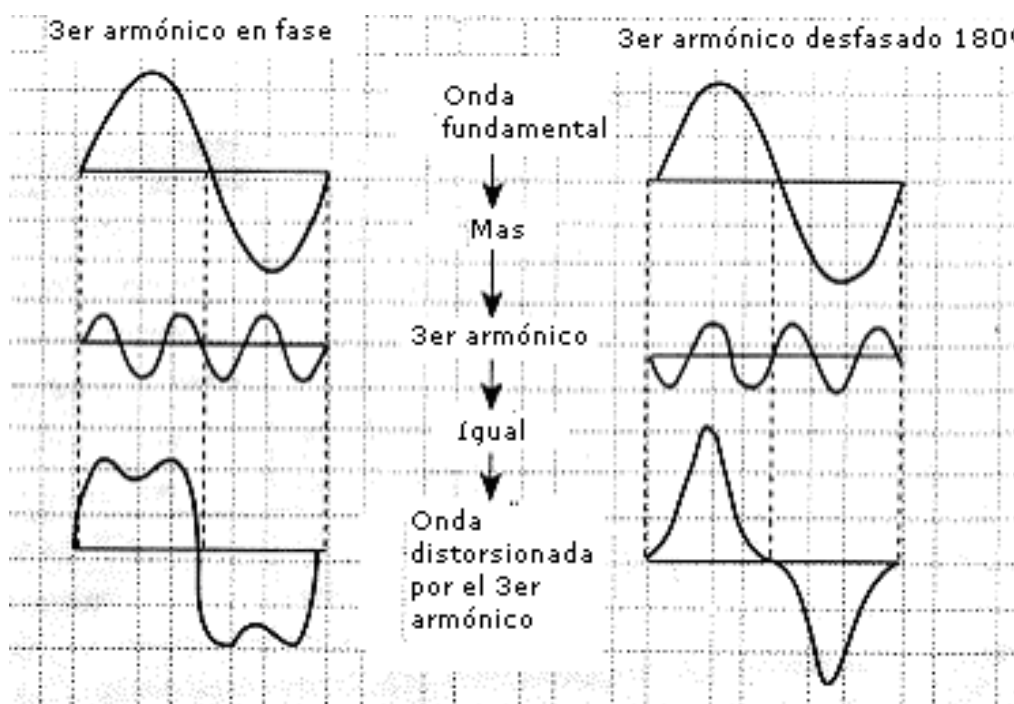


Fig.2. Distorsión de una Onda Fundamental por Armónicos.

Fuente: Proyecto SECSE.

La norma IEEE 519 es una práctica recomendada para la corrección del factor de potencia y para la limitación del impacto armónico en los equipos y en los sistemas eléctricos.

3.1.2.2. Corte².

Corte es un disturbio periódico de la tensión normal de los equipos que utilizan electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Durante este período ocurre un corto circuito entre las dos fases. Si el efecto de corte ocurre continuamente (estado permanente), este puede ser caracterizado a través del espectro armónico, mostrado en la Fig.3. La principal fuente de cortes de tensión son los convertidores trifásicos.

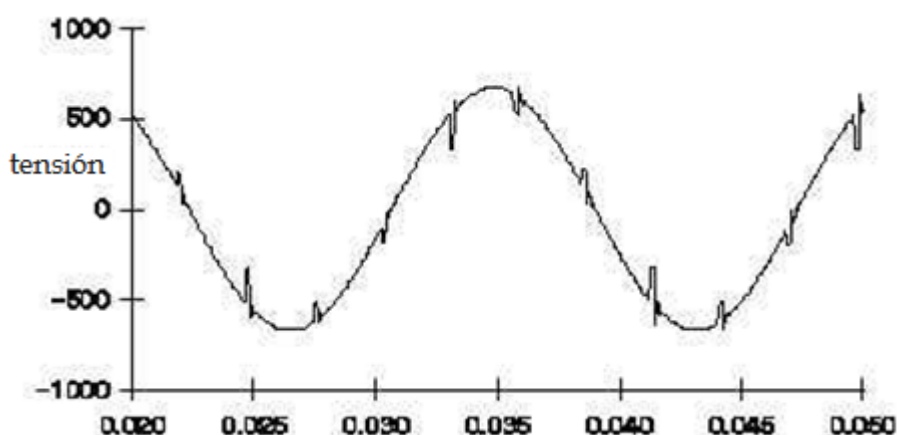


Fig.3. Curva de Espectro de Corte.

Fuente: Tesis de Grado,[Análisis de calidad de energía.....].

3.1.2.3. Ruido.

El fenómeno conocido como ruido es una señal indeseable, como espectro de frecuencia amplia, menor que 200 [kHz], de baja intensidad, superpuesto a la corriente o tensión en los conductores de fase, o encontrado en los conductores de neutro. En la Fig.4, se indica la curva de espectro de ruido.

Normalmente este tipo de interferencia es resultado de operaciones defectuosas, de equipos, instalación inadecuada de componentes en el sistema por las empresas suministradoras o por los usuarios y por los aterrizamientos impropios.

² Tomado de: TESIS DE GRADO,[“Análisis de Calidad de Energía acerca de la calidad del producto de la Zona Urbana de Milagro del Área de Concesión de la Empresa Eléctrica Milagro usando la Regulación del CONELEC No.-004/01”],[Enero - 2012]

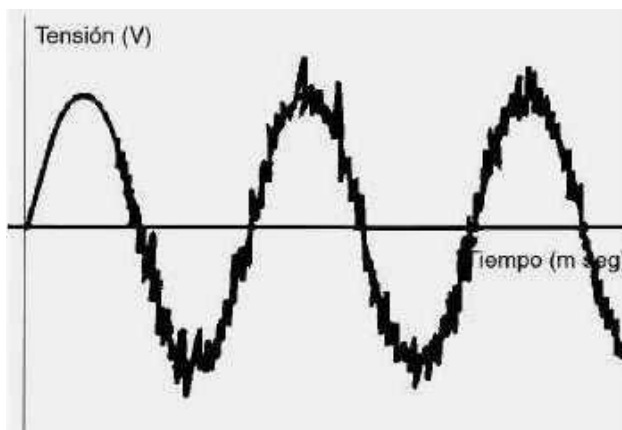


Fig.4. Curva de Espectro de Ruido.

Fuente: Tesis de Grado,[Análisis de calidad de energía.....]

3.1.3. Fluctuación de Tensión³.

Las fluctuaciones de tensión son variaciones sistemáticas del perfil de la tensión o una cambios de tensión aleatorias. La magnitud normalmente no excede los rangos especificados por la norma ANSI C84.1 o NTC 1340 de 0,9 a 1,05 [p.u.].

En la Fig.5, se observa la curva de espectro de fluctuación de tensión.

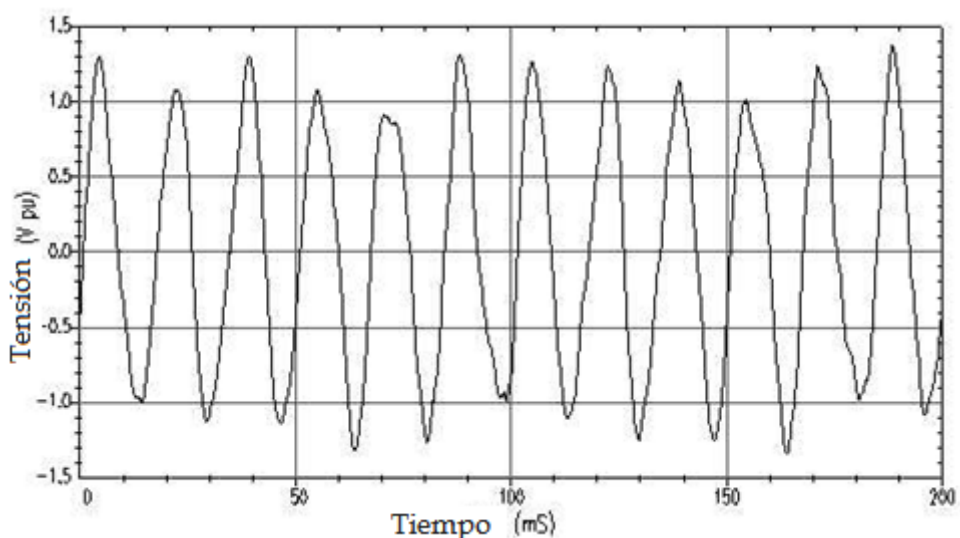


Fig.5. Curva de Espectro de Fluctuación de Tensión.

Fuente: Manual El Fenómeno del Parpadeo.

³ Tomado de: Manual EL FENÓMENO DEL PARPADEO,[Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Vigo],[Agosto - 2011]

3.1.3.1. Flicker.

Se define como Flicker o parpadeo a una variación rápida y cíclica del Voltaje, que causa una fluctuación correspondiente en la luminosidad de las lámparas a una frecuencia detectable por el ojo humano.

El Flicker es el resultado de fluctuaciones rápidas de pequeña amplitud de la tensión de alimentación, provocadas por la variación fluctuante de potencia que absorben diversos receptores: hornos de arco, máquinas de soldar, motores, etc. Por la alimentación o desconexión de cargas importantes: arranque de motores, maniobra de baterías de condensadores, etc.

El Flicker según su tiempo de duración se clasifica en:

❖ **Índice de severidad del Flicker de corta duración (Pst).** Índice que evalúa la severidad del Flicker en cortos intervalos de tiempo (intervalo de observación base de 10 minutos). Se considera $Pst = 1$ como el umbral de irritabilidad.

❖ **Índice de severidad del Flicker de larga duración (Plt):** Índice que evalúa la severidad del Flicker en largos intervalos de tiempo (intervalo de observación base de 2 horas), teniendo en cuenta los sucesivos valores del índice de severidad del Flicker de corta duración según la siguiente expresión:

$$Plt = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

El indicador del Flicker deberá ser medido por el índice de severidad de corto plazo Pst, definido por la norma IEC 61000-3-7.

El índice de tolerancia máximo para el Flicker está dado por: $Pst \leq 1$.

3.1.4. Variaciones de la Frecuencia.

Las variaciones de la frecuencia son definidas como la desviación de la frecuencia fundamental de su valor nominal especificado (60 Hz para el caso ecuatoriano).

3.1.5. Sistema de Puesta a Tierra.

Es la unión directa de determinadas partes de una instalación eléctrica, con la toma de tierra, permitiendo el paso a tierra de las corrientes de falla o las descargas atmosféricas.

Según la norma 039 MIBT correspondiente a puestas de tierra, se establecen las tomas de tierra con objeto de:

- ❖ Limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas en un momento dado.
- ❖ Asegurar la actuación de las protecciones.
- ❖ Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.

La puesta a tierra como protección va siempre asociada a un dispositivo de corte automático, sensible a la intensidad de defecto, que origina la desconexión del circuito.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son⁴:

- ❖ Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- ❖ Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- ❖ Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- ❖ Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.

⁴ Tomado de: ARTICULO 15°, PUESTA A TIERRA,[<http://www.portalelectricos.com/retie/cap2art15.php>],[Agosto - 2010]

- ❖ Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- ❖ Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

3.1.5.1. Resistividad del Terreno⁵.

La composición química del terreno y el tamaño de las partículas que lo forman serán dos factores decisivos sobre el valor de la resistividad del terreno.

La humedad, la temperatura y la salinidad del terreno, son factores importantes a considerar, para una buena resistividad del terreno.

Humedad: El estado hidrométrico del terreno influye de forma muy apreciable sobre la resistividad: al aumentar la humedad disminuye la resistividad y viceversa. Por tal motivo, y con el fin de obtener valores estables de resistencia de la toma de tierra, se aconseja profundizar lo más posible, para obtener terrenos con un grado de humedad lo más constante posible. En ocasiones se puede llegar a alcanzar zonas de agua (nivel freático), en donde la resistencia de la toma de tierra tendrá valores bajísimos y muy estables.

Temperatura: Las variaciones de temperatura también afectan al valor de la resistencia de la toma de tierra, de manera que a temperaturas bajo cero, como consecuencia de la congelación del agua que contenga el terreno, los electrolitos se ven inmovilizados, y la resistencia crece a valores muy grandes. Este es un motivo más para recomendar que las tomas de tierra deben hacerse lo más profundas posible, donde la temperatura del terreno alcanza valores estables. En profundidades del orden de 10 metros, la temperatura solamente sufre ligeras variaciones a lo largo del año y suele estar comprendida entre 13 y 16°C.

Salinidad del Terreno: Como es lógico, al aumentar la salinidad de un terreno, la resistividad disminuye. Por este motivo no es aconsejable regar con exceso los terrenos

⁵ Tomado de: SISTEMA DE PUESTA A TIERRA,[Manual Técnico elaborado para ProCobre.php],[Marzo - 2011]

donde hay una toma de tierra, ya que las sales serán arrastradas por el agua a zonas más profundas, disminuyendo su efecto.

Según el Reglamento de baja tensión, la resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Debido a que la resistividad del terreno es un factor de suma importancia en el comportamiento de electrodos de tierra, necesita discutirse en más detalle. La resistividad del terreno se expresa en [ohm-metro]. Esta unidad es la resistencia entre dos caras opuestas de un cubo de 1 metro por lado de tierra homogénea. El valor obtenido así es ohm-metro² por metro. Algunos valores típicos de resistividad se dan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores típicos de resistividad de diferentes suelos.

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD DE DIFERENTES SUELOS.		
Tipo	Resistividad (ohm-metro)	
Agua de mar	0,1 -	1
Tierra vegetal/arcilla húmeda	5 -	50
Arcilla, arena y grava	40 -	250
Creta (tiza) porosa	30 -	100
Piedra caliza cristalina	300 +	
Roca	1000 -	10000
Piedra ígnea	2000 +	
Concreto Seco	2000 -	10000
Concreto Húmedo	30 -	100
Hielo	10000 -	100000

Fuente: Sistema de Puesta a Tierra [Manual Técnico elaborado para ProCobre.php]

Los dos factores principales que afectan el valor de resistividad de suelo son la porosidad del material y el contenido de agua. Porosidad es un término que describe el tamaño y número de huecos dentro del material, lo cual está relacionado con su tamaño de partícula y diámetro del poro. Varía entre 80/90% en el sedimento de lagos, hasta

30/40% en el caso de arena y arcilla no consolidada y menos en piedra caliza consolidada.

Como se mencionó previamente, es muy poco frecuente encontrar terreno que puede describirse como terreno uniforme para propósitos de puesta a tierra. Estamos interesados en el terreno hasta una cierta profundidad, que corresponde a aquella hasta la cual pueden fluir las corrientes de falla a tierra. Puede ser una delgada capa de terreno superficial, si hay capas de roca más abajo. Cada capa de roca sucesiva puede tener menos grietas, ser más sólida y se esperaría que tuviese una resistividad mayor.

La temperatura y el contenido de agua tienen una influencia importante en la resistividad del terreno y luego en el comportamiento del sistema de tierra. Un incremento en el contenido de agua provoca una reducción drástica de la resistividad, hasta alcanzar un 20% del nivel original cuando el efecto tiende a estabilizarse.

Minerales y sales disueltas en el agua pueden ayudar a reducir aún más la resistividad, particularmente cuando éstas están produciéndose en forma natural y no terminan diluyéndose con el tiempo. El contenido de agua varía estacionalmente y es probable que origine variaciones en la impedancia del sistema de tierra. La resistividad tan alta del hielo (tabla 6-1) comparada con la del agua muestra por qué es necesario instalar los electrodos bajo la línea de congelamiento, en zonas heladas. Esta línea puede estar más profunda que los 0,6 metros típicos, en zonas montañosas.

3.1.5.1.1. Métodos de Medición de Resistividad del Terreno.

Es importante que la resistividad pueda verificarse en forma tan precisa como sea posible, ya que el valor de resistencia a tierra del electrodo es directamente proporcional a la resistividad del suelo. Si se usa un valor incorrecto de resistividad del terreno en la etapa de diseño, la medida de impedancia del sistema de tierra puede resultar significativamente diferente de lo planeado.

La prueba se realiza tradicionalmente usando un medidor de tierra de cuatro terminales.

Cuatro estacas se clavan en el suelo como se muestra en el diagrama, separadas una distancia “a” metros. La profundidad de cada estaca se trata de que no exceda “a” dividido por 20 y normalmente es inferior a 0,3 metros. Las dos estacas exteriores se conectan a los terminales de corriente C1 y C2 del instrumento y las estacas interiores, a los terminales de potencial P1 y P2, tal como se muestra en la Fig.6.

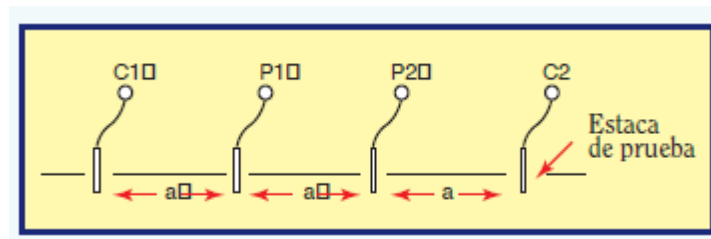


Fig.6. Método Wenner.

Fuente: Sistema de Puesta a Tierra [Manual Técnico elaborado para ProCobre.php]

Es importante asegurarse que las estacas de prueba no están insertadas en línea con cables o tuberías metálicas enterradas, ya que estos introducirán errores de medida. Si “R” es la lectura de resistividad del instrumento, en Ohms, para una separación de “a” metros, entonces la resistividad aparente está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Resistividad} = 2 \pi R a \quad \text{Ohm-metro.}$$

El término “resistividad aparente” se usa ya que la fórmula anterior supone que el terreno es uniforme hasta una profundidad “a” metros bajo el punto central del esquema de medida. Nosotros podemos obtener información respecto de la estructura real del suelo tomando una serie de lecturas, incrementando “a” en pasos de 1 metro hasta una separación de 6 metros, luego en pasos de 6 metros hasta una separación de 30 metros.

Para instalaciones de área muy grande, especialmente donde hay roca abajo, puede ser aconsejable lecturas a 50 m, 80 m y aún 100 m de separación de estacas. El instrumento empleado debe ser suficientemente preciso para medir valores de resistencia muy pequeños con estos grandes espaciamientos -del orden de 0,01 Ω a 0,002 Ω . Las medidas deben realizarse preferiblemente en un área de terreno razonablemente no perturbado.

Típicamente los valores más bajos de “a” darán altos valores de resistividad de suelo porque ellas estarán fuertemente influenciadas por la capa superficial que normalmente drena el agua o su contenido de agua está reducido por el sol y/o el viento. A medida que la distancia “a” aumenta, la resistividad aparente normalmente se reducirá, a menos que exista roca subyacente.

El método de medida de resistividad de terreno descrito es el método *Wenner*, usando estacas equidistantemente espaciadas. Existen otros métodos a usar en situaciones más difíciles. Por ejemplo la técnica de *Schlumberger*, donde la distancia entre el instrumento y cada estaca de corriente es idéntica y lo mismo entre el instrumento y cada estaca de voltaje, pero diferente entre estacas de voltaje y corriente. Esto se ilustra a continuación en la Fig.7:

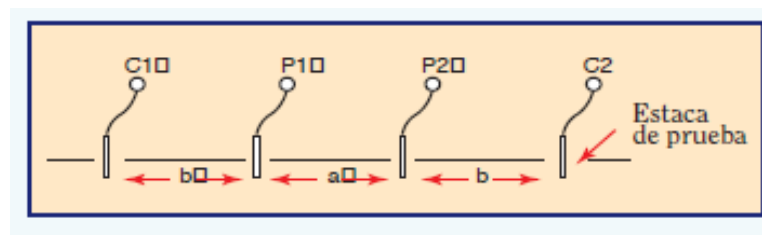


Fig.7. Técnica de *Schlumberger*.

Fuente: Sistema de Puesta a Tierra [Manual Técnico elaborado para ProCobre.php]

En este caso la resistividad resulta:

$Resistividad = \pi Rb (b/a+1)$ π Ohm-metro donde b/a se acostumbra escogerlo número entero.

Empleando la configuración de *Wenner*, la interpretación de los valores de resistividad aparente resulta más directa, lo cual permite visualizar con facilidad la tendencia del gráfico de campo. También en este caso los instrumentos pueden ser de menor sensibilidad que los empleados con la configuración de *Schlumberger*, ya que a medida que se separan los electrodos de corriente, también lo hacen los de potencial.

Por su parte, la configuración de *Schlumberger* es menos sensible a las variaciones laterales de terreno o buzamiento de los estratos, debido a que los electrodos de

potencial permanecen inmóviles. Además, la realización práctica de la medida es más ágil, ya que sólo se desplazan los electrodos de corriente.

También existen programas computacionales capacitados para calcular la resistividad del suelo cuando el espaciamiento entre estacas es arbitrario. Esto permite tomar lecturas de resistividad de terreno en lugares donde hay obstrucciones físicas (caminos, pavimentos, losa de concreto, etc.) que dificultan la aplicación del método de *Wenner*.

3.1.5.1.2. Materiales Aceptables de Baja Resistividad.

Como se mencionó previamente, la tierra tamizada fina o tierra de moldeo normalmente es un material de relleno apropiado para rodear el electrodo enterrado. Para situaciones especiales, hay diversos materiales, como los siguientes:

Bentonita: Es una arcilla color pardo, de formación natural, que es levemente ácida, con un pH de 10,5. Puede absorber casi cinco veces su peso de agua y de este modo, expandirse hasta treinta veces su volumen seco. En terreno, puede absorber humedad del suelo circundante y ésta es la principal razón para usarla, ya que esta propiedad ayuda a estabilizar la impedancia del electrodo a lo largo del año. Tiene baja resistividad - aproximadamente 5 Ohm - metro y no es corrosiva. Bajo condiciones extremadamente secas, la mezcla puede resquebrajarse ofreciendo así poco contacto con el electrodo. La Bentonita se usa más a menudo como material de relleno al enterrar barras profundas. Se compacta fácilmente y se adhiere fuertemente.

Marconita: Es esencialmente un concreto conductivo en el cual un agregado carbonáceo reemplaza el agregado normal usado en la mezcla del concreto. Tiene algunas propiedades similares a la bentonita, es decir, provoca poca corrosión con ciertos metales y tiene baja resistividad. Contiene una forma cristalina de carbón y el material global tiene bajo contenido de sulfato y cloruro. Cuando el concreto ha fraguado, se dice que la corrosión cesa. Idealmente, en el punto de ingreso a la estructura Marconita, el metal debe pintarse con bitumen o una pintura bitumástica para prevenir la corrosión en ese punto.

Cuando la Marconita se mezcla con concreto, su resistividad puede bajar tanto como a 0,1 ohm-metro. Mantiene su humedad aún bajo condiciones muy secas, de modo que ha sido usada en los climas más cálidos como una alternativa a la Bentonita. Normalmente se considera que la Marconita tiene una resistividad de 2 ohm-metro.

Yeso: Ocasionalmente, el sulfato de calcio se usa como material de relleno, ya sea solo o mezclado con Bentonita o con el suelo natural del área. Tiene baja solubilidad, por lo tanto no se desprende fácilmente lavándolo y tiene baja resistividad (aproximadamente 5-10 ohm-metro en una solución saturada). Es virtualmente neutro, con un valor de pH entre 6,2 y 6,9. Se presenta en la naturaleza en forma natural, de modo que su uso generalmente no provoca dificultades ambientales. Es relativamente barato y normalmente se mezcla con el terreno para formar un relleno alrededor del electrodo de tierra.

Otros materiales: Menudo se presentan nuevos materiales, por ejemplo una solución de cobre que crea un gel al mezclarse con otros químicos. Estos deben satisfacer la legislación respecto del ambiente y es importante confirmar realmente si es factible esperar un mejoramiento en la impedancia del electrodo cuando se usan tales productos.

Materiales de relleno inaceptables: En el pasado se usó ceniza y escoria de estaciones de potencia (centrales), cuando se pensó que su contenido de carbón podía ser beneficioso. Desafortunadamente estos materiales pueden contener óxidos de carbón, titanio, potasio, sodio, magnesio o calcio, junto con sílice y carbón. En condiciones húmedas, algunos de estos elementos inevitablemente reaccionarán con el cobre y el acero para provocar una corrosión acelerada.

3.1.6. Caída de Tensión en Conductores.

La pérdida de tensión en los conductores es consecuencia de:

- ❖ El diámetro del cable, cuanto más pequeño más pérdida.
- ❖ El largo del cable. A mayor longitud del cable mayor caída de tensión.

- ❖ El tipo de metal utilizado como conductor. A mayor resistencia del metal mayor pérdida. El cobre y el aluminio son los metales comúnmente utilizados como conductor siendo el cobre el de menor resistencia.

La fórmula para encontrar la caída de tensión en los conductores, es la siguiente:

$$\Delta V = \frac{L \cdot S \cdot \cos \Phi}{K \cdot s \cdot V_n}$$

ΔV = Caída de tensión desde el principio hasta el final de la línea, en voltios.

L = Longitud de la línea en metros.

$\cos \Phi$ = Factor de potencia.

K = Conductibilidad eléctrica, para el cobre 56

I = Intensidad de corriente en amperios.

s = Sección del conductor en mm^2 .

V_n = Voltaje nominal.

S = Potencia en VA.

3.1.7. Protecciones Eléctricas.

Los más utilizados son los interruptores termo-magnéticos, descritos a continuación.

3.1.7.1. Interruptores Termo-magnéticos⁶.

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.

En la Fig.8, puede verse la curva de desconexión de un termo-magnético, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción

⁶ Tomado de: PROTECCIONES ELÉCTRICAS,[www.ingenieriaRural.com][Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. Cátedra de Ingeniería Rural.php],[Marzo - 2011]

magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.

En el eje vertical de la curva se ubica la escala de tiempos, graduada logarítmicamente, y en el eje horizontal la escala de intensidades, graduada también a escala logarítmica, y en múltiplos de la intensidad nominal.

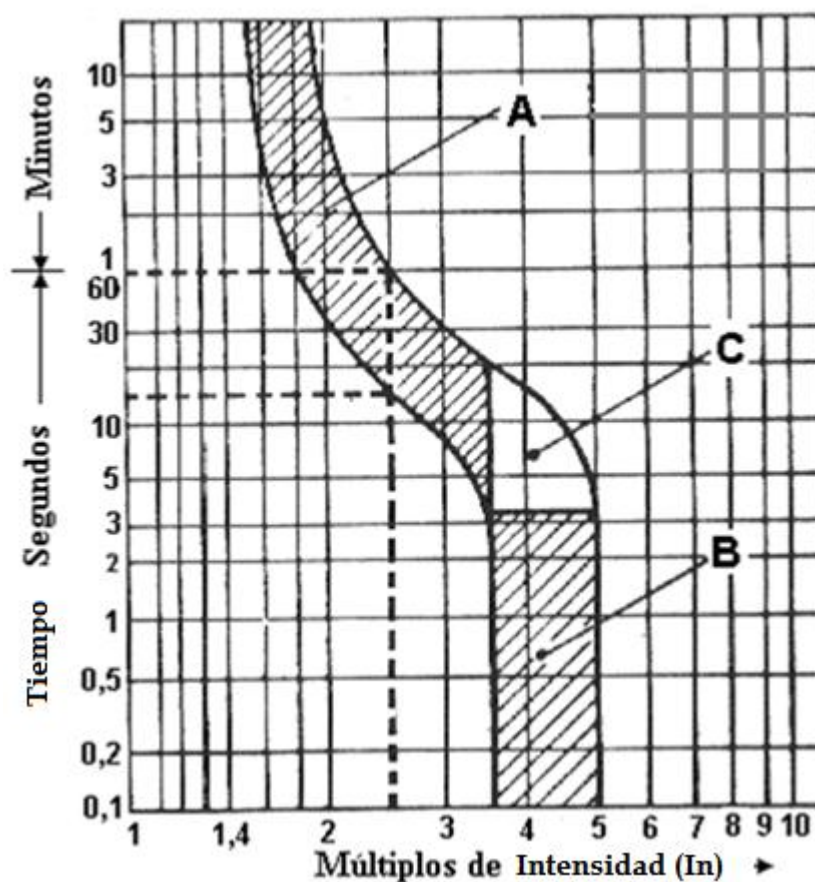


Fig. 8. Curva Característica de un Interruptor Termo-magnético.

Fuente: Protecciones Eléctricas [www.ingenieriaRural.com]

Así, por ejemplo, un punto 3 Intensidad nominal (I_n) corresponderá a 30 A, si el aparato es de 10 A, o bien a 75 A, si el aparato es de 25 A, etc. Como en casos anteriores, la zona de tolerancia delimita las dos zonas características de "no desconexión" y de "segura desconexión". Así, para una intensidad 2,5 I_n podría suceder la desconexión entre los 15 y los 60 s, siendo correcto cualquier tiempo intermedio de disparo.

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Para los termo-magnéticos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

3.7.1.1. Aplicaciones de los Interruptores Termo-magnéticos.

Los interruptores termo-magnéticos interrumpen circuitos con más rapidez y capacidad de ruptura que los fusibles normales. A la hora de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible.

Cuando se trata de termo-magnéticos tripolares, si una fase sufre perturbaciones, al disparar su polo arrastra a los otros dos y desconecta completamente el sistema. Si este circuito se hubiera protegido sólo con tres fusibles, se fundiría el correspondiente a la fase perjudicada y dejaría a todo el sistema en marcha con sólo dos fases, con los consiguientes peligros de averías que tal estado acarrea en determinados circuitos.

Otra aplicación muy interesante de los termo-magnéticos la tenemos en la posibilidad de su desconexión a distancia, ya que algunos modelos se fabrican con la particularidad de poder acoplarles una bobina llamada de *emisión* (accionada con la aparición de una tensión) o de *mínima tensión* (accionada cuando la tensión desaparece), encargada de accionar el resorte de desconexión del termo-magnético.

CAPÍTULO II.

3.2. EQUIPOS MÉDICOS DE IMAGEN.

3.2.1. Área de Instalación⁷.

3.2.1.1. Área de Instalación de una Sala de Rayos X: para exámenes de radiología convencional y especial. Se debe prever un espacio destinado a exámenes de emergencia. Debe contar con: un área de 20,00 m² para los exámenes. La puerta de la cabina estará en conexión con la sala del equipo y tendrá una ventana de control sobre el área de examen con protección de rayos X.

3.2.1.2. Área de Instalación de una Sala de Tomografía Axial Computarizada: El área de examen será de 30,00 m². Además, contará con un vestidor y servicio higiénico para pacientes. La sala de control tendrá 12,00 m² con puerta de conexión a la sala de examen y ventana de control sobre la sala de examen con protección de rayos X. En este ambiente se ubicarán los monitores de los ordenadores y la central del scanner.

3.2.1.3. Área de Instalación de una Sala de Mamografía. para los estudios específicos de mama, el área de examen será de 18,00 m². Contará con un vestidor con servicio higiénico.

3.2.1.4. Área de Instalación de una Sala de Ecografía: Ambiente para estudios con ultrasonidos, tendrá un área de examen de 14,00 m² y un vestidor con servicio higiénico para pacientes.

3.2.2. Clasificación de Equipos Médicos.

Los equipos médicos de imagen se clasifican en: equipos de rayos X y en equipos de ultrasonido.

⁷ Tomado de: PROGRAMA MÉDICO ARQUITECTÓNICO PARA EL DISEÑO DE HOSPITALES SEGUROS, [pdf.],[Diciembre - 2010]

3.2.2.1. Equipos de Rayos X⁸.

Todo equipo radiológico práctico o de propósito general, debe contar con un conjunto de componentes básicos, tal como nos muestra la Fig.9; los cuales deben de ser analizados en su función específica y en su interrelación.

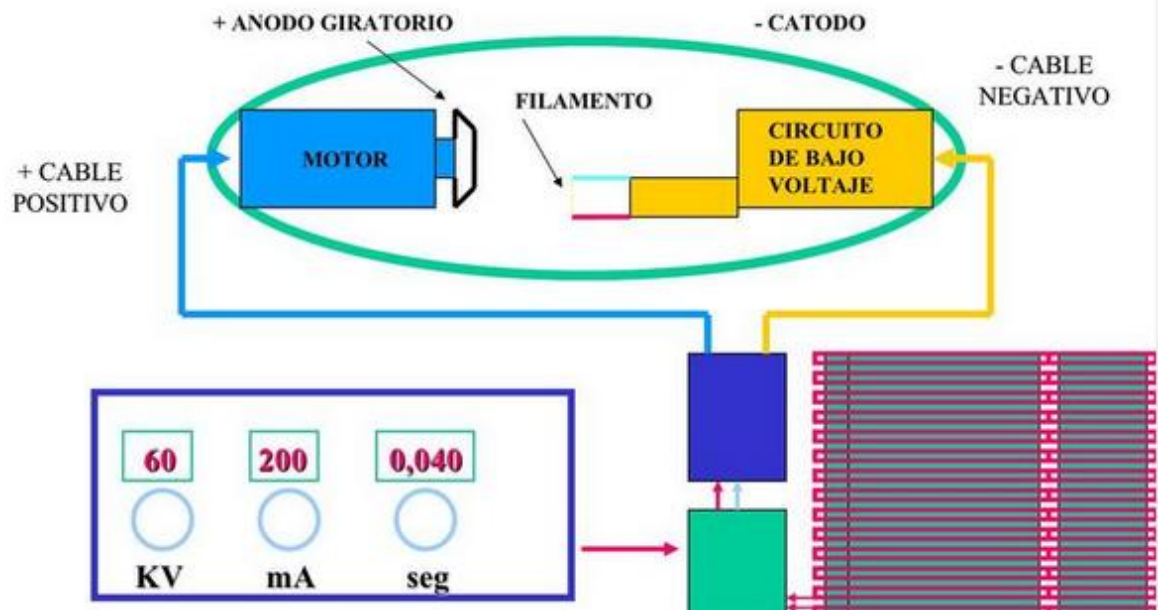


Fig.9. Conjunto de componentes básicos del rayo X.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

3.2.2.1.1. Partes Constitutivas.

Los equipos de rayos X constan de tres partes importantes, estas son: la Sección de alto voltaje, la Consola de operador, el Tubo de rayos X.

El esquema del mismo se representa en la Fig.10. Mediante un diagrama simplificado, se muestran las localizaciones de todos los medidores, controles y componentes principales.

⁸ Tomado de: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X, [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo], [Diciembre - 2010]

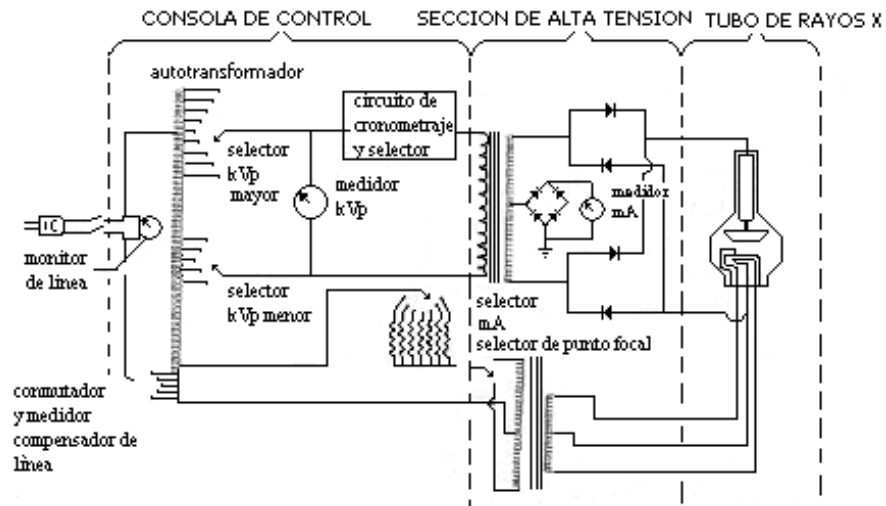


Fig.10. Diagrama simplificado de circuitos eléctricos en un aparato de rayos X.

Fuente: Análisis de la Etapa de Generación de Alto Voltaje para el Tomógrafo Emi 7070.

3.2.2.1.1. Sección de Alto Voltaje.

La sección de alto voltaje de una máquina de rayos X es la responsable de convertir el voltaje bajo que facilita la compañía eléctrica en un kilo voltaje con la forma de onda más apropiada.

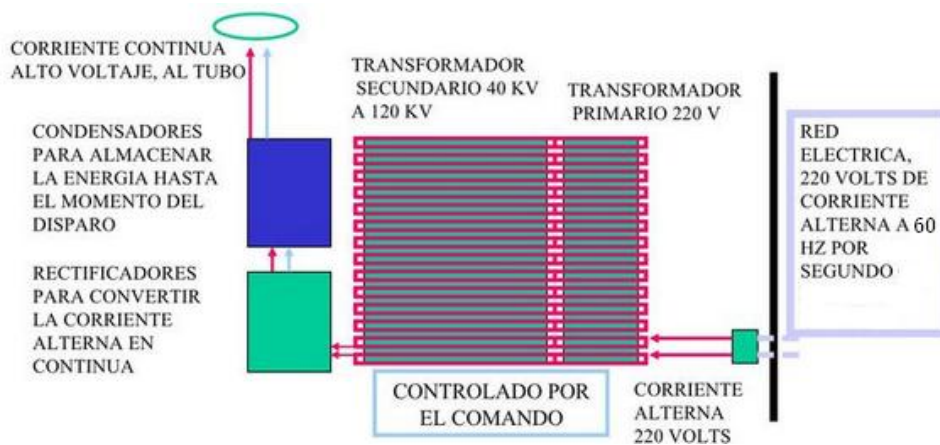


Fig.11. Elementos básicos de un equipo de Rayos X.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

La sección de alto voltaje, indicada en la Fig.11, contiene las siguientes partes: transformador elevador de alto voltaje, transformador de filamento y rectificadores; todos estos componentes están sumergidos en aceite. Aunque en la sección de alto

voltaje se genera algo de calor, el aceite se usa fundamentalmente para fines de aislamiento eléctrico.

Transformador de Alto Voltaje.

Todos los equipos cuentan con un transformador que eleva la tensión de 40.000 a 120.000 volts según lo que requiera la exposición. La relación de espiras del transformador suele oscilar entre 500 y 1000.

Rectificación de Voltaje.

Aunque los transformadores operan con corriente alterna, los tubos de rayos X deben recibir corriente continua. Dado que el flujo de electrones solo debe hacerse en la dirección cátodo-ánodo, será necesario rectificar el voltaje en el secundario del transformador de alto voltaje.

Rectificadores Trifásicos de Seis Pulsos y Seis Rectificadores.

Un sistema de este tipo utiliza una entrada primaria de tres fases y conexión delta, teniendo un secundario de tres bobinados conectados en estrella, con el punto central de la estrella conectada a dos diodos rectificadores en paralelo, uno al ánodo y otro al cátodo de dichos diodos. De esta forma la onda resultante es la secuencia de seis pulsos en un ciclo. El rectificador trifásico de onda completa suministra un voltaje continuo con seis pulsos por ciclo. Como los diferentes pulsos de tensión están muy solapados se obtiene una tensión rectificada cuyo valor oscila ya muy poco.

Generador de Alta Frecuencia.

Por medio de algunas técnicas de ingeniería, la alimentación trifásica se eleva desde 50 o 60 Hz, hasta un valor comprendido entre 500 y 25,000 Hz. Una de las ventajas del generador de alta frecuencia es el tamaño. Estos generadores pueden colocarse en la estructura del tubo de rayos X y producir una forma de onda de tensión casi constante,

como se muestra en la Fig.12, lo que produce una mejor calidad de imagen con una dosis menor recibida por el paciente.

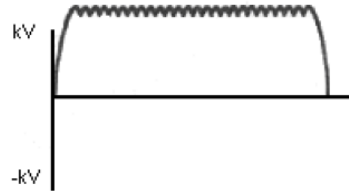


Fig.12. Forma de onda de un circuito generador de alta frecuencia.

Fuente: Análisis de la Etapa de Generación de Alto Voltaje para el Tomógrafo Emi 7070.

La generación de tensión de alta frecuencia utiliza circuitos inversores, como se muestra en la Fig.13. Estos circuitos inversores son conmutadores de alta velocidad que convierten corriente continua en una serie de pulsos cuadrados. Muchos generadores de rayos X portátiles utilizan baterías de almacenamiento y rectificadores controlados por silicio para generar ondas cuadradas de 500 Hz, que se convierten en entrada al transformador del ánodo.

Este transformador que funciona a 500 Hz, tiene unas dimensiones del orden de 10 veces inferiores a las del transformador de 60 Hz. a 500 Hz, a veces se oye el sonido del transformador durante la exposición. El pequeño intervalo de tiempo transcurrido entre pulsos sucesivos de ondas cuadradas es fácil de filtrar, lo que produce una tensión constante el ánodo.

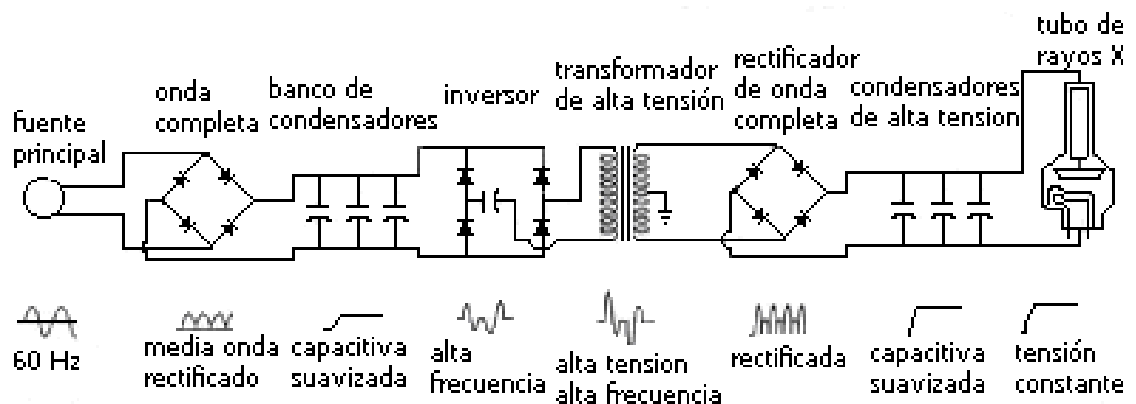


Fig.13. Circuitos inversores.

Fuente: Análisis de la Etapa de Generación de Alto Voltaje para el Tomógrafo Emi 7070.

El **Inversor**, se basa en la carga y descarga de un capacitor formando un circuito oscilador. O sea que a partir de una señal de corriente continua (DC), se obtiene una señal alterna (AC) y esta se recomienda que sea del senoidal, aunque podría ser también cuadrada.

A la salida del oscilador se pone una etapa de amplificación de acoplamiento y de ahí se pasa a la etapa de potencia, generalmente con un arreglo de transistores en clase B, como se indica en la Fig.14.

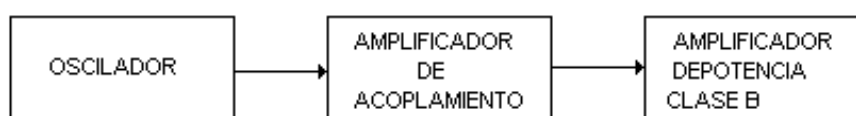


Fig.14. Diagrama a bloques de un inversor de potencia, señal de salida senoidal.

Fuente: Análisis de la Etapa de Generación de Alto Voltaje para el Tomógrafo Emi 7070.

3.2.2.1.1.2. Consola de Control.

Es la parte del aparato que nos permite comprobar la intensidad de la corriente y la tensión del tubo, de manera tal que tenga la intensidad y la capacidad de penetración apropiada para obtener una radiografía de buena calidad.

Como podemos observar en la Fig.15, la consola posee: a). Una llave de encendido; b). Un selector de amperaje calibrado en mili amperes (mA); c). Un dispositivo para fijar el tiempo de exposición calibrado en milisegundos (mS); d). Un multiplicador de amperaje por tiempo que nos informa en mili amperes por segundo (mAs); e). Un dispositivo selector de voltaje calibrado en kilo volts (KV); f). Un disparador (pulsador).



Fig.15. Consola.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

El Comando, es la parte más importante de la consola, ya que esta permite controlar el voltaje, amperaje y tiempo de la exposición. Cuenta con un pulsador de dos etapas; en la primera se cargan los condensadores, el filamento del tubo crea una nube de electrones a su alrededor u el ánodo giratorio comienza a rotar. En la segunda etapa se produce el disparo.

El comando cuenta con tres botones principales, los mismos que se pueden observar en la Fig.16, estos botones son:

- ❖ El kilo voltaje (KV), permite elegir el voltaje adecuado para la exposición. Al aumentar el voltaje, aumenta la frecuencia de los rayos X emitidos, lo cual implica que las placas salen más penetradas.
- ❖ El mili amperaje (mA), es la cantidad de corriente que se envía al tubo.
- ❖ Y el tiempo, durante el cual el tubo emite rayos X, se cuenta en milisegundo. El mili amperaje y el tiempo se multiplican en un valor llamado mAs o miliamper segundo. El mAs influye sobre la cantidad de radiación que recibe la placa, de modo que el exceso de mAs provocará que una placa sea sobreexpuesta, muy oscura, y la falta de mAs nos dará una placa subexpuesta, muy clara.

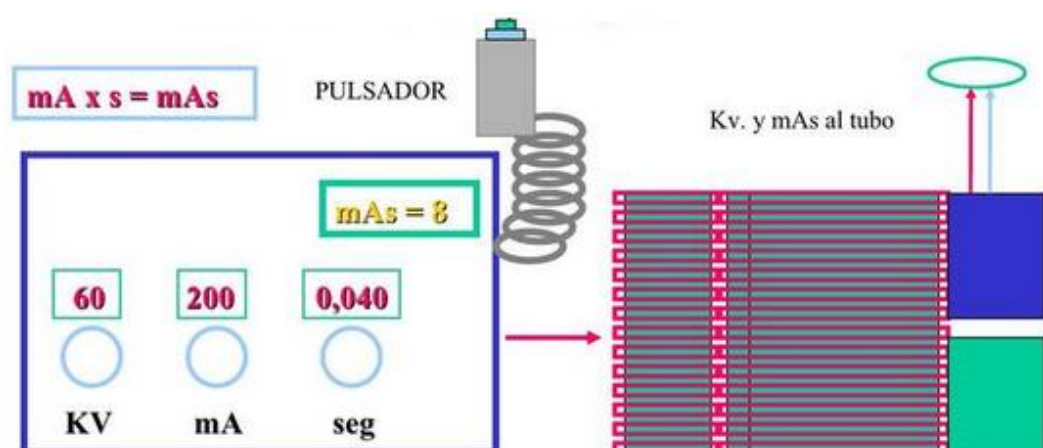


Fig.16. Botones principales del comando.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

3.2.2.1.1.3. Tubo de Rayos X.

Una vez que elegimos el voltaje, amperaje y tiempo de la emisión, podemos mandarlo al tubo de rayos X.

Cuando los electrones, acelerados, chocan con un objeto metálico, se producen rayos X. Esto significa que la energía cinética del electrón se va a transformar en energía electromagnética. La función del aparato de rayos consiste en proporcionar una intensidad suficiente de flujo de electrones para producir un haz de rayos X con la cantidad y la calidad deseada.

❖ Partes del Tubo de Rayos X.

El tubo de rayos está constituido por: la carcasa protectora de metal, la envoltura de cristal, el cátodo y el ánodo.

La Carcasa Protectora de Metal, está constituida por una capa de plomo que impide la fuga de los rayos X, evitando que salgan en todas las direcciones. Los rayos X que se emplean son aquellos que son emitidos a través de una sección especial del tubo, llamada ventana. Los rayos emitidos a través de la misma se conocen como haz útil, los restantes, que se escapan a través la carcasa protectora, corresponden a la radiación de fuga, que no contribuye a la información diagnóstica. Entre el tubo de rayos y la carcasa circula aceite, que actúa como aislante y refrigerante. La Fig.17 nos muestra la forma que tiene la carcasa.



Fig.17. Carcasa Protectora del Tubo de Rayos X.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

La Envoltura de Cristal, es un tipo especial de tubo a alto vacío, y está fabricado de un vidrio (pyrex) que puede soportar el tremendo calor generado durante la emisión de Rayos X. Este vacío es imprescindible para la producción de los Rayos X: si el tubo estuviera lleno de gas, disminuiría el flujo de electrones, se producirían menos rayos y se generaría más calor. La ventana del tubo es de un cristal más fino que deja filtrar los Rayos X. La Fig.18 nos muestra la forma de la envoltura de cristal del Tubo de Rayos X, que consta de dos partes principales: el cátodo y el ánodo.



Fig.18. Envoltura de Cristal del Tubo de RX.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

Cátodo o Polo Negativo, es la parte negativa del tubo, y tiene dos componentes principales: el filamento y la copa de enfoque, el mismo que se puede observar en la Fig.19.



Fig.19. Cátodo (El filamento se encuentra dentro de la Copa de Enfoque).

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

El filamento, es un espiral de alambre que emite electrones al ser calentado, cuando la corriente que lo atraviesa es lo suficientemente intensa (4 o 5 Amperios). De esta manera los electrones de la capa externa del filamento, entran en ebullición y son expulsados. Este fenómeno se conoce como emisión termoiónica. Los filamentos son de Tungsteno y su punto de fusión es de 3400°C. De esta manera no es posible que se

funda con el calor generado. La adición de 2% de Torio al filamento de Tungsteno va a incrementar la eficacia de la emisión de electrones y prolongará la vida del tubo.

Alrededor del filamento se forma entonces una nube de electrones en espera del momento en que el alto voltaje procedente del ánodo los atraiga, produciendo el disparo.

La copa de enfoque, es un refuerzo metálico del filamento, cuya función es la de condensar el haz de electrones en un área pequeña del cátodo. Su efectividad depende de tres factores:

- ↻ De la corriente del filamento, que regula la cantidad de electrones de salida.
- ↻ Del tamaño del filamento, que impone el tamaño del foco, que puede ser fino o grueso.
- ↻ Del selector, que se encuentra en la consola de control.

Ánodo o Polo Positivo: El ánodo es la parte positiva del tubo, y podemos observarlo en la Fig.20. Cuando los electrones chocan contra el ánodo, más del 99% de su energía cinética se convierte en calor, y debe ser eliminado rápidamente antes de que pueda fundir al ánodo.



Fig. 20. Ánodo.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

El área en la que chocan los electrones procedentes del cátodo se llama blanco, y el cobre es el material más utilizado para la conformación del cuerpo del ánodo. El Tungsteno es el material elegido para el blanco por tres motivos: a). Por el número

atómico, que proporciona mayor eficacia en la producción de rayos de alta energía; b) Porque es un material eficaz para disipar el calor; y c) Porque el tungsteno tiene un punto de fusión elevado, pudiendo soportar altas temperaturas sin que se produzcan picaduras o fisuras en el ánodo.

El ánodo puede ser de dos tipos: fijo y giratorio.

El ánodo fijo, se utiliza en aparatos de odontología, algunos portátiles y otras unidades que no requieren intensidad ni alta potencia. En los tubos de ánodo fijo, el blanco consiste en una pequeña placa de Tungsteno que se encuentra encastrada en un bloque de cobre.

El ánodo giratorio, es utilizado en equipos que deben ser capaces de producir haces de rayos de alta intensidad en un tiempo breve. En los tubos de ánodo giratorio, una zona del disco que gira es el blanco, y normalmente está formado por una aleación de Tungsteno mezclada con Terbio que le proporciona una resistencia adicional para soportar el esfuerzo de la rotación rápida. Es allí donde chocan los electrones provenientes del filamento, produciendo dos fenómenos: radiación de frenado y emisión de la capa K. En los ánodos giratorios es posible obtener tiempos de exposición más cortos, ya que el blanco es mucho mayor y el calentamiento del ánodo no se limita a un punto pequeño. Casi todos los ánodos rotatorios giran a 3400 rpm.

En los equipos grandes el ánodo es giratorio, La energía se acumula en el cátodo cuando apretamos el primer botón del pulsador. Al apretar a fondo el segundo botón, la energía se dispara y sale el haz de rayos X.

❖ **Funcionamiento del Tubo de Rayos X.**

Cuando apretamos el pulsador a medias, la energía que elegimos, tanto voltaje como amperaje y tiempo, circulan hacia el tubo de rayos X. En primer lugar, el ánodo que es giratorio, empieza a rotar para que cuando llegue la energía no lo desgaste en forma disparada. Mientras tanto, en el cátodo un circuito de bajo voltaje y corriente continua se activa encendiendo el filamento. Este se rodea de una nube de electrones que tienen

carga negativa a la espera que un tremendo cambio de potencial, en este caso 60 kV, los atraiga hacia el ánodo que ya está girando. Tal como se lo ilustra en la Fig.21.

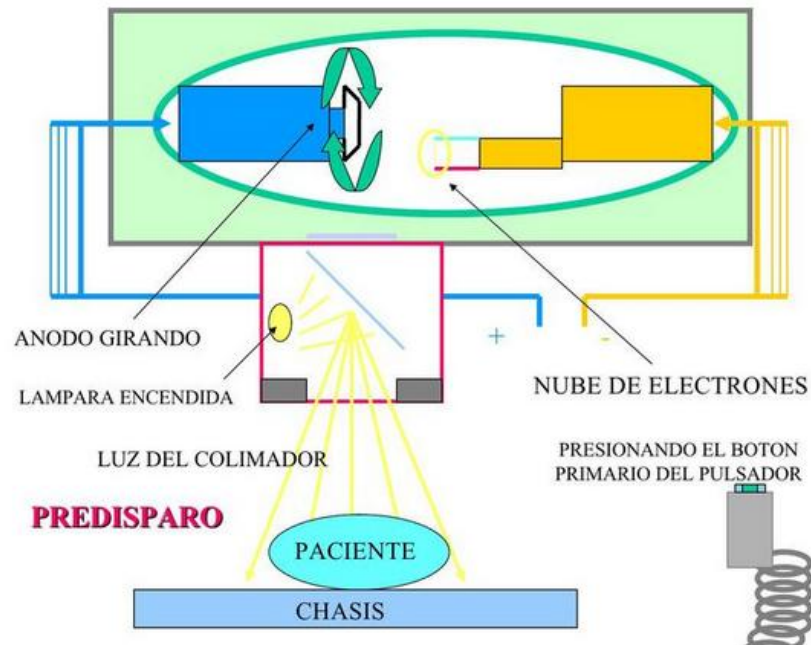


Fig. 21. Encendido del tubo de Rayos X.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

Cuando apretamos a fondo el pulsador, el ánodo giratorio recibe los 60 kV de carga positiva, con lo cual atrae a los electrones, a una velocidad específica según el voltaje indicado en el comando y a un caudal específico según el amperaje indicado. Durante el tiempo que hemos asignado también en el comando. El choque de los electrones contra el ánodo de wolframio, produce los rayos X. La radiación sale en todas direcciones, pero gracias a la forma del ánodo, una cantidad de la misma sale hacia abajo, atravesando el tubo de vidrio, un filtro de metal y el colimador. El filtro metálico es una placa redonda como una moneda grande y puede ser de cobre, aluminio o hierro. Sirve para purificar el rayo. El colimador es una caja de plástico y metal que tiene cuatro láminas de plomo que pueden abrirse y cerrarse con dos botones reguladores. Además tiene una lamparita convenientemente ubicada que refleja su luz en un espejo común con el fin de imitar la trayectoria que van a tener los rayos X, facilitando así la tarea de colimar el rayo.

Una vez que los rayos salen del punto de impacto, se dirigen hacia la salida, atravesando el filtro metálico, el espejo del colimador y de 1 a 1,80 metros de aire hasta el paciente. Luego de atravesarlo, la energía restante llega al chasis haciendo brillar sus pantallas internas e impresionando por fin a la placa fotográfica. Los rayos impresionan a la placa indirectamente, a través de la luminiscencia que ejercen en las pantallas fluorescentes. Gracias al colimador, los rayos afectan al paciente en el sector mínimo necesario para lograr la exposición, tal como se muestra en la Fig. 22.

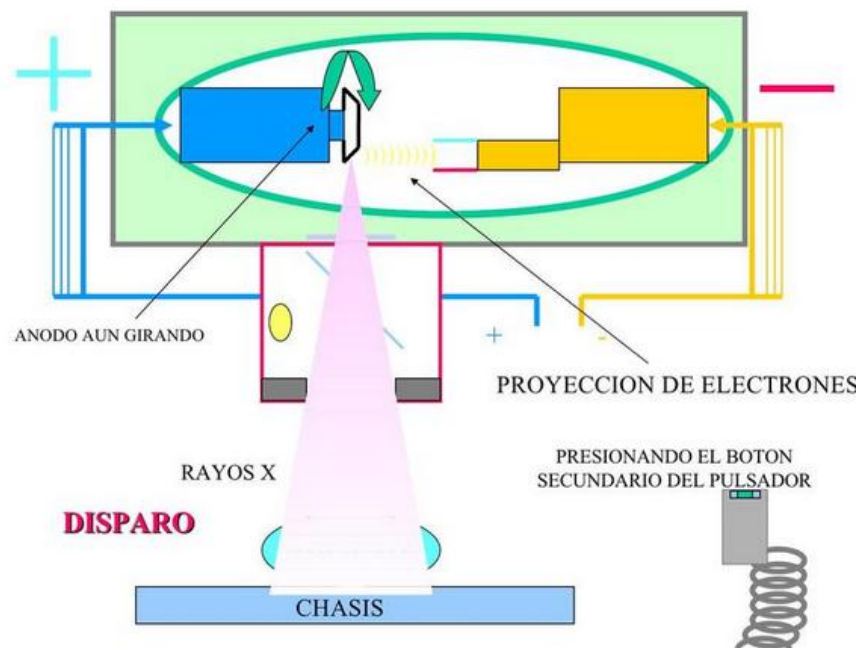


Fig. 22. Disparo del Tubo de Rayos X.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

Cuando el rayo atraviesa al paciente, pierde distintas cantidades de energía según la densidad de los tejidos que se interponen en su camino. Si la exposición no requiere del uso del Bucky, el rayo continúa su camino hasta el chasis.

El chasis, mostrado en la Fig. 23, está compuesto por una caja de plástico duro y radio lúcido, con una tapa y su contratapa. Pegada a cada una de ellas hay una felpa y una pantalla fluorescente que puede ser lenta, rápida o ultrarrápida, formada esta última por un compuesto de tierras raras. Entre ambas pantallas se ubica la película fotográfica virgen, para recibir la exposición de los rayos X.

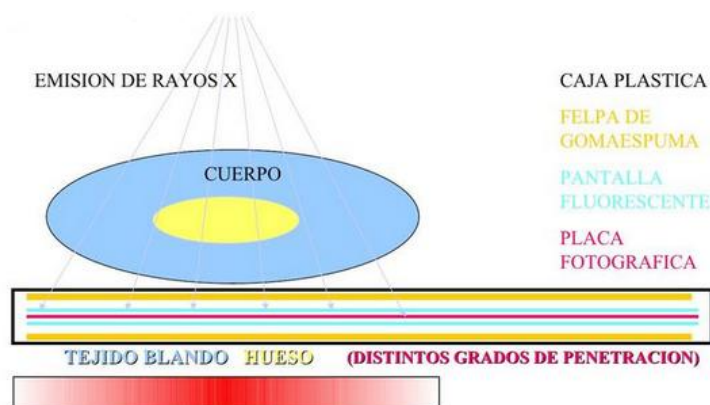


Fig. 23. Esquema del Chasis.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

Cada vez que los rayos X atraviesan un objeto, pierde energía en forma de refracción, reflexión y difracción. Esta energía perdida se conoce como radiación secundaria. El bucky es una caja que contiene laminillas de plomo y de plástico orientadas en forma de abanico hacia el foco del tubo de rayos. Si el tubo no está perfectamente alineado con el bucky de la mesa o mural, las celdillas de plomo absorberán parte de la radiación, de modo que la mitad de la placa saldrá clara y la otra mitad oscura.

Cuando los rayos refractados, difractados y reflejados intentan llegar al chasis, lo hacen en forma desordenada y distorsionada. La presencia del bucky permite sólo la entrada de los rayos directos, filtrando la radiación dispersa, dando una imagen más nítida. Esta radiación dispersa se conoce también como radiación secundaria, y es imprescindible tener en cuenta que esta radiación secundaria no sale del tubo, sino del paciente, en forma de esfera a 360 grados alrededor del mismo.

3.2.2.1.2. Factores que Influyen la Cantidad y la Calidad de los Rayos X⁹.

Los factores que determinan e influyen la cantidad y calidad de radiación X a la que se expone el paciente se denominan factores de exposición. La cantidad de la radiación X se refiere a la intensidad de la radiación y la calidad se refiere a la penetrabilidad del haz de radiación X.

⁹ Tomado de: CURSO DE RADIOLOGIA. [Universidad Privada San Juan Bautista, Facultad de Ciencias de la Salud, Escuela Profesional de Medicina Humana],[Octubre - 2010]

Tabla 2. Factores que Influyen en la Cantidad y Calidad de los Rayos X.

UN INCREMENTO EN ESTE FACTOR.	RESULTARÁ EN EL SIGUIENTE CAMBIO EN LOS RAYOS X.	
	Cantidad	Calidad
Pico de kilovoltios.	Incremento	Incremento
Miliamperios.	Incremento	Sin Cambios
Tiempo de Exposición.	Incremento	Sin Cambios
Miliamperios-segundos.	Incremento	Sin Cambios
Distancia.	Disminución	Sin Cambios
Ondulación de voltaje.	Disminución	Disminución
Filtrado.	Disminución	Incremento

Fuente: Curso de Radiología.

En la Tabla 2, se observa como el incremento de cada factor, resulta en un cambio en los Rayos X.

Las principales herramientas que los radiólogos usan para crear radiografías de alta calidad son las siguientes:

- ❖ Pico de kilovoltios (kVp).
- ❖ Miliamperios (mA).
- ❖ Tiempo de exposición.
- ❖ Distancia del tubo.

3.2.2.1.2.1. Pico de kilovoltios (kVp).

El control primario de la calidad del haz, y por lo tanto de la penetrabilidad del haz. Un haz de de rayos X de mayor calidad es un haz de mayor energía y por lo tanto con más probabilidades de penetrar la anatomía de interés.

Tiene más efecto que cualquier otro factor en la exposición del receptor de imagen porque afecta la calidad del haz. Cuando se incrementa el kVp se emiten más rayos X, y tienen más energía y penetrabilidad.

Desafortunadamente, interaccionan más por efecto Compton y producen más radiación dispersa, lo que resulta en un incremento en el ruido de la imagen y en una reducción del contraste de la imagen.

El kVp controla la escala de contraste de la radiografía, a medida que aumenta hay menos absorción diferencial y más ruido en la imagen por tanto un kVp alto resulta en una reducción del contraste de la imagen

3.2.2.1.2.2. Miliamperios (mA).

Determina el número de rayos X producido y por lo tanto la cantidad de radiación. Un cambio de mA no cambia la energía cinética de los electrones, simplemente cambia el número de electrones.

3.2.2.1.2.3. Tiempo de exposición.

Se mantienen normalmente tan cortos como sea posible, no solamente para minimizar la dosis del paciente, sino el de minimizar la pérdida de definición que puede resultar del movimiento.

Se requiere cierto tiempo de exposición para obtener un radiografía de diagnóstico, por lo tanto si se reduce se debe aumentar mA para proporcionar la intensidad de rayos X requerida.

El tiempo de exposición en segundos y el mA se combinan habitualmente y son usados como un factor mAs, tan es así que la mayoría de consolas de rayos X no permiten la selección separada.

3.2.2.1.2.4. Distancia del tubo.

La distancia foco-placa (DFP), debe ser de 100 cm en cabeza, extremidades y abdomen, y de 120 cm en tórax.

Y la distancia objeto-placa (DOP), tiene que ser la mínima posible para no tener distorsión de la imagen radiológica.

3.2.2.1.3. Clasificación de los Equipos de Rayos X.

3.2.2.1.3.1. Rayos X.

Los rayos x son una forma de radiación electromagnética, de naturaleza similar a la de la luz visible o las ondas de radio. Tienen una alta energía y una longitud de onda corta lo que les hace capaces de atravesar los tejidos. Al pasar a través del cuerpo, los tejidos más densos, como los huesos, bloquean los rayos más intensamente que los tejidos de menor densidad, como los pulmones.

Los aparatos que se utilizan para tomar radiografías (radiodiagnóstico) producen rayos X con una energía de alrededor de 120.000 electro voltios; mientras que los que se usan para el tratamiento del cáncer (radioterapia) son mucho más potentes, con una producción de energía de 2 a 20 millones de electro voltios.

3.2.2.1.3.2. Tomógrafo.

Básicamente, el tomógrafo está compuesto por un tubo generador de rayos X y un detector de radiaciones que mide la intensidad del estrecho haz emitido por el tubo de rayos X, luego que atraviesa el objeto en estudio, tal como se indica en la Fig.24.

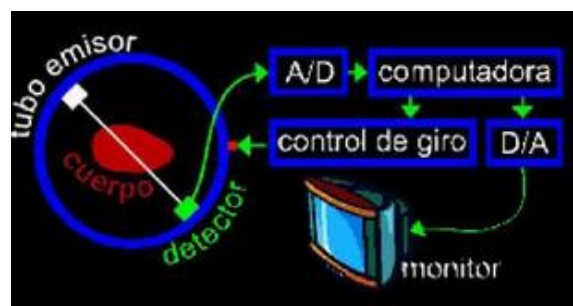


Fig.24. Esquema de funcionamiento de un tomógrafo.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

Conocida la intensidad emitida y la recibida, se puede calcular la atenuación o porción de energía absorbida, que será proporcional a la densidad atravesada. Dividiendo el plano a estudiar en una serie de celdas de igual altura que el haz y el resto de las dimensiones elegidas de forma adecuada para completar el plano, la atenuación del haz será la suma de la atenuación de cada celda. Si se consigue calcular la atenuación de cada celda se podrá conocer su densidad y, por tanto, reconstruir un mapa del plano de estudio, asignando a cada densidad un gris de una escala de negro a blanco.

3.2.2.1.3.3. Mamógrafo.

Es un sistema de diagnóstico por rayos X diseñado específicamente para comprimir y visualizar el seno. La mayoría de los sistemas de mamografía no pueden usarse para otras aplicaciones de imagenología.

Para un mejor funcionamiento el equipo debe proporcionar rayos X con una energía de fotones que se encuentre en el rango de 12 y 30 keV, para lo cual se emplea un arreglo especial de sistema de tubo y de rayos x. Estos equipos usualmente tienen un generador de alta frecuencia, los cuales tienen como principal característica la reproducibilidad de la exposición, lo que a su vez contribuye a mejorar la calidad de imagen.

El mamógrafo es un aparato radiológico que consta de:

- ❖ **Tubo emisor de Rayos X:** Los rayos X se forman cuando electrones emitidos por un filamento metálico incandescente, son proyectados a alta velocidad por efecto de una gran tensión (KV) entre un filamento emisor (cátodo) y una placa metálica (ánodo) situada frente a él. El ánodo en la mamografía es de molibdeno, aunque actualmente combina molibdeno y rodio, lo cual permite una mayor penetración. Pero hoy en día, se están utilizando mamógrafos de alta definición con foco de 0,1 – 0,3 mm.
- ❖ **Compresor:** Es una placa de plástico para comprimir la mama. Puede ser accionada manual o automáticamente. El compresor puede ser de toda la mama o localizado, comprimiendo solo una pequeña porción de ella.

- ❖ **Rejilla antidifusora (bucky):** Es un dispositivo con láminas paralelas de material radioactivo (plomo) y radiotransparente orientadas en la dirección de la radiación principal para eliminar la radiación difusa.
- ❖ **Controlador Automático de exposición:** Reduce tiempo de exposición y dosis de radiación, conservando la calidad de mamografía.
- ❖ **Detector Fotográfico:** Las películas radiográficas son especiales para mamografía, con una sola emulsión y con pantallas de refuerzo, lo que permite una reducción de la radiación de 7 – 8 veces con relación a otras películas. (Chasis).

Magnificadores: Es una asesoria adicional con el que se consigue aumentar la distancia lesión – película, logrando así una ampliación de 1,5 a 2 veces de un sector de la mama, siempre con foco de 0,1 mm para conseguir que no aumente la borrosidad.

3.2.2.2. Equipos de Ultrasonido.

El Ultrasonido podría entonces definirse como un tren de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, originadas por la vibración de un cuerpo elástico y propagadas por un medio material y cuya frecuencia supera la del sonido audible por el género humano: 20.000 ciclos/s (20 KHz) aproximadamente.

Estos equipos al presentar un mal funcionamiento, fallo o ausencia de estos, pueden tener un significativo impacto sobre el cuidado del paciente, pero no provoca de forma inmediata daños severos al paciente.

3.2.2.2.1. Ecógrafo¹⁰.

La Ecografía, Ultrasonografía o Ecosonografía es un procedimiento de imagenología que emplea los ecos de una emisión de ultrasonidos dirigida sobre un cuerpo u objeto como fuente de datos para formar una imagen de los órganos o masas internas con fines de diagnóstico.

10 Tomado de: ECOGRAFO, [<http://issuu.com/biomedica23185/docs/ecografo.#download>], [Julio 2011]

El Ecógrafo a través de los cristales de su transductor, mediante el efecto piezoeléctrico genera una onda de ultrasonidos, que viaja por el interior de los tejidos sobre los que incide. Esta onda se atenúa como consecuencia de la absorción, se refleja y se refracta a causa de la diferencia de impedancias acústicas (interface), dependientes de la densidad, que presentan los diferentes tejidos que componen los órganos. Las ondas producidas por la reflexión en la interface (ecos) son recogidas por otros transductores que convierten las señales acústicas en señales eléctricas para su procesamiento y composición de la imagen. A continuación en la Fig.25 se muestra un esquema del funcionamiento de un Ecógrafo.

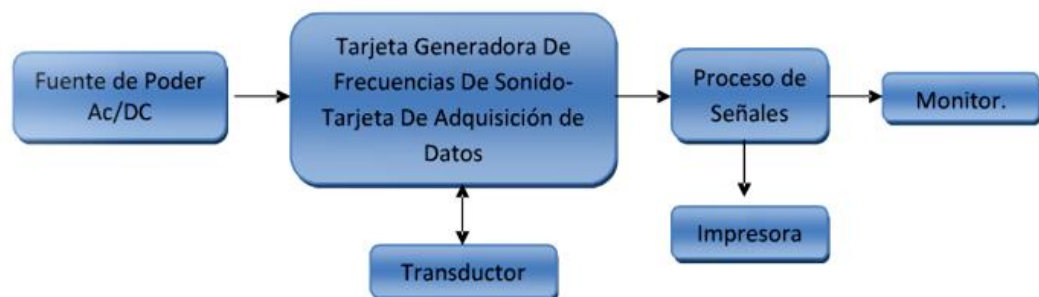


Fig. 25. Esquema de funcionamiento de un Ecógrafo.

Fuente: Características Físicas de Equipos de Rayos X [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo].

CAPÍTULO III.

3.3. NORMAS APLICADAS EN EL ACONDICIONAMIENTO ELÉCTRICO DE EQUIPOS MÉDICOS.

3.3.1. NORMA APLICADA AL DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES.

3.3.1.1. SECCIÓN 517. Instituciones de Asistencia Médica¹¹.

517-3. Definiciones.

Instalaciones de rayos X (a régimen prolongado): Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento de cinco minutos o más.

Instalación de rayos X (a régimen momentáneo): Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos.

Régimen de tiempo momentáneo¹², aplicado a equipos de rayos X o de tomografía computarizada: Régimen que es aplicable para períodos de operación de no más de 20 segundos.

Instalación de rayos X (móviles). Equipo de rayos X montado en una base permanente con ruedas, roda chinas o una combinación de ambas que facilita su movimiento estando totalmente montado.

Instalación de rayos x (portátiles) Equipo de rayos X que se puede llevar a mano.

Instalación de rayos X (transportables). Equipo de rayos X que se puede instalar en un vehículo o que se puede desmontar para transportarlo en un vehículo.

11 Tomado de: CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO.[Instituto Ecuatoriano de Normalización],[Noviembre - 2010]

12 Tomado de: CODIGO ELECTRICO NACIONAL DEL PERU, SECCIÓN 260. INSTALACIONES DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES. [República del Perú, Ministerio de Energía y Minas],[Octubre - 2011]

B. Alambrado y protección.

517-13. Puesta a tierra de los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos.

a) **Áreas de cuidado del paciente.** En una área utilizada para cuidado del paciente, los terminales de tierra de todos los tomacorrientes y todas las superficies conductivas de los equipos eléctricos fijos por las que pueda pasar corriente que, estén expuestas al contacto con las personas y que funcionen a más de 100 V se deben poner a tierra con un conductor de cobre aislado. El conductor de puesta a tierra debe tener una sección según la Tabla 250-95 y estar instalado en canalizaciones metálicas con los conductores de los circuitos ramales que suministran corriente a los tomacorrientes o equipos fijos.

Excepciones:

- 1) *No son necesarias canalizaciones metálicas cuando se utilicen cables certificados Tipo Mi, MC o AC siempre que el blindaje metálico externo o el recubrimiento del cable estén identificados como medio aceptable de puesta a tierra.*
- 2) *Se permite poner a tierra las tapas metálicas por medio del tornillo o tornillos de montaje que sujetan las tapas a una caja de salida puesta a tierra o a un dispositivo de alambrado puesta a tierra.*
- 3) *No es necesario poner a tierra mediante un conductor aislado de puesta a tierra los aparatos de alumbrado e interruptores que estén a más de 2,3 m sobre el piso.*

b) **Métodos.** Además de los requisitos del Artículo 517-13.a), todos los circuitos ramales en áreas de cuidado del paciente deben tener una vía a tierra para las corrientes de falla, mediante la instalación de un sistema de canalizaciones metálicas o cables. El sistema de canalizaciones metálicas o de blindaje o recubrimiento del cable deben estar aprobados como medio de puesta a tierra de los equipos, según lo establece el Artículo 250-91.b), los cables tipo MC y MI deben tener un blindaje o recubrimiento metálico exterior identificado como medio aceptable de puesta a tierra.

517-14. Conexión equipotencial de los paneles de distribución. Las conexiones terminales de puesta a tierra de los equipos en los paneles de distribución de los

circuitos ramales normales y esenciales que den suministro a la misma área de cercanía de los pacientes, se deben conectar equipotencialmente con un conductor continuo de cobre aislado de sección no menor al $5,25 \text{ mm}^2$ (10AWG). Cuando más de dos paneles de distribución sirvan el mismo lugar, este conductor debe ser continuo de un panel a otro pero se permite que sea discontinuo para terminar en el terminal (barra) de tierra de cada panel.

517-19. Áreas de cuidados críticos.

g) Puesta a tierra de los tomacorrientes para usos especiales. El conductor de puesta a tierra de los equipos, que esté conectado a tomacorrientes para equipos especiales, como un equipo móvil de rayos X, debe prolongarse hasta los puntos de puesta a tierra de referencia de los circuitos secundarios en todos los lugares en los que sea probable que se utilicen tales tomacorrientes. Cuando ese circuito esté alimentado desde un sistema aislado sin poner a tierra, no es necesario que el conductor de tierra vaya con los conductores en tensión, no obstante, el polo a tierra de los equipos de esos tomacorrientes especiales debe estar conectado al punto de tierra de referencia.

E. Instalaciones de rayos X.

517-71. Conexión al circuito de suministro.

a) Equipos fijos y estacionarios. Los equipos de rayos X fijos y estacionarios se deben conectar a la fuente de alimentación mediante un método de alambrado que cumpla los requisitos generales de este Código.

Excepción: Se permite que los equipos debidamente conectados a un circuito ramal de no más de 30 A nominales, lo estén mediante un cable o cordón de uso pesado y una clavija de conexión adecuada.

b) Equipos portátiles, móviles y transportables. No se requieren circuitos ramales individuales para los equipos de rayos X móviles, portátiles y transportables que no requieran una capacidad superior a 60 A.

c) **Suministro a más de 600 V.** Los circuitos y equipos que funcionen conectados a sistemas de más de 600 V, deben cumplir lo establecido en la Sección 710.

517-72. Medios de desconexión.

a) **Capacidad.** En el circuito de suministro se debe instalar un medio de desconexión que tenga la mayor de las siguientes capacidades: el 50% como mínimo de la entrada necesaria para régimen momentáneo o el 100% de la entrada necesaria para régimen prolongado del equipo de rayos X.

b) **Ubicación.** El medio de desconexión debe ser acción desde un lugar fácilmente accesible en el puesto de control de los rayos X.

c) **Equipos portátiles.** Como medio de desconexión para equipos conectados a circuitos ramales de 120 V y 30 A o menos, se permite utilizar, una clavija conectada a un tomacorriente de capacidad adecuada y con polo a tierra.

517-73. Valores nominales de los conductores de suministro y de la protección contra sobrecorriente.

a) Equipo de diagnóstico.

1) La capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro para el circuito ramal y del dispositivo de protección contra sobre corriente, debe ser la mayor de las siguientes: el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo o el 100% de la capacidad en régimen prolongado.

2) La capacidad del corriente del alimentador y de los dispositivos de protección contra sobre corriente a los que estén conectados dos o más circuitos ramales para unidades de rayos X, no debe ser menor al 50% de la demanda nominal instantánea de la unidad de mayor capacidad, más el 25% de la demanda nominal instantánea de las siguiente unidad en magnitud más el 10% de la demanda nominal instantánea de cada unidad adicional. Cuando se hagan con los artefactos de rayos X exámenes simultáneos por las

dos caras, la capacidad nominal de los conductores del circuito de alimentación y de los dispositivos de protección contra sobre corriente debe ser el 100% de la demanda nominal instantánea de cada artefacto de rayos X conectado.

NOTA.- La sección transversal mínima de los conductores de los circuitos alimentadores y ramales viene determinada también por las necesidades de tensión. Para una instalación específica, el fabricante suele indicar las secciones transversales mínimas, de los conductores y los valores del transformador de distribución, la capacidad de los medios de desconexión y de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

517-75. Instalaciones de equipos. Todos los equipos para instalaciones nuevas de rayos X y los equipos usados o reacondicionados de rayos X que se instalen en otro lugar, deben ser tipo aprobado.

517-77. Instalación de los cables de alta tensión para rayos X. Se permite que los cables que conecten los tubos e intensificadores de imagen de los equipos de rayos X, que tengan blindaje puesto a tierra, se instalen en bandejas o bateas de cables al lado del equipo de control y de los conductores de la fuente de alimentación, sin necesidad de barreras que los separen.

517-78. Resguardo y puesta a tierra.

a) Partes a alta tensión. Todas las partes a alta tensión, incluidos los tubos de rayos X, se deben montar dentro de encerramiento puesta a tierra se deben utilizar medios aislantes como aire, aceite, gas u otro medio adecuado, en conexión desde el equipo de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes también de alta tensión, se debe hacer con cables de alta tensión blindados.

b) Cables de baja tensión. Los cables de baja tensión que se conecten con unidades en aceite que no estén completamente herméticas, como transformadores, condensadores, enfriadores de aceite e interruptores de alta tensión, deben tener aislante resistente al aceite.

c) **Partes metálicas no portadores de corriente.** Las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos de rayos X y equipos asociados (de control, mesas, soporte de los tubos de rayos X, tanques de transformadores, cables blindados, cabezales de los tubos de rayos X, etc), se deben poner a tierra como especifica la Sección 250 y las modificaciones de los Artículos 517-13.a) y b).

3.3.2. NORMA APLICADA AL ROTULADO DE CONDUCTORES¹³.

3.3.2.1. SECCIÓN 310. Conductores para Instalaciones en General.

310-11. Rotulado.

a) **Información necesaria.-** Todos los conductores y cables deben ir rotulados con la información necesaria que indiquen los siguientes datos, según el método aplicable entre los que se describen el siguiente apartado.

- 1) El voltaje nominal máximo que soporta el conductor.
- 2) La letra o letras que indican el tipo de hilos o cables, tal como se especifica en otro lugar de este código.
- 3) El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.
- 4) La sección transversal en mm² (número AWG o kcmils).

b) **Métodos de rotulado.**

1) **Rótulos en la superficie.-** Los siguientes conductores y cables deben rotular en su superficie de modo indeleble. La sección transversal en mm², calibre AWG o la sección en kcmils se deben repetir a intervalos no superiores a 0,6m. Todas las demás marcas se deben repetir a intervalos no superiores a 1m.

a. Cables y alambres de uno o varios conductores, con aislamiento de caucho o termoplástico.

¹³ Tomado de: CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO.[Instituto Ecuatoriano de Normalización],[Noviembre - 2010]

- b. Cables con recubrimiento no metálico.
- c. Cables de entrada de acometida.
- d. Cables de circuitos alimentadores y ramales subterráneos.
- e. Bandejas de cables.
- f. Cables de equipos de riego.
- g. Cables de potencia limitada para bandejas.
- h. Cables para bandejas de instrumentos.

2) **Cinta de rotular.-** Para rotular los cables multi conductores con recubrimiento metálico, se debe emplear una cinta de rotular situada dentro del cable y a todo lo largo del mismo.

Excepciones:

- 1) *Los cables con recubrimientos metálicos y aislamiento mineral.*
- 2) *Los cables de tipo AC.*
- 3) *Se permite que la información exigida en el Artículo 310-11.a) se rotule de modo indeleble en el recubrimiento externo no metálico de los cables de tipos MC, ITC o PLTC, a intervalos no superiores a 1,0m.*
- 4) *Se permite que la información exigida por el Artículo 310-11.a) esté rotulada de manera duradera en un revestimiento no metálico colocado bajo el forro metálico de los cables Tipo ITC o PLTC a intervalos no mayores de 1,0m.*

NOTA.- Los cables con recubrimiento metálico son los de tipo AC (Sección 333), tipo MC (Sección 334) y con blindaje de plomo.

1) Rotulado mediante etiquetas. Los siguientes cables y conductores se deben rotular mediante una etiqueta impresa sujeta al rollo, bobina o caja de cartón del cable:

- a. Cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.
- b. Alambres de los cuadros de distribución.
- c. Cables de un solo conductor con recubrimiento metálico.
- d. Conductores cuya superficie exterior sea de asbesto.
- e. Cables de tipo AC.

2) Rotulado opcional del calibre del cable. Se permite que la información exigida en el anterior apartado a). 4) vaya rotulada en la superficie de cada conductor aislado de los siguientes cables multiconductores:

- a. Cables de tipo MC.
- b. Cables en bandejas.
- c. Cables de equipos de riego.
- d. Cables de potencia limitada para bandejas.
- e. Cables de potencia limitada para sistemas de alarma contra incendios
- f. Cables de bandejas de instrumentos.

c) Sufijos para designar el número de conductores.- Una letra o letras solas deben indicar un solo conductor aislado. Las siguientes letras utilizadas como sufijo indican lo que se expresa en cada una:

D: Dos conductores aislados en paralelo, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.

M: Conjunto de dos o más conductores aislados y trenzados en espiral, dentro de un recubrimiento exterior no metálico.

d) Rótulos opcionales.- Se permite que los conductores de los tipos certificados en las Tablas 310-13 y 310-61, lleven en su superficie rótulos que indiquen características especiales o el material de los cables.

3.3.3. NORMA APLICADA AL DIMENSIONAMIENTO DE CANALIZACIONES.

3.3.3.1. SECCIÓN 362. Canaletas Metálicas y no Metálicas para Cables.

A. Canaletas metálicas para cables.

362-1. Definición.- Las canaletas metálicas para cables son cajas de lámina metálica con tapa abisagrada o removible, para albergar y proteger cables eléctricos y en los

cuales se instalan los conductores después de instalada la canaleta, como un sistema completo.

362-2. Uso.- Sólo se permite usar las canaletas metálicas en instalaciones expuestas. Las canaletas metálicas instaladas en lugares mojados deben ser herméticas a la lluvia. No se deben instalar canaletas metálicas: 1) cuando estén expuestas a daños físicos graves o vapores corrosivos ni 2) en ningún lugar peligroso (clasificado), excepto lo permitido en los Artículos 501-4,b), 502-4,b) y 504-20.

Excepción.- Se permite instalar canaletas para cables en espacios ocultos según lo establecido en el Artículo 540-4, Excepción c.

362-4. Sección transversal de los conductores.- En una canaleta de cables no se debe instalar ningún conductor de mayor sección transversal que el diseñado para la canaleta.

362-5. Número de conductores.- Las canaletas de cables no deben contener más de 30 conductores portadores de corriente en ningún sitio. No se consideran conductores portadores de corriente los de los circuitos de señalización o los de control entre un motor y su arrancador, utilizados únicamente para el arranque del motor.

La suma de las secciones transversales de todos los conductores contenidos en cualquier lugar de la canaleta no debe superar el 20 % de la sección transversal interior de la misma.

A los 30 conductores portadores de corriente que ocupen el 20 % del espacio, como se acaba de indicar, no se les debe aplicar los factores de corrección de la Sección 310 Nota 8. a) ni las notas a las Tablas de capacidad de corriente de 0 a 2 000 V.

362-7. Empalmes y derivaciones.- En las canaletas para cables se permiten hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben, ocupar más del 75% de la sección transversal de la canalización en ese punto.

362-8. Soportes.- Las canaletas para cables se deben apoyar de acuerdo con lo siguiente:

a) Soporte horizontal.- Cuando discurren horizontalmente, las canaletas para cables se deben apoyar a intervalos que no superen los 1,5 m o tramos que no superen los 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están certificadas para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe superar los 3,0 m.

b) Soporte vertical.- Los tramos verticales de canaletas para cables se deben sujetar a intervalos que no superen los 4,5 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de las canaletas para cables se deben sujetar bien de modo que constituyan un conjunto rígido.

362-9. Extensión a través de paredes.- Se permite que las canaletas metálicas para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-10. Extremos finales.- Los extremos finales de las canaletas para cables se deben cerrar.

362-11. Extensiones desde las canaletas para cables.- Las extensiones desde las canaletas para cables se deben hacer mediante cordones colgantes que incluya un medio de puesta a tierra de los equipos. Cuando se utilice un conductor independiente de puesta a tierra de los equipos, la conexión de los conductores de puesta a tierra de la instalación con la canaleta debe cumplir lo establecido en los Artículos 250-113 y 250-118. Cuando se empleen tubos conduit rígidos no metálicos, tuberías eléctricas no metálicas o tubos conduit no metálicos flexibles herméticos a los líquidos, la conexión del conductor de puesta a tierra de equipos desde el tubo conduit no metálico hasta la canaleta de cables metálica debe cumplir lo establecido en los Artículos 250-113 y 250-118.

362-12. Rótulos.- Las canaletas para cables se deben rotular de modo que después de su instalación quede claramente visible el nombre del fabricante o su marca comercial.

B. Canaletas no metálicas para cables.

362-14. Definición.- Las canaletas no metálicas para cables son cajas de material no metálico retardante de la llama, con tapa abisagrada o removible, para albergar y proteger cables eléctricos y en las cuales se instalan los conductores después de instalada la canaleta, como un sistema completo.

362-15. Usos permitidos.- Se permite el uso de canaletas no metálicas certificadas para cables:

1) Sólo en instalaciones expuestas.

Excepción: Se permite instalar canaletas para cables en espacios ocultos según lo establecido en el Artículo 640-4, Excepción c.

2) Cuando estén expuestas a vapores corrosivos.

3) En lugares mojados, cuando estén certificadas para este fin.

NOTA.- Las temperaturas muy bajas pueden hacer que las canaletas no metálicas para cables se vuelvan frágiles y por tanto sean más susceptibles de daños por contactos físicos.

362-16. Usos no permitidos.- No se deben utilizar canaletas no metálicas para cables:

1) Cuando estén expuestas a daños físicos.

2) En lugares peligrosos (clasificados).

3) Cuando estén expuestas a la luz del sol, excepto si están rotuladas como adecuadas para ese uso.

4) Cuando estén expuestas a temperaturas ambientes distintas a las que está certificada la canaleta no metálica.

5) Con conductores cuyos límites de temperatura de aislamiento superen aquellos para los que está certificada la canaleta no metálica.

362-17. Otras secciones.- Las instalaciones de canaletas no metálicas para cables deben cumplir las disposiciones aplicables de la Sección 300. Cuando la Sección 250 exija la

puesta a tierra de los equipos, en la canaleta no metálica se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de equipos.

362-18. Sección transversal de los conductores.- En una canaleta no metálica de cables no se debe instalar ningún conductor de mayor sección transversal que el diseñado para la canaleta.

362-19. Número de conductores.- La suma de las secciones transversales de todos los conductores contenidos en cualquier lugar de una canaleta no metálica para cables no debe superar el 20 % de la sección transversal interior de la misma. No se consideran conductores portadores de corriente los de los circuitos de señalización o los de control entre un motor y su arrancador utilizados únicamente para el arranque del motor. A los conductores portadores de corriente que ocupen el 20 % del espacio, como se acaba de indicar, se les debe aplicar los factores de corrección de la Sección 310, Nota 8.a) de las notas a las Tablas de Capacidad de corriente de 0 a 2 000 V.

362-21. Empalmes y derivaciones.- En las canaletas para cables se permiten hacer derivaciones que sean accesibles. Los conductores, incluidos los empalmes y derivaciones, no deben ocupar más del 75% de la sección transversal de la canalización en ese punto.

362-22. Soportes.- Las canaletas para cables se deben apoyar así:

a) Soporte horizontal.- Cuando discurren horizontalmente, las canaletas para cables se deben apoyar a intervalos que no superen los 0,9 m o tramos que no superen los 1,5 m, en cada extremo o unión, excepto si están certificadas para otros intervalos. La distancia entre los soportes no debe superar los 3,0 m.

b) Soporte vertical.- Los tramos verticales de canaletas para cables se deben sujetar bien a intervalos que no superen los 1,2 m y no debe haber más de una unión entre dos soportes. Las secciones unidas de las canaletas para cables se deben sujetar bien de modo que constituyan un conjunto rígido.

362-24. Extensión a través de paredes.- Se permite que las canaletas no metálicas para cables pasen a través de paredes si el tramo que pasa por la pared es continuo. Se debe mantener el acceso a los conductores por ambos lados de la pared.

362-25. Extremos finales.- Los extremos finales de las canaletas para cables se deben cerrar.

362-26. Extensiones de las canaletas para cables.- Las extensiones de las canaletas para cables se deben hacer mediante cordones colgantes o cualquier método de alambrado del Capítulo 3. Se debe instalar un conductor independiente de puesta a tierra de los equipos por cualquiera de los métodos aplicados al alambrado de la extensión.

362-27. Rótulos.- Las canaletas no metálicas para cables deben ir rotuladas de modo que, después de su instalación, se vea claramente el nombre del fabricante o su marca comercial y su sección interior en centímetros cuadrados. Se permite identificar con el sufijo LS las canaletas no metálicas para cables con producción limitada de humo.

3.3.4. NORMA APLICADA EN LA EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

3.3.4.1. Norma IRAM 2281-7: Instalaciones de Puesta a Tierra y de Seguridad Eléctrica para Uso Hospitalario¹⁴.

A continuación presentamos las condiciones que se deben cumplir en la instalación de puesta a tierra para uso hospitalario.

3.3.4.1.1. Sistema de Puesta a Tierra de Uso Hospitalario.

En la Fig.26, se puede observar un ejemplo conceptual de un sistema de Puesta a Tierra de Uso Hospitalario.

¹⁴ Tomado de: ESQUEMA DE NORMA IRAM 2281-7.[Instituto Argentino de Normalización],[Noviembre - 2011]

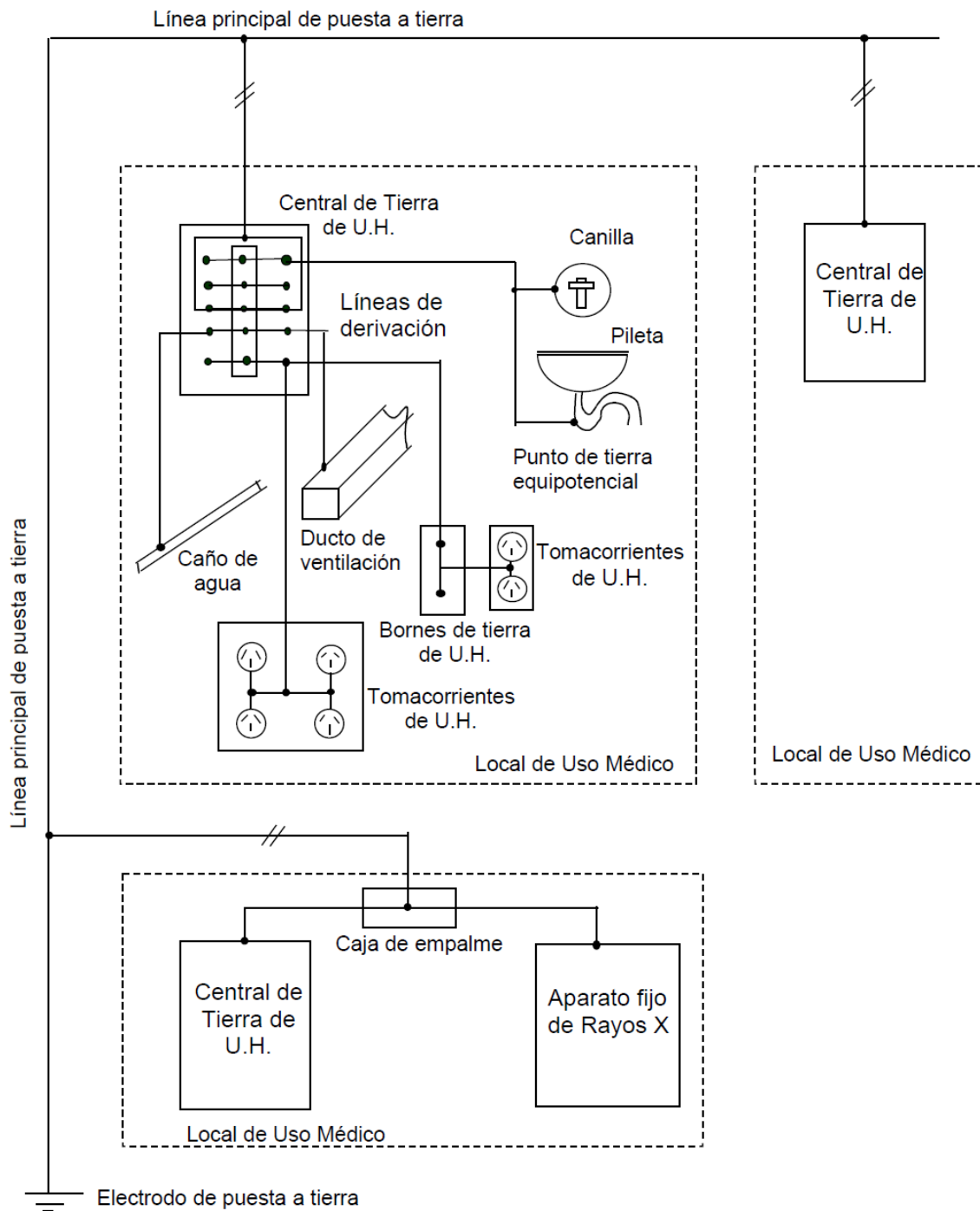


Fig. 26. Ejemplo conceptual de un sistema de Puesta a Tierra de Uso Hospitalario.

Fuente: Esquema de Norma IRAM 2281-7

3.3.4.1.1. Tierra de protección.

Las instalaciones de tierra de protección en los locales de uso médico deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- 1.-Para cada local de uso médico se deberá instalar una Central de tierra de uso hospitalario, tomacorrientes de uso hospitalario y borne de tierra de uso hospitalario.
- 2.-El cableado eléctrico para la puesta a tierra de los tomacorrientes y los bornes de puesta a tierra de uso hospitalario debe conectarse directamente a la Central de tierra de uso hospitalaria, mediante las respectivas líneas o conductores de derivación o “líneas secundarias”.
- 3.-Las líneas o conductores de derivación o líneas secundarias deben tener una aislación de PVC para 1000 V (norma IRAM 2183), identificada mediante el color verde - amarillo, con una sección mínima de 2,5 mm², o la que resulte de acuerdo con el cálculo de la norma IRAM 2281-3, si fuera mayor.
- 4.-La resistencia entre el borne de tierra del tomacorriente de uso hospitalario, o del borne de puesta a tierra y la Central de tierra de uso hospitalario, no debe ser mayor que 0,1 Ω . Dicha resistencia se medirá por el método de la “caída de tensión”, haciendo pasar una corriente alterna de 10 A a 25 A, desde una fuente mayor que 6 V, sin carga.
- 5.-Tanto la Central de puesta a tierra de uso hospitalario como los bornes de tierra de uso hospitalario, deben cumplir con la norma IRAM 2441.
- 6.-Los tomacorrientes utilizados deben cumplir con la norma IRAM 2071.
- 7.- Para la puesta a tierra de equipos o aparatos eléctricos de uso hospitalario fijos, tales como equipos de Rayos X o similares, se deberá conectar a tierra la parte conductora expuesta, mediante conductores con una aislación de PVC para 1000 V, con una sección nominal de acuerdo con la Tabla 2, bicolor verde amarillo.
 - a) En caso de que la sección nominal del cable o conductor de puesta a tierra sea de 2,5 mm², el conductor de tierra deberá conectarse directamente a la Central de puesta a tierra de Uso Hospitalario, ubicada en el local de uso Médico donde se instale el equipo.
 - b) En el caso que la sección nominal sea de 4 mm² o mayor, este conductor deberá conectarse directamente a la línea de puesta a tierra principal, ubicada en la caja de

empalme más cercana al borne de puesta a tierra del local de uso médico donde se instalará el aparato. En este caso, la sección del conductor principal de puesta a tierra desde la caja de empalme hasta el electrodo de tierra o, eventualmente, la estructura de acero, o la armadura de la estructura de hormigón armado del edificio, solamente si ellos se utilizan como línea principal de puesta a tierra y cumplen los requisitos de la norma IRAM 2281-3, deberá cumplir con lo indicado en la tabla 250-95 (Anexo 7), y esta línea de tierra no deberá ser utilizada en común con otras habitaciones de uso médico. Debe ser de uso exclusivo.

3.3.4.1.1.2. Valor de la Resistencia de Puesta a Tierra.

El valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario deberá ser menor que 3Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes. Cuando sea prácticamente imposible obtener dicho valor (ejemplo: zonas rocosas, pedregosas, arenosas, etc.) se podrán aceptar valores mayores (hasta 50Ω), llevando a cabo los cableados de tierra equipotencial en los locales de uso médico.

3.3.5. NORMA APLICADA EN LA EVALUACIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

3.3.5.1. Factor de Potencia (Regulación No. CONELEC 004/01) ¹⁵.

En la Regulación CONELEC – 004/01 al hablar de factor de potencia dice que “para efectos de evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.”

Medición: Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

¹⁵ Tomado de: REGULACIÓN No. CONELEC - 004/01. [Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución],[Consulta: Enero- 2010].

Límite: El valor mínimo es de 0,92.

3.3.6. NORMA APLICADA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS DE CONTROL¹⁶.

La Norma IEC 60439-01 define las condiciones de empleo, las disposiciones constructivas, las características técnicas y los ensayos para los tableros eléctricos de Baja Tensión. Es aplicable a tableros del tipo seriado (TTA) y derivados de serie (PTA), cuya tensión de servicio no supere los 1000 V ac o 1500 V cc.

Un tablero testeado es un tablero eléctrico diseñado y ensayado según la norma IEC 60439-1, el cual cumple satisfactoriamente los siguientes ensayos:

- ❖ Límites de calentamiento: Garantiza la vida útil de los componentes y previene los disparos intempestivos de las protecciones.
- ❖ Propiedades dieléctricas: Garantiza que durante el ensamble los componentes de los tableros no sufran algún daño.
- ❖ Resistencia a los cortocircuitos: Permite garantizar una reanudación rápida del servicio después del incidente.
- ❖ Eficacia del circuito de protección.
- ❖ Distancias de aislamiento y líneas de fuga: Garantiza la calidad de los materiales aislantes utilizados en los tableros.
- ❖ Funcionamiento mecánico.
- ❖ Verificación de IP e IK: Garantiza el grado de protección contra penetración de cuerpos sólidos, líquidos y la resistencia al impacto de los envolventes.

3.3.6.1. Norma Aplicada para Pulsadores.

Los pulsadores se usan en mandos generales de arranque y de parada, también en mandos de circuito de seguridad (paro de emergencia). Pueden ser metálicos cromados

¹⁶ Tomado de: TABLEROS FABRICADOS Y ENSAYADOS SEGÚN LA NORMA IEC 60439-1. [<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc>],[Consulta: Noviembre - 2010].

para ambientes de servicio intensivo. Son totalmente plástico, para ambientes agresivos y están disponibles con diámetros de 16, 22 y 30 mm (Normas NEMA).

La Norma IEC 60204-1 establece el código de colores para los visualizadores y los pilotos, por ejemplo:

- ❖ Piloto rojo: Emergencia, condición peligrosa que requiere una acción inmediata.
- ❖ Piloto amarillo: Anormal, condición que puede llevar a una situación peligrosa.
- ❖ Piloto blanco: Neutro, información general.
- ❖ Pulsador rojo: Emergencia, acción en caso de peligro.
- ❖ Pulsador amarillo: Anormal, acción en caso de condiciones anormales.

En la Fig. 27, se indica las diferentes formas y colores que tienen los pulsadores y pilotos.



Fig. 27. Pulsadores y Pilotos.

Fuente: Tableros Fabricados y Ensayados según la Norma IEC 60439-1

3.3.6.2. Norma Aplicada para Lámparas de Señalización.

Las lámparas de señalización, elementos de comando y control, los instrumentos de medición, serán montados sobre paneles frontales, o puertas abisagradas.

La norma IEC 60204-1, establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados:

Señalización luminosa:

- ❖ Rojo: urgencia.
- ❖ Amarillo/Naranja: anomalía.
- ❖ Verde: funcionamiento normal.
- ❖ Azul: acción obligatoria.
- ❖ Blanco: chequeo.

En la Fig. 28, se muestran algunas imágenes de lámparas de señalización.



Fig. 28. Lámparas de Señalización.

Fuente: Tableros Fabricados y Ensayados según la Norma IEC 60439-1.

3.3.6.3. Norma Aplicada para Conductores del Tablero de Control.

517-74. Conductores de los circuitos de control.

a) **Número de conductores en una canalización.** El número de conductores de los circuitos de control instalados en una canalización debe establecerse de acuerdo con el Artículo 300-17.

300-17. Número y tamaño de los conductores en una canalización.- El número y tamaño de los conductores en cualquier canalización no debe ser mayor de lo que permita la disipación de calor y la facilidad de instalación o desmontaje sencillo de los conductores sin perjudicar a otros conductores o a su aislamiento.

b) **Sección transversal mínima de los conductores.** En los circuitos de control y funcionamiento de los equipos de rayos X y sus auxiliares que están protegido por

dispositivos de protección contra sobre corriente de 20 A como máximo, se deben usar alambres de artefactos como especifica el Artículo 725-27 y cordones flexibles.

725-27. Conductores de los circuitos Clase 1.

a) Sección transversal y usos.- Se permite usar conductores con sección transversal de 0,82 mm² (18 AWG) y 1,31 mm² (16 AWG) siempre que las cargas alimentadas no superen las capacidades de corriente dadas en el Artículo 402-5 y además estén instalados en una canalización, un encerramiento aprobado o un cable certificado. Los conductores de sección transversal mayor a 1,31 mm² (16 AWG) no deben alimentar cargas mayores que las capacidades de corriente dadas en el Artículo 310-15. Los cordones flexibles deben cumplir lo dispuesto en la Sección 400.

b) Aislamiento.- El aislamiento de los conductores debe ser adecuado para 600 V. Los conductores de sección transversal mayor a 1,31 mm² (16 AWG) deben cumplir lo establecido en la Sección 310.

Los conductores con sección transversal de 0,82 mm² (18 AWG) y de 1,31 mm² (16 AWG) deben ser de Tipo FFH-2, KF-2, PAF, PAFF, PF, PFF, PGF, PGFF, PTF, PTFF, RFH-2, RFHH-2, RFHH-3, SF-2, TF, TFF, TFFN, TFN, ZF o ZFF. Se permite usar conductores de otros tipos o espesores de aislamiento, siempre que estén certificados para usarlos en circuitos Clase 1.

Los conductores a utilizar en el cableado interno serán de cobre con aislación de PVC VN2000 antillama deslizante, para 1000 V. Para el cableado de los tableros se respetarán los siguientes puntos:

- ❖ Para los circuitos con intensidades de hasta 15 A se utilizarán conductores de sección 2,5 mm².
- ❖ Para los circuitos de comando y señalización se emplearán conductores de sección 1,5 mm².
- ❖ Para los circuitos de fuerza motriz el cableado se ejecutará con una sección mínima de 4mm², pero como regla, se dará una sección adecuada a la máxima corriente del interruptor correspondiente.

- ❖ Para los transformadores de corriente se utilizara 4mm^2 .

Todo el cableado del tablero deberá realizarse con conductores de igual color al de las barras de fase, neutro y puesta a tierra. Todos los conductores estarán individualizados por un mismo número colocado en ambos extremos mediante anillos numerados indelebles. Esta numeración se corresponderá con la indicada en los respectivos esquemas unifilares y funcionales.

Todas las conexiones a borneras de comando, se realizarán mediante terminales del tipo a compresión aislados. Todas las conexiones de entrada y/o salida del tablero, se harán a través de borneras componibles de poliamida montadas sobre riel DIN de capacidad acorde con la del cable que conecta, en sección y diámetro. Las borneras serán de marca a especificar. Cada borne estará individualizado de forma indeleble por el mismo número indicado en los respectivos esquemas funcionales y trifilares.

El cableado interno del tablero se dispondrá en canales de PVC con tapa, fijados rígidamente a la bandeja. Serán del tipo auto extingible y tendrán dimensiones adecuadas, previéndose en todos los casos la posibilidad de una sección de reserva no utilizada mínima del 20%.

3.3.6.4. Norma Aplicada en el Dimensionamiento y Estructura de la Caja.

Los gabinetes serán autos portantes contruidos con perfiles de chapa de hierro doble decapados. Las estructuras serán con chapa calibre DWG. Especificado por el cliente.

Los paneles, sub paneles y compartimentos, si corresponde, serán en chapa DWG N°14 y tendrán una concepción del tipo modular o artesanal, permitiendo con esta concepción modificaciones y/o eventuales extensiones futuras. Todas las uniones de paneles o estructuras estarán atornilladas formando un conjunto rígido y de esta manera asegurar la perfecta puesta a tierra de las masas metálicas y la equipotencialidad de todos sus componentes.

Los tornillos tendrán un tratamiento anticorrosivo en base de zinc. Debido a esto las masas metálicas del tablero estarán eléctricamente unidas entre sí y al conductor principal de protección de tierra. Los cerramientos abisagrados metálicos, se conectarán a la estructura por medio de mallas trenzadas de sección no inferior a 6 mm^2 .

Todos los tableros contarán con una barra de puesta a tierra general. Dicha barra de puesta a tierra será de cobre electrolítico de sección no inferior a 250 mm^2 en los tableros generales de baja tensión.

Para facilitar la posible inspección interior del tablero, todos los componentes eléctricos estarán fácilmente accesibles por el frente mediante subpaneles abisagrados que permitirán una apertura mínima de 90° . Estos tendrán identificación de acrílico con fijación mediante tornillos, que corresponda con lo indicado en el esquema eléctrico y se montarán sobre guías o placas y fijados sobre travesaños específicos para sujeción.

3.3.7. NORMA REFERENTE AL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN.

3.3.7.1. Norma EN-50160 y Regulación en Ecuador

3.3.7.1.1. Nivel de Voltaje.

3.3.7.1.1.1. CONELEC (Ecuador) ¹⁷:

El CONELEC es el organismo encargado de regular todo lo que concierne al uso de energía eléctrica en ese país, tal como su generación, transmisión, distribución y como en este caso calidad de voltaje a través de la norma No. CONELEC-004/01.

Para determinar su calidad este organismo establece parámetros a través de fórmulas como la que mostraremos a continuación:

¹⁷ Tomado de: REGULACIÓN No. CONELEC - 004/01. [Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución],[Enero-2010].

Índice de Calidad.

$$\Delta V_K(\%) = \frac{V_K - V_n}{V_n} \times 100$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Mediciones.

La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles. El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro de voltaje en cada uno de los siguientes puntos de medición:
 - a) 20% de las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV, no menos de 3.
 - b) 0,15% de los transformadores de distribución, no menos de 5.
 - c) 0,01 % de los Consumidores de Bajo Voltaje del área de concesión, no menos de 10.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con el registro del voltaje se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Límite.

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3. Variaciones de voltaje admitidas con respecto al Valor del Voltaje Nominal.

Variaciones de Voltaje	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	$\pm 7,0 \%$	$\pm 5,0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Urbanas	$\pm 10,0 \%$	$\pm 8,0 \%$
Bajo Voltaje. Rurales	$\pm 13,0 \%$	$\pm 10,0 \%$

Fuente: Regulación No. CONELEC - 004/01

3.3.7.1.1.2. EN-50160 (Norma Europea de Calidad de Energía)¹⁸.

La Norma Europea también establece la forma en que se debe llevar a cabo la medición de la calidad de voltaje. La manera en como lo establece se enuncia a continuación:

Magnitud de la fuente de voltaje:

1. Cada medición el voltaje promedio RMS por cada fase sobre un determinado intervalo de 10 min.

2. Periodo de observación: 1 semana con pasos fijos de 10 minutos.

N: número de intervalos de 10 minutos en los cuales el voltaje está dentro del +/-15% del nominal.

¹⁸ Tomado de: TESIS DE GRADO.[Análisis de calidad de energía acerca de la calidad del producto de la zona urbana de milagro del Área de concesión de la empresa eléctrica Milagro], [Enero - 2012]

N1: número de intervalos en los cuales el voltaje difiere más del 10% del nominal y está dentro del +/-15% del nominal.

3.3.7.1.2. Perturbaciones.

Las perturbaciones al voltaje son varias, entre las que se tienen; parpadeo, armónicos, interarmónicos, sag, swell, etc.

Pero las regulaciones en general han escogidos los dos problemas principales, estos son: armónicos y parpadeo.

3.3.7.1.2.1. CONELEC (Ecuador) ¹⁹.

A continuación se describe la parte de la regulación del producto que se refiere a las perturbaciones, dentro de los cuales tenemos: Parpadeo (flicker) y Armónicos.

❖ Parpadeo (Flicker).

Índice de Calidad.

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al flicker, se considerará el Índice de Severidad por Flicker de Corta Duración (Pst), en intervalos de medición de 10 minutos, definido de acuerdo a las normas IEC; mismo que es determinado mediante la siguiente expresión:

$$P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50}}$$

Donde:

Pst: Índice de severidad de flicker de corta duración.

P_{0.1}, P₁, P₃, P₁₀, P₅₀: Niveles de efecto “flicker” que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del periodo de observación.

¹⁹ Tomado de: REGULACIÓN No. CONELEC - 004/01. [Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución],[Enero-2010].

Mediciones.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.
4. Para cada mes, el registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de efecto “Flicker” para intervalos de 10 minutos y de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 60868.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de flicker, se efectuarán mediciones de monitoreo de flicker, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

Límites.

El índice de severidad del Flicker Pst en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad. Se considera el límite $Pst = 1$ como el tope de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestia el ojo humano en

una muestra específica de población. Se considerará que el suministro de electricidad no cumple con el límite admisible arriba señalado, en cada punto de medición, si las perturbaciones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecido en este numeral, por un tiempo superior al 5 % del período de medición de 7 días continuos.

❖ Armónicos.

Índices de Calidad.

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) \times 100 \qquad THD = \left[\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right] \times 100$$

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico “i” (para $i = 2 \dots 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Mediciones.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

1. Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.
2. Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.
3. Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad.

4. En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

Límites.

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación en la Tabla 4. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

Tabla 4. Valores Límites de los Voltajes Armónicos individuales (V_i' y THD').

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

Fuente: Regulación No. CONELEC - 004/01

3.3.7.1.2.2. EN 50160 (Norma Europea de Calidad de Energía)²⁰.

❖ Armónicos de Voltaje.

Todas las mediciones de Armónicos esta definidas por la norma IEC 61000-4-7.

Periodo de observación: 1 semana con pasos fijos de 10 minutos.

Se define N como el número de intervalos de 10 minutos en los cuales el voltaje está dentro de +/- 15% del nominal.

N1: Numero de intervalos en los cuales el nivel de una o más Armónicos individuales son excedidos y el voltaje se encuentra dentro del +/- 15% del nominal.

N2: número de intervalos en los que el THD de onda o más fases excede el 8% y el voltaje se encuentra dentro del +/- 15% del nominal (el THD incluye todas las Armónicos hasta la 40th).

El Voltaje Armónico cumple con la norma si $N1/N$ es $\leq 5\%$ y $N2/N$ es $\leq 5\%$ durante el periodo de observación.

❖ Flicker.

Los valore de flicker Pst (short term) y Plt (long term) son generados de acuerdo a la norma IEC 61000-4-15.

Periodo de observación: 1 semana con intervalos definidos para el Pst de 10 min. Un valor del Pst es considerado valido si el voltaje esta dentro del +/- 15% del nominal y/o no hay ningún voltaje dip de $\geq 15\%$

²⁰ Tomado de: TESIS DE GRADO.[Análisis de calidad de energía acerca de la calidad del producto de la zona urbana de milagro del Área de concesión de la empresa eléctrica Milagro], [Enero - 2012]



N: número de valores de Plt recogidos durante un periodo de observación (basado en 12 validos valores consecutivos de Pst).

N1: número de intervalos en los cuales el $Plt > 1$

El flicker cumple con la norma si $N1/N \leq 5\%$ durante el periodo de observación.

CAPÍTULO IV.

3.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN.

3.4.1. Analizador de Redes.

En la actualidad existen equipos de medición digitales de alta precisión con márgenes de errores mínimos los cuales son utilizados para tomar mediciones precisas. Estos equipos de medición poseen un programa para variación de tiempos validos tanto para el proyecto como para las empresas distribuidoras que usan esas mediciones para presentar los informes de Calidad de Servicio Eléctrico al CONELEC que según la regulación N0 004/01 deben ser hechas en periodos de 10 minutos de los diferentes parámetros como son voltajes, potencia, armónicos, flicker, etc.

3.4.1.1. Manual del FLUKE 1743.

El registrador de calidad de potencia 1743 permite realizar un estudio de la carga a lo largo de un período especificado o monitorizar la calidad de la potencia para descubrir e informar perturbaciones en las redes de tensión baja y media.

El registrador presenta un diseño ligero y compacto. Su caja está sellada según las especificaciones IP 65, por lo que puede utilizarse al aire libre en cualquier tipo de clima.

INTRODUCCIÓN A LAS FUNCIONES DE REGISTRO.

El registrador monitoriza la calidad de la potencia y localiza perturbaciones en redes de distribución de tensión baja y media. Mide un máximo de 3 tensiones y 4 corrientes. Los valores registrados se guardan en los períodos secuenciales de promediación elegidos. Los valores medidos pueden evaluarse gráfica o numéricamente con el software PQ Log.

El modelo 1743, mostrado en la Fig.29, cuenta con la función de registro P. Los valores medidos se guardan como valores promediados a lo largo de los períodos seleccionados por el usuario. Los valores medidos se pueden evaluar gráficamente o en forma tabulada con el software PQ Log.

Parámetros y funciones de registro:

- ❖ Tensión eficaz de cada fase (media, mín, máx)
- ❖ Corriente eficaz de cada fase y neutra (media, mín, máx)
- ❖ Eventos de tensión (caídas, subidas, interrupciones)
- ❖ Potencia (kW, kVA, kVAR, factor de potencia PF, tangente de potencia)
- ❖ Energía, energía total
- ❖ Flicker (Pst, Plt).
- ❖ THD de la tensión
- ❖ THD de la corriente
- ❖ FC de la corriente
- ❖ Armónicos de tensión hasta el 50o orden (no incluidos en la función P)
- ❖ Interarmónicos de tensión (no incluidos en la función P)
- ❖ Tensión de señalización de la red eléctrica
- ❖ Desequilibrio
- ❖ Frecuencia.



Fig. 29. Fluke 1743.

Fuente: Manual de instalación.

3.4.2. Probador de Resistencia a Tierra.

Los probadores de resistencia a tierra miden resistencias de electrodos de tierra y pequeñas mallas de tierra en cualquier condición atmosférica sin el uso de electrodos de tierra auxiliares.

Los probadores de resistencia a tierra de mordaza se utilizan en sistemas de tierra múltiples sin tener que desconectar los electrodos de tierra durante el ensayo.

3.4.2.1. Manual de Instrucciones del PROBADOR DE RESISTENCIA A TIERRA MODELO 3710.

En la Fig.30, podemos observar la imagen del probador de resistencia a tierra modelo 3710.



Fig. 30. Probador de Resistencia a Tierra.

Fuente: Manual de instalación.

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS.

En la Tabla 5, se muestran los rangos de medición de resistencia a tierra y corriente de pérdida.

Tabla 5. Rangos de Medición de Resistencia a Tierra y Corriente de Pérdida.

RESISTENCIA A TIERRA.			
Rango de Medición	Rango	Resolución	Precisión¹.
Auto-Rango 1,0 a 1200Ω	1,0 a 50,0Ω	0,1Ω	±(1,5% + 0,1Ω)
	50,0 a 100,0Ω	0,5Ω	±(2,0% + 0,5Ω)
	100,0 a 200,0Ω	1Ω	±(3,0% + 1Ω)
	200,0 a 400,0Ω	5Ω	±(6,0% + 5Ω)
	400,0 a 600,0Ω	10Ω	±(10% + 10Ω)
CORRIENTE DE PERDIDA O CORRIENTE A TIERRA.			
Auto - Rango 1mA a 30,00Arms	1 a 300 mA	1 mA	±(2,5% + 2 mA)
	0,300 a 3,00 A	0,001 A	±(2,5% + 2 mA)
	3,00 A 30,00 A	0,01 A	±(2,5% + 20 mA)

Fuente: Manual de instalación.

Frecuencia de medición de resistencias: 1689 kHz.

Sobrecarga de resistencia: OL indicado sobre 1200 Ω.

Frecuencia de medición de corriente: 47 a 800 Hz.

Sobrecarga de corriente: OL indicado sobre 30 A rms.

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS.

Dimensiones: 235 x 100 x 55 mm.

Peso: 1 Kg.

Material del estuche: Lexan[®] 920 A (UL94V2)

Material de recubrimiento de las mordazas: Lexan[®] 500R con 10% de fibra de vidrio (UL94V0)

Material de recubrimiento del cristal de cuarzo líquido: Lexan[®] 920A (UL94V0).

Color: Cuerpo gris y mordazas rojas.

Diámetro de la ventana entre mordazas: 32 mm.

Apertura de las mordazas: 35 mm.

Temperatura de operación: -10° a 55°C

Temperatura de almacenaje: -40° a 70°C

Humedad de operación: 0 a 90% RH de -10° a 40°C, 75% RH a 55°C.

Fuente de poder: Batería de 9 V Alkalina.

Duración de la batería: 8 horas o aproximadamente 1000 mediciones de 30 segundos.

Cristal de cuarzo líquido: de 3-3/4 dígitos de 44x28 mm.

ESPECIFICACIONES DE SEGURIDAD.

Aprobaciones pendientes en UL, CSA, GS

Doble Aislación: IEC 1010-1

Medio ambiente: IP30, IEC 359 Grupo III

Prueba de vibración: IEC 68-2-6

Ensayo de impacto: IEC 68-2-27

Ensayo de caída: (1 metro) IEC 68-2-32

Ensayo dieléctrico: 2500V AC.

Tensión de trabajo: 150V, Cat III Grado de Polución 2

300V, Cat III Grado de Polución 1.

Máxima corriente de sobrecarga: 100 A continuos, 200 A (menos 5 seg.) 50/60 Hz

Aparece OL por sobre 30 A rms.

Ciclo de calibración: Se recomienda una calibración anual.

CONTROLES.

En la Fig.31, se indica los controles que tiene el Probador de Resistencia a Tierra.

- 1. Conjunto Cabezal.-** Consiste en dos núcleos magnéticos blindados individualmente.
- 2. Hold (Retener).-** Congela el último valor medido en el display.
- 3. Display.-** Cristal de cuarzo líquido de 3000 "count", indicador de funciones.
- 4. On-Off.-** Encendido/Apagado, activa su propio circuito de prueba en el encendido.
- 5. Ω (Ohm).-** Medición de resistencias.
- 6. A.-** Medición de corrientes.

7. Leva.- Abre o cierra las mordazas.

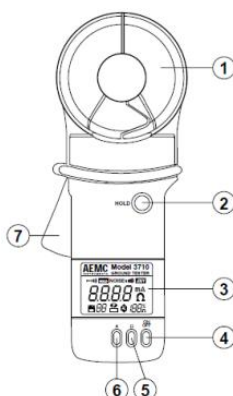


Fig. 31. Controles del Probador de Resistencia a Tierra.

Fuente: Manual de instalación.

CARACTERÍSTICAS DEL DISPLAY DIGITAL.

En la Fig.32, se indica las características que presenta el display del probador de resistencia a tierra.

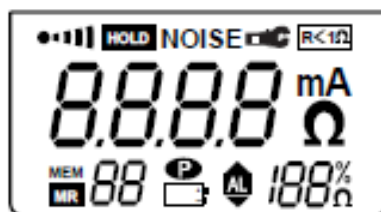


Fig. 32. Características del Display Digital.

Fuente: Manual de instalación.

••••• Indica cuando el sonido está activado. Para activarlo o desactivarlo pulsar On & OHM juntos al encenderlo. El sonido está activado cuando está indicada la señal en el display.

HOLD Indica cuando la función HOLD (Retener) está activada. Esta función bloquea el último valor aparecido en pantalla. Mientras HOLD está activado, la función Ohm, A y alarma están desactivadas. la función memoria puede ser utilizada.



Indica que las mordazas del instrumento no están correctamente cerradas. La indicación de mordazas abiertas se obtiene únicamente en el modo Ohm. Verificar la presencia de cuerpos extraños en la superficie de contacto de aquellas.

NOISE En la función Ohm, este símbolo indica la presencia de excesivo ruido en el electrodo de tierra de ensayo. Este símbolo estará presente si las señales de ruido alcanzan una amplitud aproximada de 5A o 50 Volts. No serán válidos los valores de resistencia medidos.



Indica cuando la resistencia medida es inferior a 1 Ohm. Puede indicar que el electrodo de tierra que se está probando es continuo en sí mismo (el instrumento está midiendo un loop metálico y no la resistencia del electrodo a tierra). En este caso, las medidas de resistencia pueden no ser válidas.

mA, A Modo de medición de Corriente.



Modo de medición de Resistencia a Tierra.



Indica que la función de apagado automático está desactivada y que el instrumento permanecerá encendido (hasta que el usuario lo apague). Si el símbolo no está indicado en el display, luego de 5 minutos sin usar el instrumento se apagará automáticamente. Esta condición se obtiene presionando el pulsador HOLD en el encendido.



Aparece este símbolo en forma intermitente (1 por segundo) cuando la batería tiene carga. Las mediciones son aún posibles de realizar. Cuando este símbolo está continuamente indicado, las mediciones no son posibles y es necesario el reemplazo de la batería.



Indica el porcentaje aproximado de vida útil remanente de la batería (0 - 100%). Esta función es indicada solamente en el encendido inicial del instrumento, cuando el pulsador se mantiene presionado por más de 3 segundos.

199n Este símbolo de sobrecarga (OVER LOAD) se encenderá cuando la medición leída está más allá de los límites del instrumento:

Resistencia	>1200	OHMS.
Corriente	>30,00	A rms.

El beeper es activado en sobrecorriente.

99 La función de memoria está activada. 99 valores separados pueden ser almacenados por cada valor de resistencia (Ohm), corriente (A), o la combinación de ambos. En el valor 99 el display comenzará a parpadear indicando la memoria está completa.

CONTROLES DE FUNCIONAMIENTO.

Encendido/ Apagado: Cuando son oprimidos los pulsadores de Encendido y Apagado (ON/OFF) actúan con un tono de control audible. Una vez encendido, el instrumento estará en la función Ohm y luego cambiará a OL hasta que se haga alguna medición. cuando el pulsador ON se oprime y se mantiene, luego de 3 segundos, el instrumento emitirá un sonido y brindará las características de autocontrol indicando todas las funciones en el display.

Apagado Automático: El instrumento se apaga automáticamente luego de 5 minutos sin utilizarse. Generará un corto sonido 15 segundos antes de apagarse y el display destellará una vez por segundo. El Apagado Automático puede ser desactivado encendiendo el instrumento mientras se mantiene oprimido el pulsador HOLD. El indicador "P" aparecerá en la pantalla para informar que la característica de Apagado Automático ha sido desactivada.

HOLD (Retener): El pulsador HOLD congela la última medición en pantalla. Cuando la función RETENER está **HOLD** activada, aparecerá en la pantalla.

Cuando la función RETENER está activada, las otras funciones de control están desactivadas (excepto la función memoria).

Para salir de esta función RETENER, oprimir el pulsador HOLD y el instrumento reiniciará su operación normal.

Desactivado del Beeper: Para el desactivado del beeper pulsar la tecla ON y OHM al mismo tiempo durante el encendido. El indicador de sonido desaparecerá del display.

Resistencia: La función OHM brinda funciones de resistencia de 1,0 a 1200 Ohms en seis auto-rangos.

RANGO	RESOLUCIÓN
1.0 a 50.0 Ω	0.1 Ω
50.0 a 100.0 Ω	0.5 Ω
100 a 200 Ω	1.0 Ω
200 a 400 Ω	5.0 Ω
400 a 600 Ω	10.0 Ω
600 a 1200 Ω	50.0 Ω

Sobre el encendido del aparato, la función Ohm se elige automáticamente.

Cuando aparece 0,7 Ohm se indicará $R < 1\Omega$ por debajo de 1 Ohm. Por debajo de 0,7 Ohm, el display permanecerá bloqueado en 0,7 Ohm. La precisión del aparato no está definida por debajo de 1 Ohm. Mediciones por debajo de 1 Ohm indican que el instrumento está colocado en un circuito cerrado y que la señal no está fluyendo a través de la puesta a tierra en ensayo.

Si las mediciones de resistencia están por encima de 1200 Ohms aparecerá OL en el display. Esto puede indicar alta resistencia de tierra pero también puede ser causado por una conexión de tierra defectuosa o un vínculo de tierra muy pobre.



Corriente: Pulsar A para entrar en la función corriente. Son posibles reales mediciones de valor medio de corriente hasta 30 A rms. Por encima de 30 A rms, aparecerá el signo OL en el display y el ensayo debe suspenderse. El beeper está también activado durante OL.

RANGO	RESOLUCIÓN
1 a 300 mA	1 mA
0.300 a 3.000 A	0.001 A (1 mA)
3.000 a 30.00 A	0.01 A (10 mA)



MATERIALES Y MÉTODOS

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.

El presente proyecto de tesis tiene el carácter descriptivo-explicativo en el que se utilizará el método científico para la estructuración total del mismo, así partiremos del método deductivo que va desde conocimientos generales hasta llegar a conocimientos particulares.

Se utilizará también el procedimiento de la observación que nos ayudará a darnos cuenta de una manera superficial lo que sucede en el lugar de la investigación. Al estudiar los datos lo haremos analíticamente facilitándonos así la síntesis para la verificación de las hipótesis y el planteamiento de las conclusiones y recomendaciones.

Seguidamente en el transcurso de nuestra investigación para la estructuración del marco teórico nos apoyaremos en fuentes bibliográficas como: libros, internet, tesis, etc.

4.1. Materiales.

Los materiales a utilizarse son:

- ❖ Computador Portátil.
- ❖ Cámara digital.
- ❖ Fuentes bibliográficas de consulta.
- ❖ Manuales de los equipos médicos instalados.
- ❖ Fuentes virtuales de consulta.
- ❖ Instrumentos de medición eléctrica.
- ❖ Analizador de redes eléctricas.
- ❖ Probador de Resistencia a Tierra.

4.2. Métodos.

Dentro los métodos generales de la investigación tomaremos en cuenta: el método inductivo, que parte de algunos o varios casos particulares, para de ellos obtener una conclusión general, ayudándonos así al desarrollo del proyecto; así mismo utilizaremos

el método deductivo, que nos permitirá hacer un enfoque del conocimiento general, para llegar al conocimiento particular; también haremos uso del método descriptivo, el cual será el sustento para la descripción de la situación organizativa y estructural del proyecto; y por último el método analítico o matemático, será de vital ayuda para la aplicación de fórmulas que permitirán evidenciar de manera clara y objetiva los cálculos a realizar.

4.3. Técnicas de Trabajo.

Las técnicas que emplearemos en nuestra investigación, serán las siguientes:

- ❖ Consulta sistemática de información referente a: calidad de energía eléctrica, protecciones, tableros de distribución y control, dimensionamiento de conductores, canalización, puestas a tierra, espacio físico para equipos médicos.
- ❖ Lectura comprensiva.
- ❖ El estudio analítico sobre procesos ya establecidos.
- ❖ Redacción técnica de los resultados obtenidos.
- ❖ Elaboración de diagramas unifilares.
- ❖ Análisis de resultados, según Normas Eléctricas Nacionales e Internacionales.
- ❖ Establecer los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento de estos equipos médicos.



RESULTADOS

V. RESULTADOS.

Para establecer los resultados de la presente tesis, es necesario presentar a continuación un estudio y un análisis de los sistemas de alimentación correspondientes a cada uno de los equipos médicos de imagen, que posee el Hospital Isidro Ayora.

5.1. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE ULTRASONIDO.

5.1.1. ECÓGRAFO TOSHIBA.

5.1.1.1. ESTUDIO.

5.1.1.1.1. Datos Técnicos.

El equipo indicado en la Fig. 33, muestra los siguientes datos de placa:

Modelo: SSA 660A

Voltaje Nominal: 100/120 V

Potencia máxima: 1500 VA

Frecuencia: 50/60 Hz.



Fig. 33. Ecógrafo Toshiba.

5.1.1.1.2. Espacio Físico.

El equipo se encuentra instalado en un área de 17,8 m², como se indica a continuación en la Fig. 34.

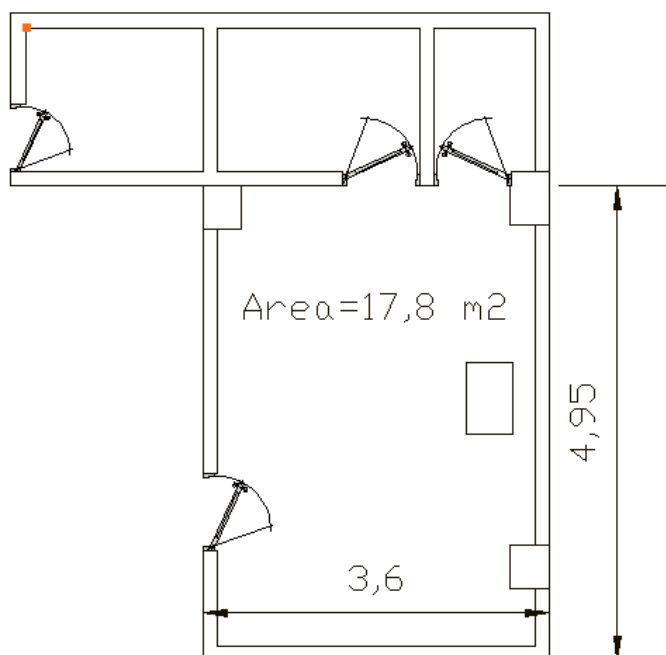


Fig. 34. Área de instalación del Ecógrafo.

5.1.1.1.3. Alimentación Eléctrica.

El equipo no posee un circuito individual de alimentación, se encuentra acoplado mediante un UPS como se indica en la Fig. 35, a uno de los circuitos pertenecientes al área de imagenología.



Fig. 35. UPS que alimenta al Ecógrafo.

A continuación en la Tabla 6, se especifica los datos técnicos del UPS:

Tabla 6. Datos Técnicos del UPS.

Modelo: SU300XL	
Series: AGSU300DT	
INPUT: 120V~/ 24,6A	50/60 Hz.
OUTPUT: 120V~/ 25A	50/60 Hz.
3000VA	2400W
NUMBER OF PHASES: 1 ϕ	

El Ups se encuentra conectado en un circuito ramal, el mismo que posee su respectiva conexión a tierra.

5.1.1.2. ANÁLISIS.

5.1.1.2.1. Espacio Físico.

De acuerdo a un programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales seguros, se ha determinado que el espacio físico adecuado para la realización de un examen de ecografía no debe ser menor a 14 m².

5.1.1.2.2. Alimentación Eléctrica.

Al ser un equipo de potencia y corriente de un rango no muy elevado, no necesita un sistema de alimentación independiente. Por esta razón el equipo trabajaría en un ambiente donde la variación de voltaje y corriente fluctúa constantemente. De ahí que la importancia de instalar un sistema que permita estabilizar las fallas que presenta la línea.

Para la implementación de sistemas acondicionadores de señal es importante tener presente que, los equipos de respaldo y regulación, deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

Considerando los datos característicos del equipo y su régimen de trabajo se podría optar por instalar un UPS. Este equipo de acuerdo a normas ya establecidas y a la información técnica del equipo, debería presentar los siguientes datos característicos:

V input = 120 V~

V output = 100/120 V~

Frecuencia = 50/60 Hz

S = 1800 VA

NUMBER OF PHASES: 1 ϕ .

El valor de la potencia correspondiente al UPS, deberá ser como mínimo 1800 VA; pero la selección de este equipo dependerá de los valores comerciales presentados en el mercado, se podría considerar la implementación de un UPS de doble conversión ya que el mismo corrige el 100% de las fallas de la línea.

5.1.1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra.

En el lugar de instalación del equipo, es necesario conectar a tierra los terminales de puesta a tierra del tomacorriente y todas las superficies conductoras que no transporten corriente del equipo, que puedan ser energizados, que estén sujetos a contacto personal y que operen sobre los 100 V, con conductor de cobre aislado, instalado en canalizaciones metálicas con los conductores del circuito ramal que alimenta a los tomacorrientes (según la norma 517.13. B del Código Eléctrico Nacional).

5.1.1.3. EVALUACIÓN.

En la Tabla 7, podemos observar un resumen detallado de los parámetros evaluados del equipo de Ecografía.

Tabla 7. Parámetros Evaluados del Equipo de Ecografía.

Parámetros a Evaluar.		Estado Actual	Análisis.	Adecuado		Inadecuado.
				Dimensionado	Sobredimensionado	
Espacio Físico.	Área	17,8 m ²	≥ 14 m ²	X		
Puesta a tierra (Toma Polarizada).				X		
Dispositivo Estabilizador de Señal (UPS)*	V input	120 V~	120 V~	X		
	V output	120 V~	100/120 V~	X		
	Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz	X		
	Potencia	3000 VA	1800 VA		X	
	NUMBER OF PHASES: 1φ.					

La descripción de la Tabla 7 es la siguiente: el Ecógrafo está ubicado en una sala cuya área de instalación es de 17,8 m² la misma que está dentro de los parámetros establecidos por un documento denominado programa médico arquitectónico para hospitales seguros, este programa se basa en la norma establecida por la OMS, en el que establece que el área no debe ser menor a 14 m².

Es importante destacar que el equipo se alimenta de tomas que cuentan con su respectiva conexión a tierra, haciendo posible el cumplimiento de la norma 517-13-b, establecida por el Código Eléctrico Nacional.

El equipo cuenta con un UPS, el mismo que suprime las fluctuaciones de tensión y de corriente presentes en el sistema. Para la implementación de este sistema acondicionador de señal es importante tener presente, que debe calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo. Actualmente el UPS instalado está sobredimensionado, pero sin embargo cumple con los requerimientos establecidos por el equipo.

5.2. ESTUDIO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X.

5.2.1. RAYOS X MÓVIL.

5.2.1.1. ESTUDIO.

5.2.1.1.1. Datos Técnicos:

Marca: PHILIPS.

Modelo: Practix 160.



Fig. 36. Equipo de Rayos X Móvil.

El equipo radiográfico, como se indica en la Fig. 36, cuenta con: brazo soporte del tubo de rayos x 160. Dimensiones: En servicio 935 mm x 670 mm x max. 2.258 mm. En transporte 1.305 mm x 670 mm x 1.438 mm. Porta chasis: Protegido contra radiación para 4 chasis máximo (35 cm. X 43 cm.). Distancia foco suelo: 45.6 cm hasta 201.8 cm. Peso: 170 kg.

Potencia nominal: 16 kW (100 kV, 160 mA, 100 ms).

Tensión del tubo de rayos X: 40 kV hasta 125 kV.

Corriente máxima del tubo de rayos X: 200 mA.

Producto corriente del tubo tiempo: 0,2 mAs hasta 200 mAs con 40 kV, 0,2 mAs hasta 100 mAs con 125 kV.

Conexión a las Red: 230 V /115 V \pm 10%, **monofásico**, 50 Hz (60 Hz).

Fusibles de la Red: 16 A. Tiempo de preparación: < 1 s con 230 V o < 2 s con 115 V.

Tiempo de exposición: 2,5 ms hasta 2 s.

Tubo de rayos X. Modelo: Tubo de rayos X con ánodo giratorio.

Material del ánodo: RTM.

Tamaño de mancha focal: 0,8.

Angulo del ánodo: 15°.

Campo máximo de radiación: 43 cm. X 43 cm.

Opcional: Medición del producto superficial de la dosis.

5.2.1.1.2. Espacio Físico.

El equipo dentro del área de imagenología, comúnmente ocupa la sala de rayos X-1, cuya área es de 26.3 m², como se indica a continuación en la Fig. 37.

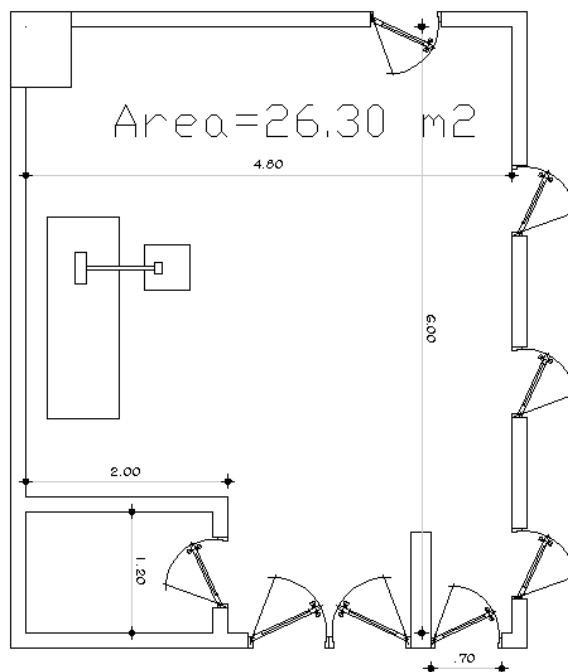


Fig. 37. Área de instalación del equipo de Rayos X Móvil.

También es utilizado en otras áreas del hospital, por su facilidad de movilización.

5.2.1.1.3. Alimentación Eléctrica:

El equipo no posee un circuito individual de alimentación, se encuentra acoplado a uno de los circuitos pertenecientes al área de imagenología.

❖ Conexión al circuito de suministro.

Se encuentra conectado al circuito, mediante un cordón y una clavija, como se indica en la Fig. 38. El mismo que se acopla a una toma polarizada.



Fig. 38. Conexión del equipo de Rayos X móvil al circuito de suministro.

5.2.1.2. ANÁLISIS.

5.2.1.2.1. Espacio Físico.

Al ser un equipo móvil, no posee un espacio físico establecido.

5.2.1.2.2. Alimentación Eléctrica.

- ❖ Basados en el **CPE INEN 19:2001**, sección 517, apartado E, artículo 517 – 71, literal b, no se requiere para la alimentación del equipo un circuito ramal individual.
- ❖ Basados en el **CPE INEN 19:2001**, sección 517, apartado E, artículo 517 – 72, literal c, como medio de desconexión se puede utilizar una clavija, siempre y cuando el equipo cumpla con los requerimientos establecidos.

5.2.1.2.3. Sistema de Puesta a Tierra.

Al ser un equipo móvil, este puede conectarse en cualquier tomacorriente del Hospital, para lo cual es importante que el mismo cuente con un dimensionamiento correcto del sistema de puesta a tierra, y que cumpla con la norma IRAM 2281-7, en donde especifica que el valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario, deberá ser menor que 3Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes.

5.2.1.3. EVALUACIÓN.

El equipo actualmente, se encuentra instalado correctamente, ya que cumple con todas las normas antes mencionadas.

El equipo se encuentra prestando sus servicios eventualmente en la Sala de Rayos X 1, dado que es un equipo móvil no requiere un espacio físico establecido; pero es importante destacar que para su instalación es necesario tener presente que este debe acoplarse al sistema de red general mediante una clavija a un toma polarizado, tal como se especifica en las norma del Código Eléctrico Nacional CPE INEN 19:2001, sección 517, apartado E, artículo 517-71 y 72, literal b y c. Su situación actual muestra que el equipo cumple con estas normas, no obstante es primordial asegurarse, que el hospital cumpla con la Norma IRAM 2281-7, en donde se especifica que el valor de la resistencia de puesta a tierra para equipos sensibles debe ser menor a 3Ω .

5.2.2. RAYOS X TOSHIBA.

5.2.2.1. ESTUDIO.

5.2.2.1.1. Datos Técnicos.



Fig. 39. Rayos X Toshiba.

El equipo, como se indica en la Fig. 39, está conformado por las siguientes partes, mostrados en la Tabla 8:

Tabla 8. Partes constitutivas del equipo de Rayos X.

a) Vertical Bucky Stand Modelo: BS-02A Voltaje: Single-phase 100 V \pm 10%. Frecuencia: 50/60 Hz \pm 1 Hz. Capacidad de línea: 50 VA.	b) Vertical Bucky Stand Modelo: BS-02A Voltaje: Single-phase 100 V \pm 10%. Frecuencia: 50/60 Hz \pm 1 Hz. Capacidad de línea: 50 VA.
c) X-Ray Beam Limiting Device: Modelo: BLR-1000A Input: 12V~ 50/60Hz	d) Rotanude: Modelo: DRX-160 3B Max Voltaje: 150 KV

Max. Input power: 100VA	Focal Spot: 2.0/1.0 mm
Max tube voltaje: 150KV	Permanent Filtration: 0,9 AI/75
Floor – To – Ceiling X-Ray Tube Stand: Modelo: DS – TA – 5A Voltaje de línea: Single phase, 100V~ Frecuencia de línea: 50/60Hz Fluctuación de Voltaje de Línea permisible (sin carga): Voltaje de línea nominal $\pm 10\%$ Capacidad de línea: 0,3KVA (para la unidad de refuerzo solamente).	

X –RAY HIGH-VOLTAGE GENERATOR

Clasificación de Radiografías:

150 KV/200 mA

100 KV/320 mA

80 KV/400 mA

❖ Voltaje del Tubo:

Rango de configuración: 40 KV hasta 150 KV **1 kV - steps**

❖ Corriente del Tubo:

Rango de configuración: 20 mA hasta 400 mA. 20, 50, 100, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400. 12 pasos.

❖ Tiempo de la Radiografía:

Rango de configuración: 0.003, 0.004, 0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009, 0.010, 0.011, 0.013, 0.014, 0.016, 0.018, 0.020, 0.022, 0.025, 0.028, 0.032, 0.038, 0.040, 0.045, 0.050, 0.058, 0.063, 0.071, 0.080, 0.090, 0.10, 0.11, 0.125, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20, 0.22,

0.25, 0.28, 0.32, 0.36, 0.40, 0.45, 0.50, 0.56, 0.63, 0.71, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.25, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0s.

54 pasos.

Rango de Exposición permisible: 0.5 hasta 200 mAs.

Numero de exposiciones: Máximo 2 exposiciones/segundo.

CONDICIONES DE OPERACIÓN:

❖ Requerimientos de Línea:

El suministro eléctrico debe ser continuo, y de las siguientes características:

Voltaje Nominal de Línea:	200/220 V
Frecuencia:	50/60 Hz
Fluctuación permisible del voltaje de línea:	$\pm 10\%$
Impedancia permisible de la Línea:	0.08 Ω (máximo) en 200/220 V.
Capacidad del Breaker:	200/220 V, 60A.
Capacidad recomendada para la potencia del transformador:	30 kVA o más

Nota: No opere el sistema en una ubicación donde puede estar expuesto a lo siguiente:

- ❖ Excesiva fluctuación del voltaje de línea.
- ❖ Saltos excesivos en el voltaje de línea.

5.2.2.1.2. Espacio Físico.

El equipo dentro del área de imagenología, ocupa la sala de rayos X - 2, cuya área es de 26.1 m², como se indica a continuación en la Fig. 40.

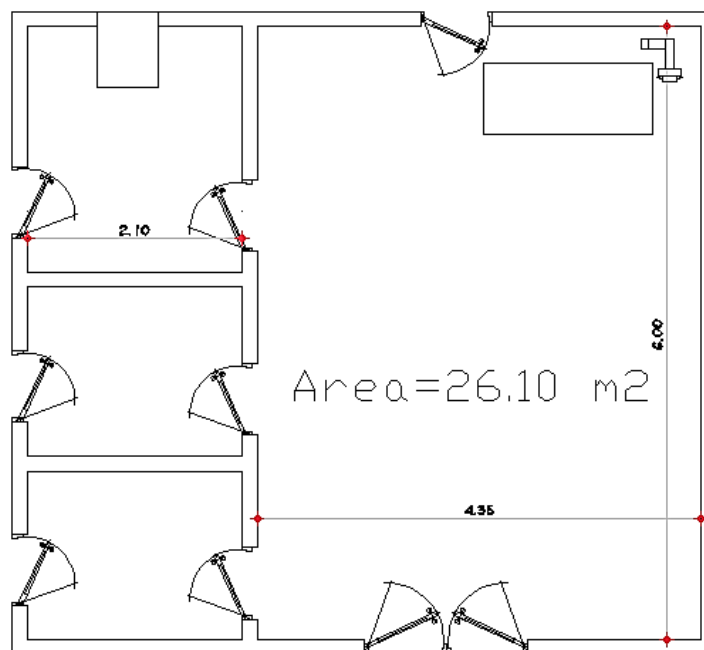


Fig. 40. Área de instalación del equipo de Rayos X Toshiba.

5.2.2.1.3. Alimentación Eléctrica.

El equipo posee un circuito individual de alimentación, como se indica en el diagrama unifilar de la Fig. 41.

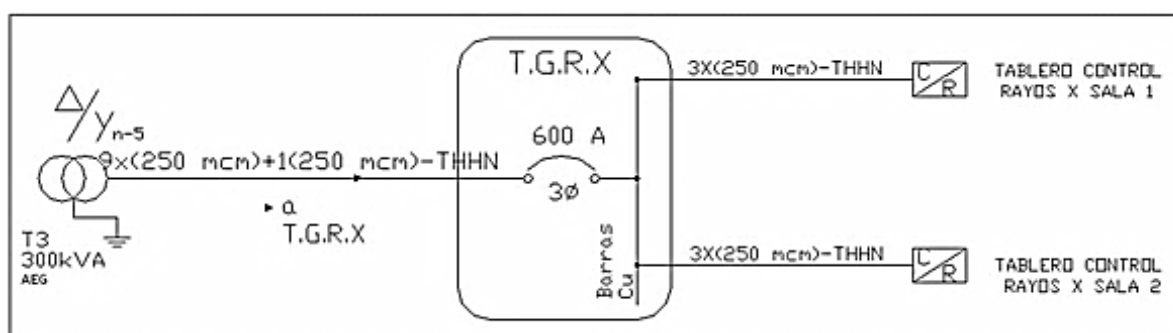


Fig. 41. Diagrama unifilar del sistema de alimentación del equipo de Rayos X Toshiba.

❖ Descripción.

Para la alimentación del Tablero General de Rayos X (TGRX) Fig. 42, están dispuestos 9 (3/f) conductores del tipo THHN calibre 250 mcm en una distancia aproximada de 12

m, los mismos que van desde el transformador hasta un breaker de 600 A en el TGRX. El conductor neutro es de calibre # 2/0 y no pasa por el tablero.

El equipo se alimenta desde el TGRX mediante 3 conductores de calibres 2(250mcm) +1(2/0 AWG) en una distancia aproximada de 19m. Se encuentra aterrado por un conductor desnudo # 2 Cu, el mismo que se empata al sistema de puesta a tierra del tomógrafo Toshiba. El sistema no cuenta con un Tablero de control.



Fig. 42. Tablero General de Rayos X (TGRX).

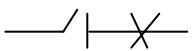
Actualmente los conductores que alimentan al equipo, se encuentran protegidos mecánicamente por una canaleta metálica de 12 x 30 cm, hasta llegar a un breaker de 100 A ubicado en la sala de control, como se indica en la Fig. 43. La información correspondiente a los datos característicos del conductor se ha deteriorado por el uso de los mismos.



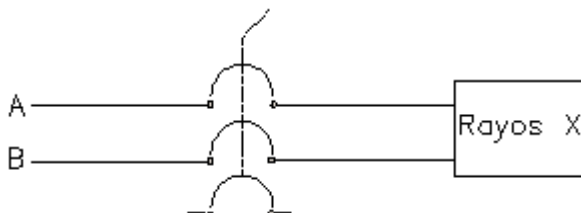
Fig. 43. Breaker de 100 A, ubicado en la Sala de Rayos X - 2.

En la Tabla 9, se indica las características técnicas del breaker que protege el equipo de Rayos X.

Tabla 9. Datos técnicos del Breaker Siemens de 100 A.

SIEMENS		3VT
		VT 100N
3VT8110-1AA03-0AA2	Ir 1.0 _k	In (+40°C)
100A	Ui	500V AC 50/60Hz
IEC 609472	Ue	440V
GB 14048,2	Icu	25KA
Cat. A	Ics	75% Icu
		

A continuación en la Fig. 44, se muestra el diagrama protección del equipo:


Fig. 44. Diagrama de protección del equipo de Rayos X

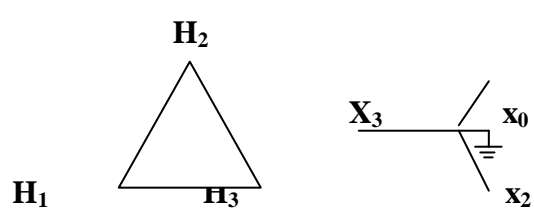
El transformador que alimenta este equipo es trifásico de una potencia de 300 KVA fabricado por AEG, como se indica a continuación en la Fig. 45.


Fig. 45. Transformador 3, AEG de 300 KVA.

Cuenta con su respectiva conexión a tierra, su valor fue determinado mediante un probador de resistencia de puesta a tierra, dando como valor 12,8 Ω .

En la Tabla 10, se indica los datos técnicos del transformador:

Tabla 10. Datos técnicos del transformador AEG de 300 KVA.

TRNASFORMADOR TRIFÁSICO AEG, REFRIGERACIÓN NATURAL EN ACEITE			
TIPO: 250/24 B	ALTA TENSIÓN.		
Nº FABRICACIÓN: 81257	POSICIÓN	TENSIÓN	INTENSIDAD
PESO TOTAL Kg: 1220	2 – 5	13200 V	13.12 A
POTENCIA NOMINAL KVA: 300	<div>DY5</div> <div></div>		
CALIBRE COBRE/ACEITE:65/60			
TEMP. AMBIENTE MAX.: 10			
GRUPO CONEXIÓN: DY5			
TENSIÓN CC.a 75°C: 4.16			
FRECUENCIA: 60 Hz.			
NIVEL AIS. 60Hz KV: 50			
Choque KV: 125			
	BAJA TENSIÓN		
	CONECC.	TENSIÓN	INTENSIDAD
	<	220 V	750 A

El valor del factor de potencia mínimo en el sistema de alimentación de este equipo es de 0, 801; este valor fue determinado mediante la utilización de un analizador de redes.

5.2.2.2. ANÁLISIS.

5.2.2.2.1. Espacio Físico.

De acuerdo a un programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales Seguros, se ha determinado que el espacio físico adecuado para la realización de un examen de Rayos X no debe ser menor a 20 m².

5.2.2.2.2. Alimentación Eléctrica.

❖ Conductores.

Para la determinación del calibre del conductor es necesario tener a consideración:

a. Sección adecuada según la intensidad a transportar.

- b. Si el equipo funciona a régimen momentáneo o prolongado.
- c. La caída de tensión, en el tramo de alimentación.
- d. Tipo de conductor según condiciones ambientales.

Dado que el equipo, requiere para su funcionamiento una fuente de alimentación no menor de 30 kVA se tiene que:

$$I = S / \sqrt{3} \cdot V$$

$$I = 30000 \text{VA} / \sqrt{3} (220)$$

$$I = 86.6 \text{ A}$$

Según el **CPE INEN 19:2001**, se considera régimen momentáneo, un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos. El equipo en cuestión tiene un intervalo de funcionamiento que no supera los 2 segundos; razón por la cual se considera que trabaja en un régimen momentáneo.

En el **CPE INEN 19:2001**, Sección 517-73-a1 se especifica que; la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro, debe ser el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo.

Por tal razón, según el código y de acuerdo con la tabla 1 del Anexo 1, los conductores que podrían utilizarse serían: #6, #4, #2, AWG. Pero debido al gran tramo de alimentación, es necesario determinar la caída de tensión.

❖ Caída de tensión en Conductores:

$$\Delta V = \frac{L \cdot S \cdot \cos \phi}{K \cdot s \cdot V_n}$$

Según los datos técnicos del equipo, y de acuerdo a la tabla 1 del Anexo 1 se tendrá que:

↻ Para el conductor # 6:

$$\Delta V = \frac{(19)(30000)(1)}{(56)(13,3)(220)}$$

$$\Delta V = 3,5 \text{ V} = 1,58 \%$$

↻ Para el conductor # 4:

$$\Delta V = \frac{(19)(30000)(1)}{(56)(21,15)(220)}$$

$$\Delta V = 2,2 \text{ V} = 0,99 \%$$

↻ Para el conductor # 2:

$$\Delta V = \frac{(19)(30000)(0,82)}{(56)(33,62)(220)}$$

$$\Delta V = 1,4 \text{ V} = 0,63 \%$$

Por tal razón, los conductores de calibre # 2, # 4 y # 6, son los recomendables a utilizar.

Según las condiciones ambientales y de acuerdo con las tablas correspondientes a los Anexos 2 y 5 respectivamente, se podría considerar utilizar un conductor TTU o THHN, por las características que estos presentan.

❖ Rotulado.

Según el **CPE INEN 19:2001** en la Sección 310-11, se especifica la información básica que deben tener los conductores y su ubicación.

❖ Protecciones.

Según los datos presentados en el manual de instalación del equipo es recomendable utilizar un breaker de 60 A.

❖ Canalizaciones.

Actualmente los conductores que alimentan al equipo de rayos X se encuentran compartiendo una bandeja metálica con 11 conductores considerando el neutro. Razón por la cual es necesario determinar las dimensiones adecuadas de dicha bandeja.

Según **CPE INEN 19:2001**, en la Sección 362-2 nos especifica en qué condiciones no se debe instalar una canaleta metálica. En la misma sección literal 362-5 nos especifica el número máximo de conductores que deben ser transportados por la canaleta, además las dimensiones que esta debe tener según el número de conductores.

Por la canaleta, se transporta 13 conductores como se indican en la Tabla 11:

Tabla 11. Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.

# de conductores	Calibre
8	250 mcm
4	2/0 AWG
1	2 desnudo de Al

De acuerdo con la tabla del Anexo 3 se tiene los conductores se encuentran ocupando un área de:

$$A = 8 (127 \text{ mm}^2) + 4(67,42\text{mm}^2) + 33,62 \text{ mm}^2 = 1319,3 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,0013193 \text{ m}^2$$

El área actual de la canaleta es de:

$$A_c = (0,12 \text{ m})(0,3 \text{ m}) = 0,036 \text{ m}^2$$

Por la tanto el porcentaje que ocupan los conductores es de 3,665 %.

5.2.2.2.3. Factor de Potencia.

De acuerdo a la Regulación establecida por el CONELEC– 004/01, el valor mínimo del factor de potencia es 0,92.

5.2.2.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.

Para el equipo se debe conectar el conductor de puesta a tierra desde el tablero de control de la sala, a la barra de puesta a tierra del tablero principal, con calibre no menor a 8 AWG, de acuerdo a la Tabla 250 – 95 del Anexo 7.

De acuerdo a la norma IRAM 2281-7, el valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario, deberá ser menor que 3Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes.

5.2.2.2.5. Sistema de Control.

En la instalación de equipos médicos que consumen grandes cantidades de energía, es indispensable la implementación de tableros de control y protección.

❖ Tablero de Control.

El tablero de control debe dimensionarse y construirse de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas en el capítulo 1 del marco Teórico.

Entre los principales elementos constitutivos de un tablero de control tenemos:

- ✓ Contactor.
- ✓ Pulsadores.

- ✓ Lámparas de señalización.
 - Roja (parada).
 - Verde (funcionamiento normal).

Como elementos opcionales, pero importantes en el desempeño de un sistema de control, están:

- ✓ Dispositivos de Medición:

Voltímetros.

Amperímetros.

- ✓ Elementos de Automatización.

PLC.

Sensores.

Estos elementos son dimensionados en relación a la cantidad de corriente y voltaje que circula por el circuito.

Para su correcta utilización estos deben disponerse según los diagramas mostrados en la Fig. 46, y Fig. 47, indicados a continuación:

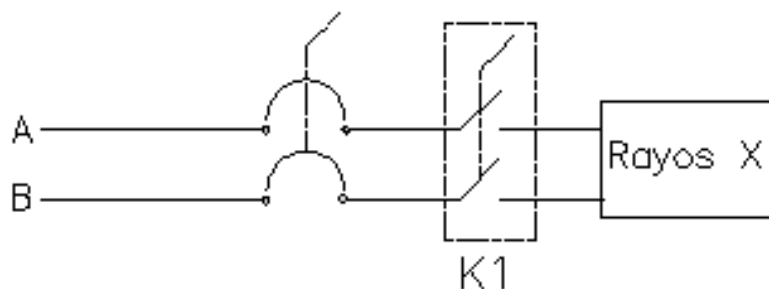


Fig. 46. Diagrama de Fuerza.

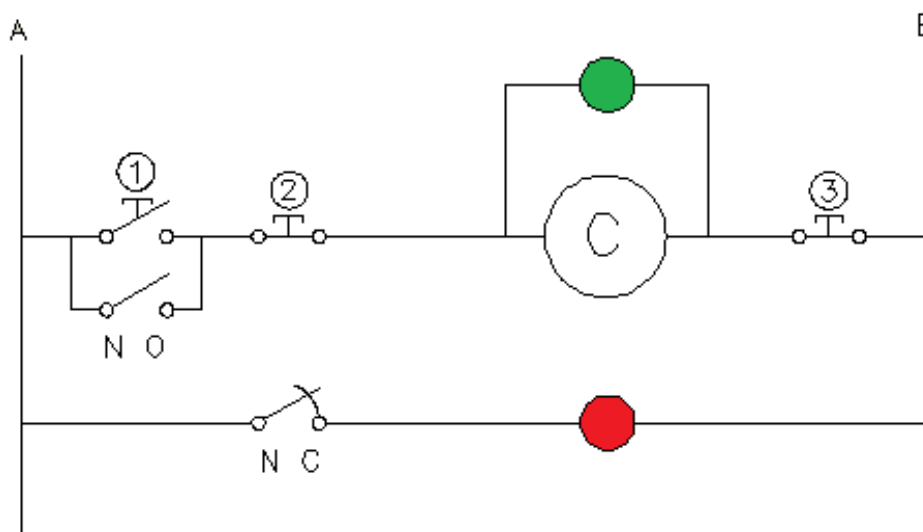


Fig. 47. Diagrama de Control.

Por tal razón:

El contactor debe presentar las siguientes características de instalación:

VAC 200/ 220V

I_e 90 A

Los pulsadores de acuerdo al servicio que prestarán, se les asignará un color y determinada forma, en base a lo siguiente:

Funcionamiento normal: verde - pulsador simple.

Parada: rojo - pulsador simple.

Emergencia: rojo - pulsador hongo.

Las lámparas de señalización deberán trabajar con un voltaje igual al del sistema de alimentación, en el caso del equipo será de 220V. Según la norma IEC 60204-1 se establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados.

5.2.2.3. EVALUACIÓN.

En la Tabla 12, podemos observar un resumen detallado de los parámetros evaluados del equipo de Rayos X Toshiba.

Tabla 12. Parámetros Evaluados del Equipo de Rayos X Toshiba.

Parámetros a Evaluar.		Estado Actual	Análisis.	Adecuado		Inadecuado.
				Dimensionado	Sobredimensionado	
Espacio Físico.	Área	26.1 m ²	≥ 20m ²	X		
Conductores.	Sección	250 mcm	2 AWG		X	
	Aislante	THHN	TTU o THHN	X		
	Rotulado	Deteriorado	Visible			X
Canalización.	# de conductores	13	< 30	X		
	Área de canaleta	360 cm ²	*		X	
Protecciones.	Breaker	100 A	60 A			X
Factor de Potencia		0,801	0,92			X
Puesta a tierra.	Sección	#2 Al	≥ 8 Cu	X		
	Valor	12,8 Ω	< 3 Ω			X
Sistema de Control	Contactor	-----	90A-220V			X
	# pulsadores	-----	3			X
	Lámparas de Señalización	-----	2			X
	TABLERO DE CONTROL					X

* Esta dependerá del número de conductores y del diseño de proyección del mismo.

La descripción de la Tabla 12, se detalla a continuación: el equipo debe ubicarse en un espacio mayor a 20 m^2 , su condición actual muestra que el área de instalación que está ocupando es de $26,1 \text{ m}^2$, valor adecuado para el área de trabajo.

En lo referente al sistema de alimentación es importante destacar que: Dentro del sistema de alimentación los conductores deben cumplir con las normas referentes a su aislamiento, sección y rotulado, las mismas que a continuación se detallan en relación con su estado actual.

La sección que poseen los conductores es de 250 mcm, mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo; se ha establecido que el valor adecuado debería ser de 2 AWG. Su sobredimensionamiento no trae consecuencia alguna en el desenvolvimiento actual del equipo. Por las condiciones ambientales, en su instalación se ha utilizado un conductor con aislamiento THHN; el mismo que satisface las necesidades actuales presentes en el medio.

La norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, especifica que el conductor debe tener la siguiente información básica: voltaje nominal, aislante, el nombre del fabricante, material, temperatura y la sección transversal; la misma que debe estar ubicada en un lugar visible. Esta información no se observa en el conductor, para lo cual es necesario colocar cintas de identificación.

De acuerdo al estudio realizado esta instalación cuenta con una bandeja metálica de sección 360 cm^2 , la misma que transporta 13 conductores de los cuales 3 alimentan al equipo; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $13,19 \text{ cm}^2$, concluimos que el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

El equipo se encuentra protegido por un breaker de 100 A, el mismo que es inadecuado ya que en el manual de instalación de este equipo se sugiere utilizar una protección de 60 A, parámetro que no se consideró al momento de su instalación.

Es importante destacar que dentro del sistema de alimentación, la puesta a tierra es uno de los parámetros fundamentales en el desenvolvimiento correcto del equipo. Las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, establecen que el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 8 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3 Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de 12,8 Ω ; el mismo que no satisface la norma antes mencionada.

El equipo no cuenta con un sistema de control, por tal motivo es indispensable colocar un tablero de control que cumpla con la Norma IEC 60439-01 en la que se define las condiciones de empleo, las disposiciones constructivas, las características técnicas. Considerando los datos técnicos del equipo se ha determinado que este tablero debe estar conformado por un contactor de 90 A - 220 V, tres pulsadores y dos lámparas de señalización los mismos que permitirán tener un mejor control del mismo.

5.2.2.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.

Según la Norma EN 50160 y mediante la utilización de un analizador de Redes se ha determinado los valores del análisis de la calidad de energía del equipo de rayos X.

En la Tabla 13. Se especifica los valores que se han considerado, para la evaluación de la calidad de energía; en estos se detalla el porcentaje de variación, de cada uno de los parámetros con respecto a la Norma.

En la Fig. 48, se especifican los parámetros en los que se presentan variación. En esta se evidencia, que el porcentaje de Flicker sobre pasan la norma establecida.

En la Tabla 14, se indica el periodo y la duración, en el cual se ha producido este cambio, y en la Tabla 15, se indica más detalladamente el listado de los valores tomados por el analizador de redes, referente a Flicker y corriente en los periodos críticos.

Como es evidente, el porcentaje de Flicker es muy elevado, en la Tabla 14 se puede constatar en qué periodo de la medición, estos han sobrepasado la norma. Al ser un equipo médico sensible, es muy importante determinar el origen del Flicker, para esto se tomara en cuenta el siguiente análisis.

Sabiendo que un Flicker es provocado por la variación fluctuante de potencia que absorben diversos equipos o por la alimentación o desconexión de cargas importantes; se considera que para la alimentación del equipo de Rayos X se ha dispuesto de un sistema individual de alimentación, razón por la cual no podría existir la posibilidad de conectar cargas externas dentro de este sistema de alimentación.

De ahí que únicamente nos queda la posibilidad, que el origen del Flicker sea producto del funcionamiento del equipo o por problemas de la red principal de alimentación.

Teniendo presente que el Flicker resulta de la variación fluctuante de potencia y por ende de una variación considerable de corriente, se ha procedido a determinar el porcentaje de variación que sufre la corriente en el momento del origen del Flicker.

Considerando la Tabla 15, se ha procedido a determinar la variación de la corriente en el periodo de duración del Flicker y se puede observar, que en el periodo en el que se originan el Flicker el equipo no se encuentra funcionado.

Por esta razón se concluye que, la presencia del Flicker en el sistema es producto de la variación fluctuante de potencia en la red principal de alimentación.

Tabla 13. Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Parameter			Maximum value		
	Unit	En50160-50Hz. gwd	L1	L2	L3
Voltage variations		127V			
Maximum 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	5.53	5.86	5.10
Minimum 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-1.12	-0.71	-1.48
Interruptions < 0%	Number of	100	0	0	0
Events	Number of	100	9	10	11
Voltage harmonics					
5. Harm. 100% / 95%	% [Vn]	6 / 6	2.88	2.94	2.77
Current harmonics	A		No		
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	1.466	1.541	1.262
Unbalance V 100% / 95%	%	2 / 2	0.82		
Signalling voltages	% [Vn]		No		
frequency		60 Hz			
Maximum 100% / 99.5%	%	+4 / +1	0.33		
Minimum 100% / 99.5%	%	-6 / -1	-0.33		



Max value above limit value

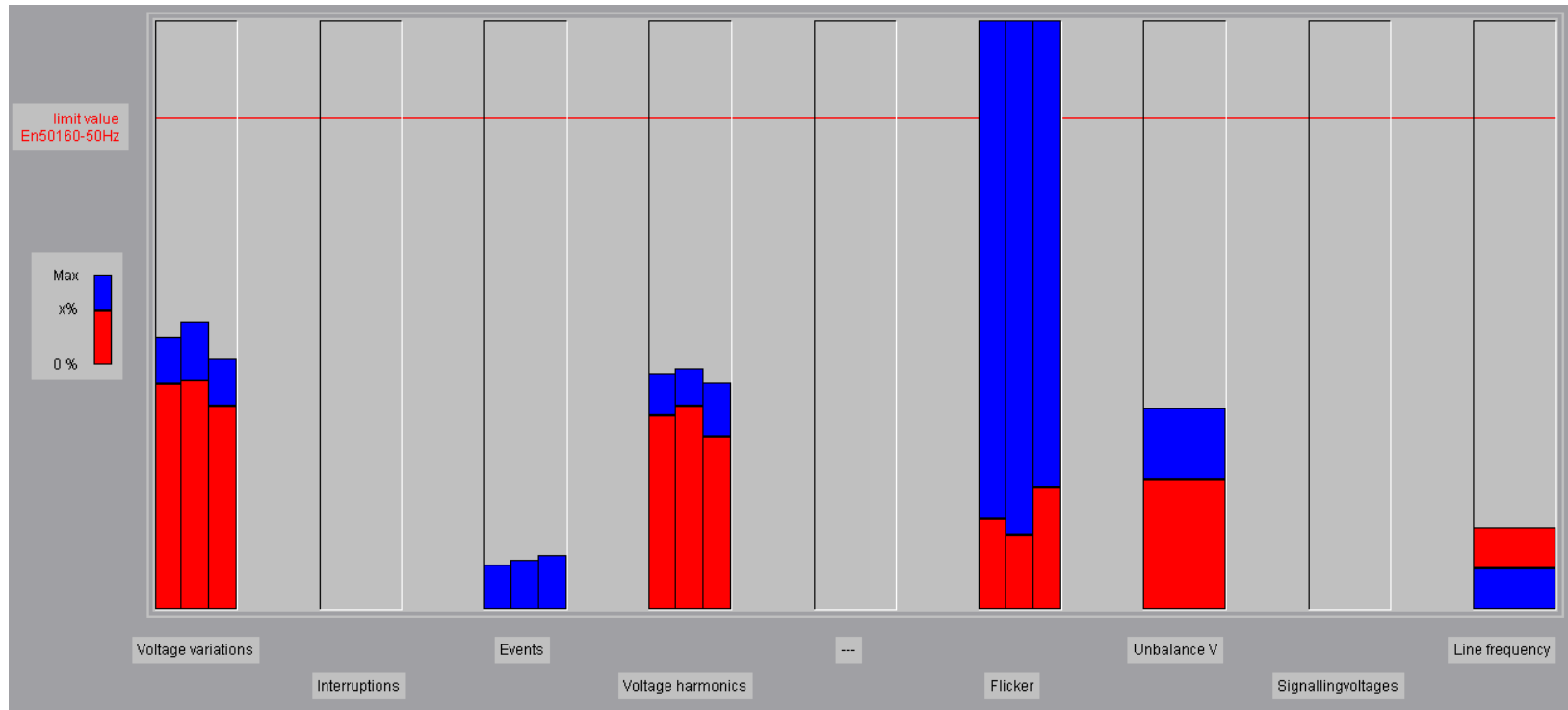


Fig. 48. Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Tabla 14. Periodo y Duración de los Valores Críticos del Flicker.

Flicker	PIt		
	PIt	01/09/2011/07:51:00	1.541
	PIt	01/09/2011/07:50:00	1.541
	PIt	01/09/2011/07:49:00	1.541
	PIt	01/09/2011/07:48:00	1.541
	PIt	01/09/2011/07:47:00	1.541

Tabla 15. Lista de valores de la medición de Flicker y Corriente.

Date and time	Flicker Pit L1 Pit	Flicker Pit L2 Pit	Flicker Pit L3 Pit	I max L1 A	I max L2 A	I max L3 A
01/09/2011 07:25:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:26:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:27:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:28:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:29:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:30:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:31:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:32:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:33:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:34:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:35:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:36:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:37:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:38:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:39:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:40:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:41:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:42:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:43:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:44:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:45:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:46:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:47:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:48:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:49:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:50:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:51:00	1.444	1.541	1.262	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:52:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:53:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:54:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:55:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:56:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
01/09/2011 07:57:00	0.000	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00

5.2.3 MAMÓGRAFO.

5.2.3.1. ESTUDIO.

5.2.3.1.1. Datos Técnicos.

Marca: METALTRONICA.

Modelo: Lilyum.

N° Serie: 1LILHF/173/CO.



Fig. 49. Equipo de Mamografía.

Para el correcto funcionamiento del equipo mostrado en la Fig. 49, se debe tener a consideración los siguientes parámetros de instalación:

Power Supply: 220/230/240 V ac.

Frecuencia: 50/60 Hz

Consumo: 6,6 KVA.

5.2.3.1.2. Espacio Físico.

El equipo se encuentra instalado en un área de 10.4 m^2 , como se indica a continuación en la Fig. 50.

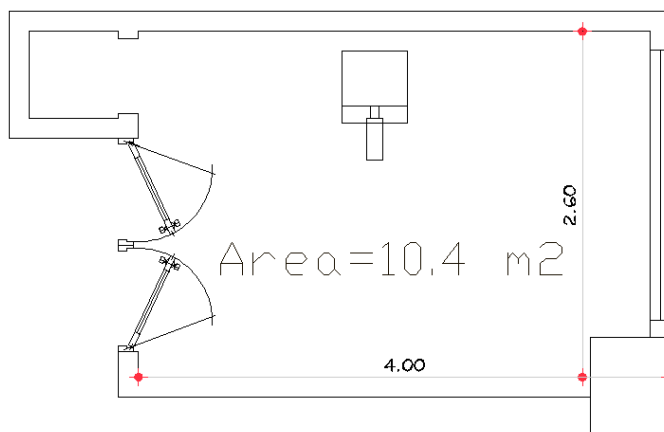


Fig. 50. Área de instalación del Mamógrafo.

5.2.3.1.3. Alimentación Eléctrica.

El equipo posee un circuito individual de alimentación, como se indica en la Fig. 51.

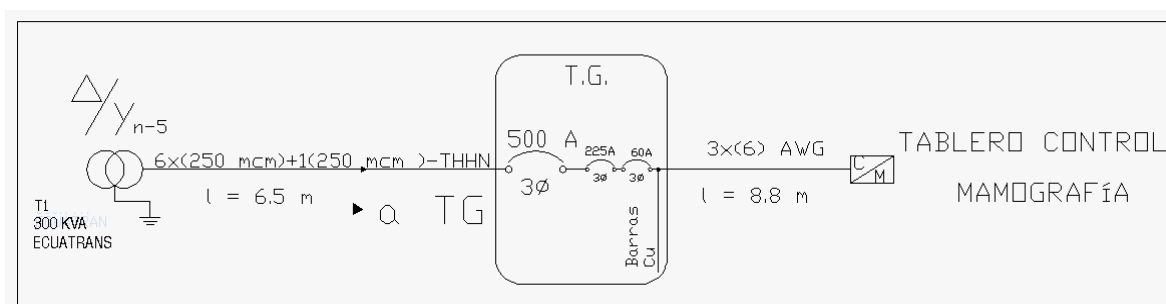


Fig. 51. Diagrama Unifilar del circuito de alimentación del Mamógrafo.

❖ Descripción.

El tablero general se encuentra alimentado por un transformador de 300 KVA, como se indica en la Fig. 52, que para nuestro estudio correspondería al transformador # 1, y protegido por un breaker de 60 A.

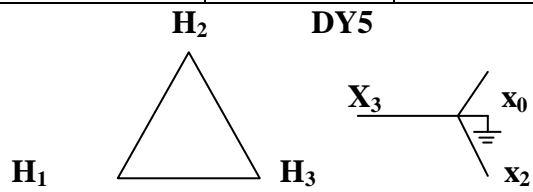
El transformador posee su respectiva conexión a tierra, la misma que se une al mallado de la tierra general.



Fig. 52. Transformador ECUATRAN S.A. de 300 kVA.

Los datos técnicos del Transformador se muestran en la Tabla 16, indicada a continuación:

Tabla 16. Datos técnicos del transformador ECUATRAN S.A. de 300 kVA.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN TURBULACIÓN DE TAPS # 3			
Serie: 0604305	PRIMARIO		
KVA: 300	POSICIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE
NORMA: IEEEC.57.12	3	13800 V	12.5 A
CLASE: ONAN			
OPERACIÓN m.s.n.m.: 3000			
ACEITE: Mineral			
CALENTAMIENTO °C: 65/80			
# DE FASES: 3			
FRECUENCIA: 60 Hz.			
NIVEL AIS. PRIM/SEC KV: 95/30			
GRUPO CONEXIÓN: DY5	SECUNDARIO		
IMPEDANCIA %: 1.9	LINEA	V	I
	X₀ X₁ X₂ X₃	220 V	787.3 A

El valor del factor de potencia mínimo en el sistema de alimentación de este equipo es de 0,958; este valor fue determinado mediante la utilización de un analizador de redes.

Para la alimentación del tablero de mamografía se ha dispuesto desde el tablero general, mostrado en la Fig. 53, tres conductores del tipo TTU calibre # 6 AWG en una

distancia aproximada de 8.8m, los mismos que van protegidos mecánicamente por una tubería conduit de 2 ½ pulgadas.

El sistema cuenta con sus respectivas protecciones (breakers de 225 A, 60 A) .



Fig. 53. Tablero General de Distribución.

Actualmente por la tubería que transporta los conductores que alimentan al tablero de mamografía, pasan 5 conductores, de los cuales tres están energizados (2 alimentan al equipo) y tres no cumplen ninguna función. La información correspondiente a los datos característicos de los conductores, no es visible.



Fig. 54. Tablero de Control del equipo de Mamografía.

En la Fig. 54, se muestra como se encuentra distribuido el tablero de control del equipo de Mamografía, para lo cual en la Fig. 55 y Fig. 56, se indican los diagramas de conexión.

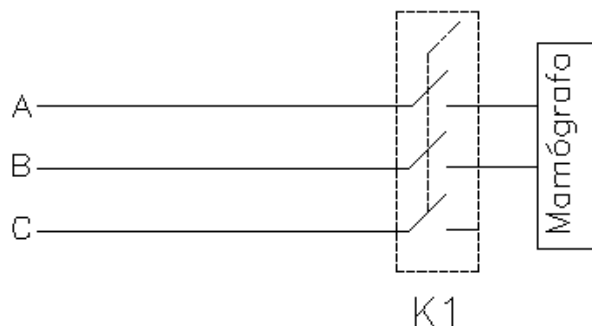


Fig. 55. Diagrama de Fuerza.

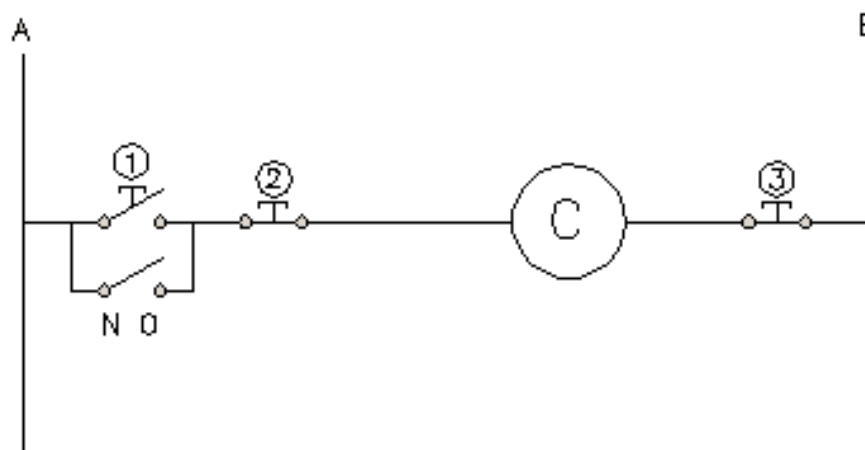


Fig. 56. Diagrama de Control.

El tablero de control que se indica en la Fig. 54, se encuentra conformado, por:

- ❖ Un contactor siemens, mostrado en la Fig. 57:



Fig. 57. Contactor Siemens 3TF47

Las características del contactor se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Datos Técnicos del contactor SIEMENS.

3TF47				
IEC947		AC - 3		
Ie AC-1 90 A	VAC	KW	HP	CV
	230/220	18.5	25	25
	240	20	27	25
	400/380	30	40	40
	415	34	45	40
	440	37	50	50
	500	41	55	50
	690/660	55	75	75

- ❖ Dos detectores de fase, indicados en la Fig. 58:

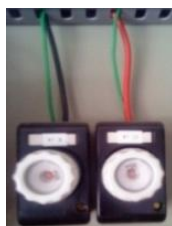


Fig. 58. Detectores de Fase.

- ❖ 3 pulsadores, como se indican en la Fig. 59:

- ✓ Encendido - Verde
- ✓ Desconexión – Rojo
- ✓ Paro por emergencia - Rojo

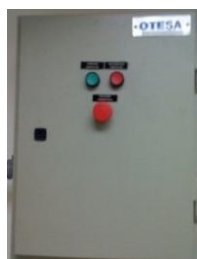


Fig. 59. Pulsadores de Encendido, Desconexión y Emergencia.

El tablero no cuenta con un sistema de puesta a tierra, ni sus correspondientes lámparas de señalización.

5.2.3.2. ANÁLISIS.

5.2.3.2.1. Espacio físico.

De acuerdo a un programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales Seguros, se ha determinado que el espacio físico adecuado para la realización de un examen de mamografía no debe ser menor a 18 m^2 .

5.2.3.2.2. Alimentación Eléctrica.

❖ Conductores.

Para la determinación del calibre del conductor es necesario tener a consideración:

- a. Sección adecuada según la intensidad a transportar.
- b. Si el equipo funciona a régimen momentáneo o prolongado.
- c. La caída de tensión, en el tramo de alimentación.
- d. Tipo de conductor según condiciones ambientales.

Para la determinación del calibre del conductor, se ha considerado los datos de placa del equipo, en los que constan:

$$S = 6,6 \text{ KVA}$$

$$V = 220/230/240\text{Vac}$$

$$F = 50/60\text{Hz.}$$

Conociendo que:

$S = \sqrt{2} \cdot V \cdot I$ y que el voltaje disponible para la alimentación es de 220 V. Se ha procedido a determinar la corriente nominal del equipo.

$$I = S/\sqrt{2}.V.$$

$$I = 6600VA/\sqrt{2}(220)$$

$$I = 21,21 \text{ A.}$$

Según el **CPE INEN 19:2001**, se considera régimen momentáneo, un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos. El equipo en cuestión tiene un intervalo de funcionamiento que va desde los 5 a 10 segundos y de acuerdo a un análisis realizado por CEN del Perú, este régimen es considerado momentáneo. Dado que el código eléctrico en cada país es referido a Normas internacionales, se considerará la utilización de este análisis.

En el **CPE INEN 19:2001**, Sección 517-73-a1 se especifica que; la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro, debe ser el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo.

Según los datos técnicos del equipo, y de acuerdo a la tabla 4 del Anexo 1 se tendrá que:

➤ **Para el conductor # 10:**

$$\Delta V = \frac{(8,8)(6600)(1)}{(56)(5,26)(220)}$$

$$\Delta V = 0,896 \text{ V} = 0,41 \%$$

Por el resultado obtenido, es recomendable el uso de este conductor.

Según las condiciones ambientales y de acuerdo con las tablas correspondientes a los Anexos 2 y 5 respectivamente, se podría considerar utilizar un conductor TTU, por las características que este presenta.

❖ **Rotulado.**

Según el **CPE INEN 19:2001**, Sección 310-11, se especifica la información básica que deben tener los conductores y su ubicación.

❖ **Canalizaciones.**

Dado que por la canalización van a pasar 3 conductores, 2 de calibre # 12 y uno de puesta a tierra # 10, según la Tabla C8 del anexo 6, el diametro de la tubería a utilizar será de ½ pulgada.

❖ **Protecciones.**

En el **CPE INEN 19:2001**, Seccion 517-72-a se especifica que; la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobre corriente, debe ser el 50% de la capacidad en régimen momentáneo.

Sabiendo que, la intensidad de corriente es 17,32 A; según el **CPE INEN 19:2001** y los valores de las protecciones disponibles en el mercado, tenemos que el breaker a instalarse sería de 25A.

6.2.3.2.3. Factor de Potencia.

De acuerdo a la Regulación establecida por el CONELEC – 004/01, el valor mínimo del factor de potencia es 0,92.

5.2.3.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.

Para el equipo se debe conectar el conductor de puesta a tierra desde el tablero de control de la sala, a la barra de puesta a tierra del tablero principal, con calibre no menor a 10 AWG, de acuerdo a la Tabla 250 – 95 del Anexo 7.

Según la norma IRAM 2281-7, el valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario, deberá ser menor que 3 Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes.

5.2.3.2.5. Sistema de Control.

En la instalación de equipos médicos que consumen grandes cantidades de energía, es indispensable la implementación de tableros de control.

❖ Tablero de Control.

El tablero de control debe dimensionarse y construirse de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas en el Capítulo 3.

Entre los principales elementos constitutivos de un tablero de control tenemos:

- ✓ Contactor.
- ✓ Pulsadores.
- ✓ Lámparas de señalización.
 - Roja (parada).
 - Verde (funcionamiento normal).

Como elementos opcionales, pero importantes en el desempeño de un sistema de control, están:

- ✓ Dispositivos de Medición:

Voltímetros.

Amperímetros.

- ✓ Elementos de Automatización.

PLC.

Sensores.

Estos elementos son dimensionados en relación a la cantidad de corriente y voltaje que circula por el circuito.

Para su correcta utilización estos deben disponerse, tal como se indica en las Fig. 60 y Fig. 61.

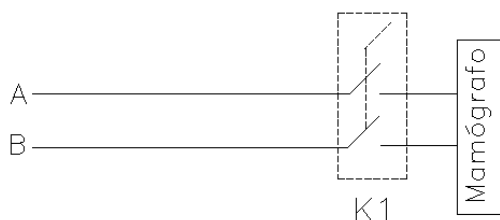


Fig. 60. Diagrama de Fuerza.

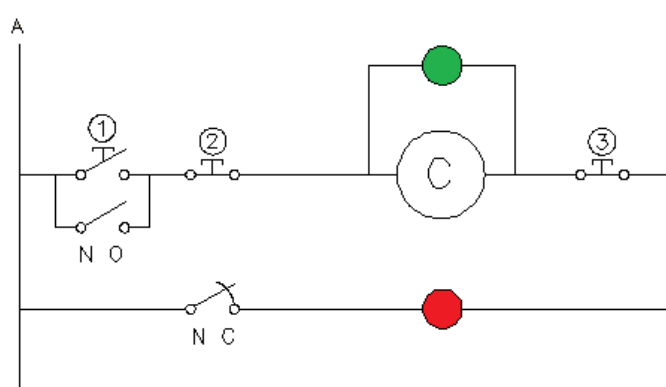


Fig. 61. Diagrama de Control.

Por tal razón:

El contactor debe presentar las siguientes características de instalación:

VAC 220V

I_e 25 A

Los pulsadores de acuerdo al servicio que prestarán, se les asignará un color y determinada forma, en base a lo siguiente:

Funcionamiento normal: verde - pulsador simple.

Parada: rojo - pulsador simple.

Emergencia: rojo - pulsador hongo.

Las lámparas de señalización deberán trabajar con un voltaje igual al del sistema de alimentación, en el caso del equipo será de 220V. Según la norma IEC 60204-1 se

establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados.

5.2.3.3. EVALUACIÓN.

En la Tabla 18 podemos observar un resumen detallado de los parámetros evaluados del equipo de Mamografía.

Tabla 18. Parámetros Evaluados del Equipo de Mamografía.

Parámetros a Evaluar.		Estado Actual	Análisis.	Adecuado		Inadecuado.
				Dimensionado	Sobredimensionado	
Espacio Físico.	Área	10,4 m ²	≥ 18 m ²			X
Conductores.	Sección	# 6	#10		X	
	Aislante	TTU	TTU	X		
	Rotulado	No visible	Visible			X
Canalización.	# de conductores	5	3			X
	φ de Tubería	2 ½"	½"		X	
Protecciones.	Breaker	225 - 60 A	25 A			X
Puesta a tierra.	Sección	-----	# 10 Cu			X
	Valor	-----	< 3 Ω			X
Sistema de Control	Contactor	90 A	25 A		X	
	# pulsadores	3	3	X		
	Detectores de fase	2	2	X		
	Lámparas de Señalización	-----	2			X
	Tablero de Control			X		

La descripción de la Tabla 18, se detalla a continuación: el equipo debe ubicarse en un espacio mayor o igual a 18 m^2 , esto no se cumple ya que el área donde está ubicado dicho equipo es de $10,4 \text{ m}^2$, siendo necesario ampliarla para cumplir con las condiciones que requiere.

Dentro del sistema de alimentación se debe considerar lo siguiente:

➤ En lo referente a los conductores: La sección que poseen es de 6 AWG, con aislamiento TTU; mediante el análisis de caída de tensión se ha establecido que el calibre número 10 AWG es el adecuado para disponer de esta sección en todo el tramo de alimentación, además por la tabla ubicada en el anexo 2 podemos observar que el aislamiento a utilizar sería el mismo que tiene en la actualidad (TTU).

Es importante que los conductores cumplan con la norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, referente a la información básica que debe constar en el conductor; por el momento esta información se ha deteriorado siendo necesario colocar cintas de identificación.

➤ Los conductores de alimentación son transportados y protegidos mecánicamente por una tubería conduit de $2\frac{1}{2}$ pulgadas, pasando por ella 5 conductores, 3 de los cuales no cumplen ninguna función. Luego del análisis realizado se estableció que de acuerdo a la sección de conductores propuesta que el diámetro de la tubería a utilizar debe ser de $\frac{1}{2}$ pulgada.

➤ Es importante destacar que tanto el sobredimensionamiento de conductores como de canalización, no afecta de ninguna manera el funcionamiento adecuado del equipo. Pero es importante tener a consideración los análisis presentados en esta tesis.

➤ El equipo se encuentra protegido por un breaker de 60 A, el mismo que está sobredimensionado, al determinar la corriente nominal del equipo se obtuvo un valor de 21,21 A; según la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-72-a, establece que la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente, debe ser el

50% de la capacidad en régimen momentáneo, por lo tanto la protección que debe utilizarse sería de 25 A.

✦ El equipo no cuenta con un sistema de puesta a tierra por lo que es indispensable la instalación inmediata del mismo, para lo cual debe cumplir con las normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, las mismas que establecen de acuerdo a los requerimientos eléctricos del equipo, que el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 10 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3Ω , respectivamente.

✦ El sistema de control con el que cuenta el equipo es adecuado pero es importante la implementación de dos lámparas de señalización; además el contactor que posee es de 90 A, el mismo que está sobredimensionado, este valor no afecta al funcionamiento del equipo, pero es importante destacar que es suficiente utilizar uno de 25 A.

5.2.3.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.

Según la Norma EN 50160 especificada en el Capítulo 3 y mediante la utilización de un analizador de redes se ha determinado los valores del análisis de la calidad de energía del transformador que alimenta al equipo de mamografía.

En la Tabla 19, se especifica los valores que se han considerado, para la evaluación de la calidad de energía; en estos se detalla el porcentaje de variación, de cada uno de los parámetros con respecto a la Norma.

En la Fig. 62, se especifican los parámetros en los que se presentan variación. En esta se evidencia, que el porcentaje de Flicker sobre pasan la norma establecida. En la Tabla 20, se indica el periodo y la duración, en el cual se ha producido este cambio, y en la Tabla 21, se indica más detalladamente el listado de los valores tomados por el analizador de redes, referentes a Flicker y corriente en los periodos críticos.

Sabiendo que un Flicker es provocado por la variación fluctuante de potencia que absorben diversos equipos o por la alimentación o desconexión de cargas importantes; se ha considerado importante analizar el sistema de alimentación del equipo de Mamografía. Al ser un equipo de potencia no muy considerable, este se ha acoplado a



un ramal compartido, de ahí que la distorsión que presentan las líneas, podrían ser producto del funcionamiento del equipo, de otros equipos, o por problemas de la red principal.

Para determinar el origen de esta distorsión, es necesario el análisis individual de cada sistema de alimentación que conforman este ramal. Este análisis no es factible ya que no se puede proceder a desconectar los circuitos, esto evita obtener datos precisos y exactos con respecto al equipo, razón por la cual no puede determinar el origen de esta distorsión.

Tabla 19. Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Parameter			Maximum value		
	Unit	En50160-50Hz. gwd	L1	L2	L3
Voltage variations		127V			
Maximum 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	0.58	0.76	0.03
Minimum 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-5.23	-5.00	-5.77
Interruptions < 0%	Number of	100	0	0	0
Events	Number of	100	11	5	11
Voltage harmonics					
5. Harm. 100% / 95%	% [Vn]	6 / 6	2.84	2.81	2.65
Current harmonics	A		No		
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	1.570	1.436	1.560
Unbalance V 100% / 95%	%	2 / 2	0.65		
Signallingvoltages	% [Vn]		No		
frequency		60 Hz			
Maximum 100% / 99.5%	%	+4 / +1	0.33		
Minimum 100% / 99.5%	%	-6 / -1	-0.33		



Max value above limit value



x% (95% / 99.5% / 99%)-value above limit value

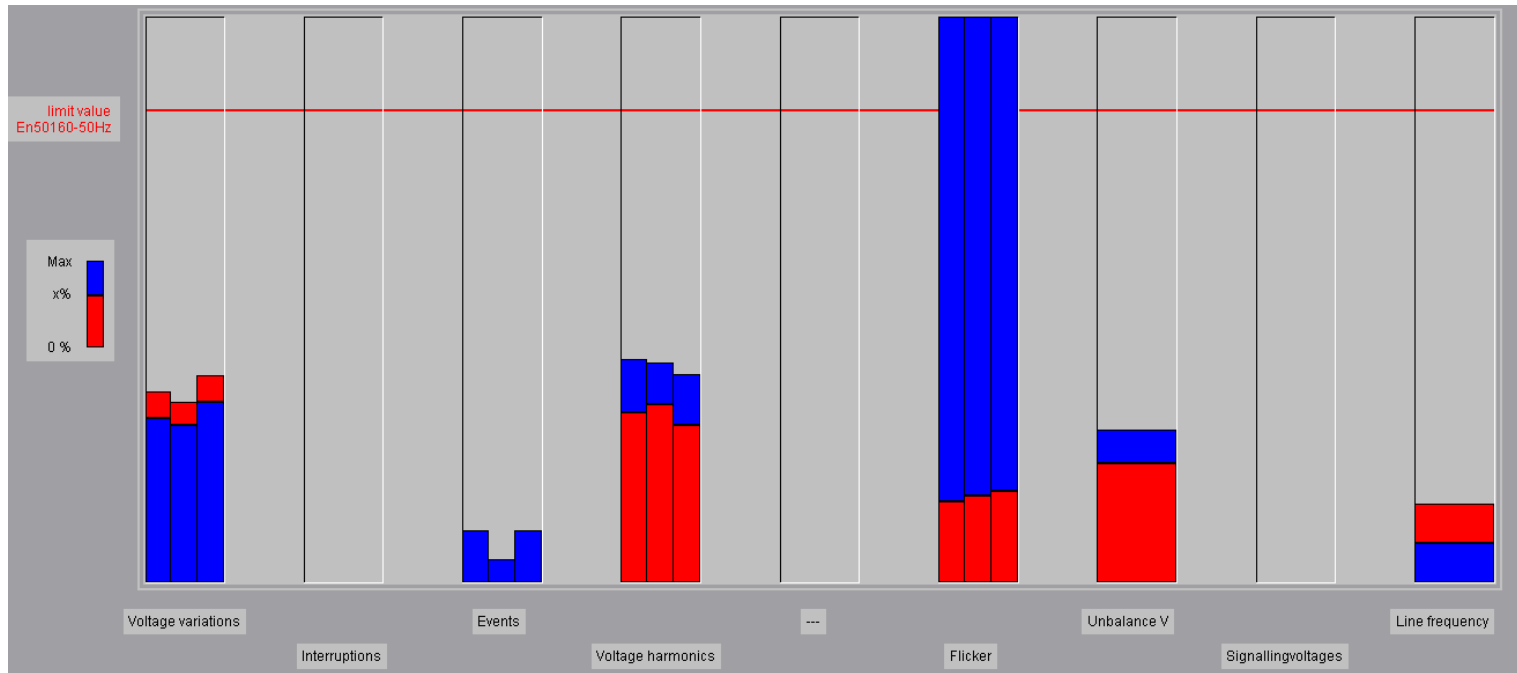


Fig. 62. Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Tabla 20. Periodo y Duración de los Valores Críticos del Flicker.

Flicker	Plt		
	Plt	21/08/2011/19:31:00	1.570
	Plt	21/08/2011/19:30:00	1.570
	Plt	21/08/2011/19:29:00	1.570
	Plt	21/08/2011/19:28:00	1.570
	Plt	21/08/2011/19:27:00	1.570

Autores: Cruzkaya del Rosario Pacheco Ludeña.
Oswaldo Francisco Álvarez Enríquez.

**Tabla 21.** Lista de valores de la medición de Flicker y Corriente.

Date and time	Flicker Plt L1 Plt	Flicker Plt L2 Plt	Flicker Plt L3 Plt	I max L1 A	I max L2 A	I max L3 A
21/08/2011 19:13:00	0.000	0.000	0.000	182.2	232.8	223.3
21/08/2011 19:14:00	0.000	0.000	0.000	346.9	393.6	430.7
21/08/2011 19:15:00	0.000	0.000	0.000	213.7	267.1	275.8
21/08/2011 19:16:00	0.000	0.000	0.000	228.6	283.1	287.4
21/08/2011 19:17:00	0.000	0.000	0.000	169.3	223.0	229.9
21/08/2011 19:18:00	0.000	0.000	0.000	180.0	229.3	242.0
21/08/2011 19:19:00	0.000	0.000	0.000	202.2	249.0	239.7
21/08/2011 19:20:00	0.000	0.000	0.000	275.6	332.9	333.8
21/08/2011 19:21:00	0.000	0.000	0.000	190.1	237.3	237.4
21/08/2011 19:22:00	0.000	0.000	0.000	175.1	233.7	237.3
21/08/2011 19:23:00	0.000	0.000	0.000	196.0	226.9	237.8
21/08/2011 19:24:00	0.000	0.000	0.000	253.5	307.8	314.5
21/08/2011 19:25:00	1.419	0.743	1.408	182.7	230.3	250.7
21/08/2011 19:26:00	1.570	0.744	1.560	196.9	236.2	240.2
21/08/2011 19:27:00	1.570	0.744	1.560	205.7	234.9	233.4
21/08/2011 19:28:00	1.570	0.744	1.560	208.1	239.7	231.0
21/08/2011 19:29:00	1.570	0.744	1.560	198.6	221.2	219.5
21/08/2011 19:30:00	1.570	0.744	1.560	199.6	223.1	240.0
21/08/2011 19:31:00	1.570	0.744	1.560	279.9	303.6	307.7
21/08/2011 19:32:00	1.570	0.743	1.560	192.8	233.0	224.8
21/08/2011 19:33:00	1.570	0.743	1.560	203.4	243.6	226.9
21/08/2011 19:34:00	1.570	0.743	1.560	196.0	238.3	246.3
21/08/2011 19:35:00	1.570	0.744	1.560	271.4	306.1	300.2
21/08/2011 19:36:00	1.570	0.744	1.560	187.0	239.5	236.8
21/08/2011 19:37:00	1.004	0.000	1.002	189.9	243.6	238.6
21/08/2011 19:38:00	0.000	0.000	0.000	183.1	232.7	230.6
21/08/2011 19:39:00	0.000	0.000	0.000	184.4	233.0	224.7
21/08/2011 19:40:00	0.000	0.000	0.000	349.9	431.6	409.4
21/08/2011 19:41:00	0.000	0.000	0.000	214.4	262.0	258.4
21/08/2011 19:42:00	0.000	0.000	0.000	209.0	286.0	256.5
21/08/2011 19:43:00	0.000	0.000	0.000	188.4	229.3	234.4
21/08/2011 19:44:00	0.000	0.000	0.000	196.0	237.1	240.2
21/08/2011 19:45:00	0.000	0.000	0.000	184.8	239.1	235.2
21/08/2011 19:46:00	0.000	0.000	0.000	182.9	251.4	231.6

5.2.4. TOMÓGRAFO HELICOIDAL.

5.2.4.1. ESTUDIO.

5.2.4.1.1. Datos Técnicos.

Marca: TOSHIBA

Modelo: Asteion TSX – 021B



Fig. 63. Tomógrafo Helicoidal Toshiba.

El equipo mostrado en la Fig. 63, para su correcto funcionamiento requiere se consideren las características técnicas indicadas a continuación en la Tabla 22.

Tabla 22. Datos Técnicos del Tomógrafo Helicoidal Toshiba.

Item.	Para sistemas de radiografía (sección de rotación de Gantry)	Gantry estacionario. Sección consola.
Número de Fases.	Tres fases y una fase solo para la consola.	
Voltaje de Línea.	200V	
Frecuencia.	50Hz ó 60Hz	
Capacidad de potencia. ¹	50KVA 75KVA (36 KW en el sistema)	
Capacidad de evalúo. (Capacidad de corriente).	39KVA 52KVA (36 KW en el sistema)	5 KVA
Capacidad del suministro eléctrico.	0,080Ω ó menos 0,055Ω ó menos (cuando es usado el sistema opcional de 36 KW)	
Cambio de fluctuación de voltaje.	5% ó menos	
Cambio de variación de voltaje. ^{*2}	±10% ó menos	

- ¹Para el Tubo de Rayos X : 100A [150A(36-KW system)]
- ¹Para la consola del gantry: 50A.

Tiempo de exposición:

Velocidad de exploración de 0.8 seg y 0.6 seg.

Cuerpo completo: 60 seg a 120 seg.

5.2.4.1.2. Espacio Físico.

El equipo se encuentra instalado en un área de 23,5 m² como se indica a continuación en la Fig. 64.

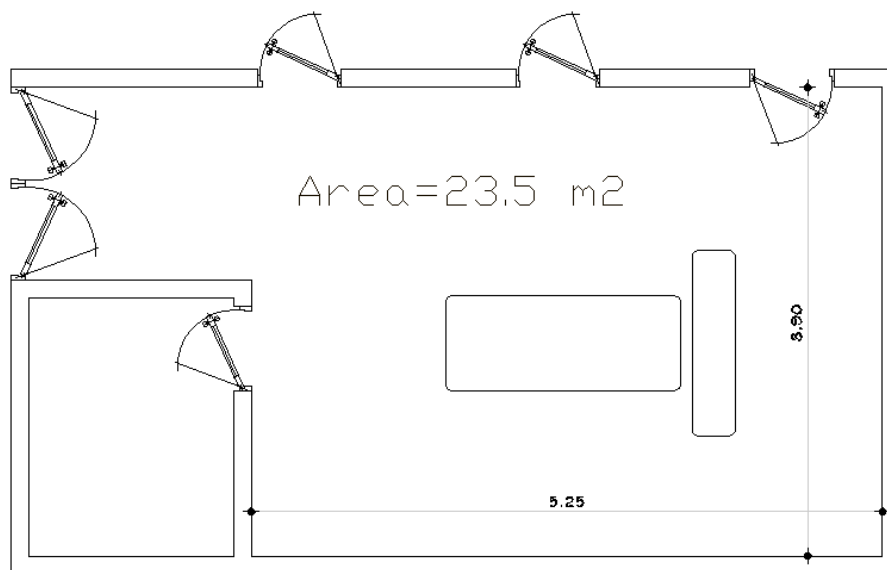


Fig. 64. Área de instalación del Tomógrafo Toshiba.

5.2.4.1.3. Alimentación Eléctrica.

El equipo posee un circuito individual de alimentación, como se indica en la Fig. 65.

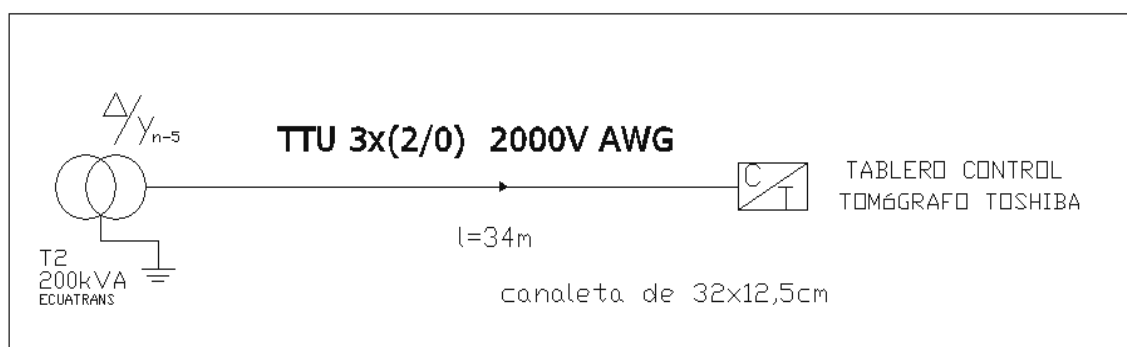


Fig. 65. Diagrama Unifilar del circuito de alimentación del Tomógrafo Toshiba.

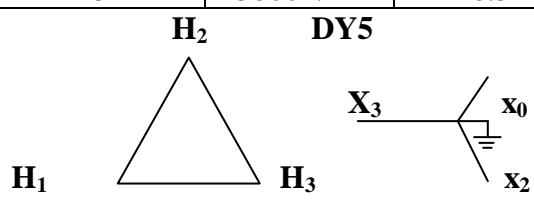
Para la alimentación del tablero correspondiente al tomógrafo Toshiba, están dispuestos 3 conductores del tipo TTU calibre 2/0 AWG en una distancia aproximada de 34m, los mismos que van desde el transformador 2 indicado en la Fig. 66, hasta el tablero ubicado en la sala de tomografía. El conductor neutro se encuentra directamente aterrado en el transformador.



Fig. 66. Transformador ECUATRANS S.A. de 200 kVA.

A continuación en la Tabla 23, se indican las características técnicas del transformador:

Tabla 23. Datos Técnicos del Transformador ECUATRANS S.A. de 200 kVA.

TRNASFORMADOR TRIFÁSICO EN TURBULACIÓN DE TAPS # 3			
Serie: 0004405	PRIMARIO		
KVA: 200	POSICIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE
NORMA: IEEEC.57.12	3	13800 V	6.37 A
CLASE: ONAN			
OPERACIÓN m.s.n.m.: 3000			
ACEITE: Mineral			
CALENTAMIENTO °C: 65/85			
# DE FASES: 3			
FRECUENCIA: 60 Hz.			
NIVEL AIS. PRIM/SEC KV: 35/30			
GRUPO CONEXIÓN: DY5	SECUNDARIO		
IMPEDANCIA %: 2.0	LINEA	V	I
	X₀ X₁ X₂ X₃	220 V	524.8 A

Actualmente los conductores se encuentran protegidos mecánicamente por una canaleta metálica de 12 x 30 cm y una tubería PVC de 2”.

El sistema de alimentación del equipo dispone de un UPS, el mismo que presenta las siguientes características de instalación:

- ❖ UPS con regulador de voltaje del 10%.
- ❖ Capacidad de 80kVA, trifásico.

- ❖ Tecnología de IGBT en el inversor y rectificador
- ❖ Con entrada regulable a 200 V AC.
- ❖ Salida de 200V AC, trifásica.
- ❖ Frecuencia de 60Hz.
- ❖ Factor de Potencia mínimo ingreso 0,99.
- ❖ Factor de Potencia mínimo salida 0,90
- ❖ Eficiencia del 94%.
- ❖ No requiere de filtros de ingreso y corriente de distorsión $< 4,5\%$.
- ❖ Posee autoprotección interna.
- ❖ Sistema inteligente de recarga de batería con tecnología ABM.

El tablero de control se encuentra dispuesto, como se indica en la Fig. 67.



Fig. 67. Tablero de control y protección del Tomógrafo Toshiba.

En la Fig. 68 y Fig. 69, se indican los diagramas de conexión.

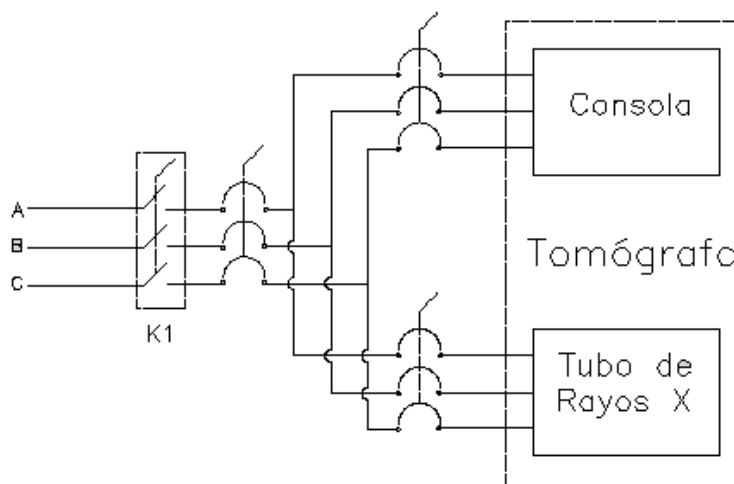


Fig. 68. Diagrama de Fuerza.

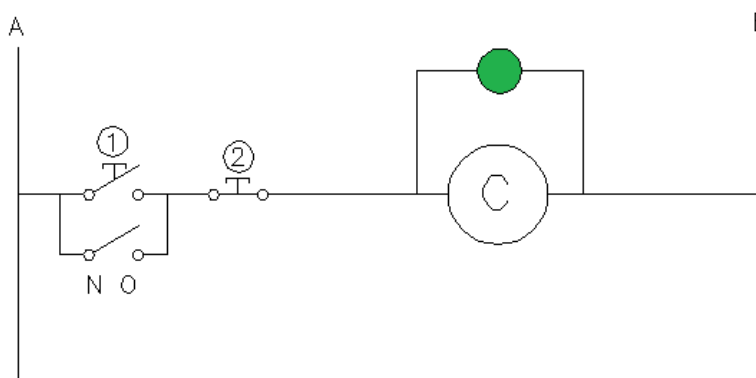


Fig. 69. Diagrama de Control.

Se encuentra conformado, por 3 Breakers: 60, 100 y 175 A correspondientemente; marca MERLIN GERIN.

Los datos Técnicos del Breaker de 60 A, EasyPact, EZC100N; se indican en la Tabla 24:

Tabla 24. Datos Técnicos del Breaker MERLIN GERIN de 60 A.

	Ue (V)	Icu (KA)
IEC 947-2	220/240	25
	380	18
	400/415	15
	440	10
ISC = 50% Icu	550	05
JIS C8370	220	25

NEMA – AB1	240	25
(HIC)	277/480	10

En la Tabla 25, se especifican los datos Técnicos de los Breakers de 175A Compact NB250N, y 100A Compact NB100N.

Tabla 25. Datos Técnicos de los Breakers de 175A Compact NB250N, y 100A Compact NB100N.

Compact circuit breakers			NB100		NB250												
Number of poles			3		3												
Control	manual	toggle direct or extended rotary handle	■		■												
	electric		-		-												
Connections	fixed	front connection	■		■												
		rear connection	-		-												
	withdrawable	front connection	-		-												
		rear connection	-		-												
Mounting	backplate or rails		■		■												
	symmetrical rail		■		-												
Electrical characteristics as per IEC 60947-2 and EN 60947-2																	
Rated current (A)	In	50 °C	100		250												
Rated insulation voltage (V)	Ui		690		690												
Rated impulse withstand voltage (kV)	Uimp		6		6												
Rated operational voltage (V)	Ue	AC 50/50 Hz	500		500												
		DC	-		-												
Type of circuit breaker			F	N	N												
ultimate breaking capacity (kA rms)	Icu	AC 50/50 Hz	15	15	25												
		220/240 V	10	18	18												
		380 V	10	15	15												
		415 V	10	15	15												
		440 V	5	7.5	15												
		500 V	2.5	5	7.5												
		660/690 V	-	-	-												
		DC	250 V (1P)	-	-	-											
			500 V (2P In series)	-	-	-											
Service breaking capacity	Ics	% Icu	50 %		50 %												
Suitability for isolation			-		■												
Utilisation category			A		A												
Endurance (C-O cycles)	mechanical		10000		6000												
	electrical	440 V - In	1500		1000												
Electrical characteristics as per Nema AB1			F	N	N												
Breaking capacity (kA)		240 V	15	25	30												
		480 V	5	7.5	15												
		600 V	-	-	-												
Protection																	
Trip units		thermal-magnetic	non interchangeable														
Overload protection	Ir	at 50 °C	15	20	30	40	50	60	80	100	100	125	150	175	200	225	250
current setting (A)		at 60 °C	15	20	30	40	50	60	80	100	94	119	142	165	190	210	230
Instantaneous short-circuit protection	Im		11	10	11	11	9	12	8	11	12	12	12	12	12	12	11
current setting (x Ir)																	

Así mismo de un contactor para altas corrientes marca TELEMECANIQUE modelo LC1 F185, tal como se indica a continuación en la Fig. 70.

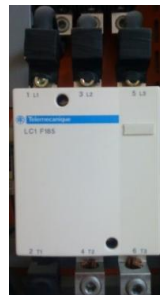


Fig. 70. Contactor para Altas Corrientes TELEMECANIQUE modelo LC1 F185.

En la Tabla 26, se indican los datos característicos del contactor para altas corrientes.

Tabla 26. Datos Técnicos del contactor para altas corrientes.

Conexiones		
■ Por tornillos de estribo		
Tensión asignada de aislamiento (Ui)		1.000 V
Corriente asignada de empleo ⁽¹⁾ Ie máx. AC-3 (Ue ≤ 440 V)		185 A
	Ie AC-1 (θ ≤ 40 °C)	275 A
Número de polos		3 o 4
Potencia asignada de empleo en AC-3	220/240 V	55 kW
	380/400 V	90 kW
	415 V	100 kW
	440 V	100 kW
	500 V	110 kW
	660/690 V	110 kW
	1.000 V	100 kW
Tipo de contactor*		LC1-F185

Además se encuentra conformado por: 2 pulsadores, como se indican en la Fig. 71:

- ✓ Encendido - Verde
- ✓ Desconexión – Rojo

1 lámpara de señalización

- ✓ Color Verde



Fig. 71. Pulsadores y lámpara de señalización.

El tablero se encuentra con su respectiva conexión a tierra, mediante un conductor desnudo de calibre # 2 AWG Al.

El valor del sistema de puesta a tierra, fue determinado mediante la utilización de un Probador de Resistencia a Tierra, obteniendo como resultado 13.4 Ω.

Los conductores que abastecen de energía eléctrica al equipo (dentro de la sala) se encuentran protegidos mecánicamente por una canaleta de 75x50 mm. La información correspondiente a los datos característicos del mismo, se pueden apreciar sin dificultad.

5.2.4.2. ANÁLISIS.

5.2.4.2.1. Espacio Físico.

De acuerdo a un programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales Seguros, se ha determinado que el espacio físico adecuado para la realización de un examen de tomografía no debe ser menor a 30 m².

5.2.4.2.2. Alimentación Eléctrica.

❖ Conductores.

Para la determinación del calibre del conductor es necesario tener a consideración:

- a.** Sección adecuada según la intensidad a transportar.
- b.** Si el equipo funciona a régimen momentáneo o prolongado.
- c.** La caída de tensión, en el tramo de alimentación.
- d.** Tipo de conductor según condiciones ambientales.

Según los datos característicos del equipo, se especifica que las protecciones correspondientes al tubo de rayos X y al gantry, deben ser 100 A y 50A respectivamente, de acuerdo a la utilización del equipo.

De ahí que para el dimensionamiento de los conductores de alimentación, se ha considerado los valores de corriente antes mencionados.

Corriente del tubo de Rayos X.

$$I = 100 A$$

Consola (Gantry).

$$I = 50 \text{ A}$$

Por tal razón se requiere una corriente de alimentación de 150 A.

Según el código el **CPE INEN 19:2001**, se considera régimen momentáneo, un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos. El equipo en cuestión tiene un intervalo de funcionamiento que no supera los 120 segundos; razón por la cual se considera que trabaja en un régimen prolongado.

En el **CPE INEN 19:2001**, Sección 517-73-a1 se especifica que; la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro, debe ser el 100% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen prolongado.

Por tal razón, según el código y de acuerdo con la Tabla 4 del Anexo 1, el conductor a utilizarse sería el # 2/0; pero debido al gran tramo de alimentación es necesario determinar la caída de tensión que este presenta.

Caída de tensión:

$$\Delta V = \frac{L \cdot S \cdot \cos \phi}{K \cdot s \cdot V_n}$$

Según los datos técnicos del equipo, y de acuerdo a la tabla 4 del Anexo 1 se tendrá que:

➤ **Para el conductor # 2/0:**

$$\Delta V = \frac{(34)(75000)(1)}{(56)(67,42)(200)}$$

$$\Delta V = 3,38 \text{ V} = 1,69 \% .$$

Según las condiciones ambientales y de acuerdo con las tablas correspondientes a los Anexos 2 y 5 respectivamente, se podría considerar utilizar un conductor TTU o THHN, por las características que estos presentan.

❖ **Rotulado.**

Según el **CPE INEN 19:2001**, Sección 310-11, mostrado en el Capítulo 3, se especifica la información básica que deben tener los conductores y su ubicación.

❖ **Protecciones.**

Según los datos presentados en el manual de instalación del equipo es recomendable utilizar las siguientes protecciones:

Tubo de Rayos X: ***Breaker*** = 100 A

Consola (Gantry): ***Breaker*** = 50 A

❖ **Canalizaciones.**

Actualmente los conductores que alimentan al equipo de rayos X se encuentran compartiendo una bandeja metálica con 10 conductores. Razón por la cual es necesario determinar las dimensiones adecuadas de dicha bandeja.

Según **CPE INEN 19:2001**, Sección 362-2 nos especifica en qué condiciones no se debe instalar una canaleta metálica. En la misma sección literal 362-5 nos especifica el número máximo de conductores que deben ser transportados por la canaleta, además las dimensiones que esta debe tener según el número de conductores.

Por la canaleta, se transporta 13 conductores como se indican en la Tabla 27:

Tabla 27. Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.

# de conductores	Calibre
8	250 mcm
4	2/0
1	2 desnudo de Al

De acuerdo con la Tabla 4 del Anexo 1 se tiene los conductores se encuentran ocupando un área de:

$$A = 8 (127 \text{ mm}^2) + 4(67,42\text{mm}^2) + 33,62 \text{ mm}^2 = 1319,3 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,0013193 \text{ m}^2$$

El área actual de la canaleta es de:

$$A_c = (0,12 \text{ m})(0,3 \text{ m}) = 0,036 \text{ m}^2$$

Por la tanto el porcentaje que ocupan los conductores es de 3,665 %.

5.2.4.2.3. Factor de Potencia.

De acuerdo a la Regulación establecida por el CONELEC– 004/01, el valor mínimo del factor de potencia es 0,92.

5.2.4.2.4. Sistema de Puesta a Tierra.

Para el equipo se debe conectar el conductor de puesta a tierra desde el tablero de protección y control de la sala, a la barra de puesta a tierra del transformador, con una sección no menor a 6 AWG de acuerdo a la Tabla 250-95 correspondiente al Anexo7. Según la norma IRAM 2281-7, el valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario, deberá ser menor que 3Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes.

5.2.4.2.5. Sistema de Control.

En la instalación de equipos médicos que consumen grandes cantidades de energía, es indispensable la implementación de tableros de control y protección.

❖ Tablero de Control.

El tablero de control debe dimensionarse y construirse de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas en el capítulo 1 del marco Teórico.

Entre los principales elementos constitutivos de un tablero de control tenemos:

- ✓ Contactor.
- ✓ Pulsadores.
- ✓ Lámparas de señalización.
 - Roja (parada).
 - Verde (funcionamiento normal).

Como elementos opcionales, pero importantes en el desempeño de un sistema de control, están:

- ✓ Dispositivos de Medición:

Voltímetros.

Amperímetros.

❖ Elementos de Automatización.

PLC.

Sensores.

Estos elementos son dimensionados en relación a la cantidad de corriente y voltaje que circula por el circuito.

Para su correcta utilización estos deben disponerse como se indican en las Fig. 72 y Fig. 73:

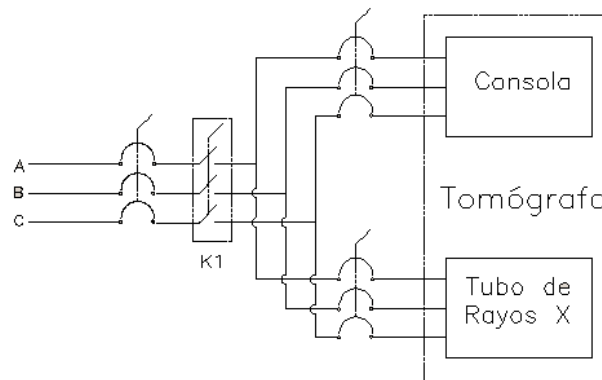


Fig. 72. Diagrama de Fuerza.

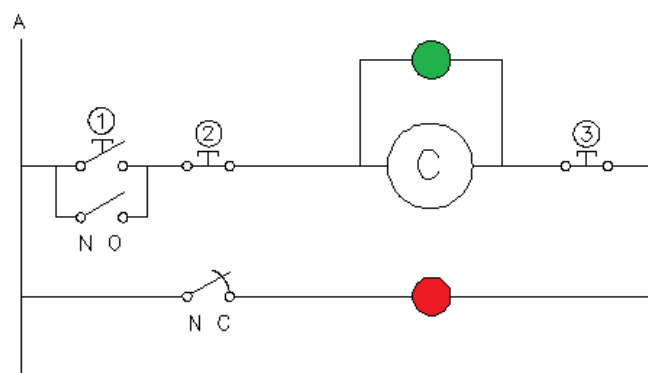


Fig. 73. Diagrama de Control.

Por tal razón:

El contactor debe presentar las siguientes características de instalación:

VAC 200V

I_e 150A

Los pulsadores de acuerdo al servicio que prestarán, se les asignará un color y determinada forma, en base a lo siguiente:

Funcionamiento normal: verde - pulsador simple.

Parada: rojo - pulsador simple.

Emergencia: rojo - pulsador hongo.

Las lámparas de señalización deberán trabajar con un voltaje igual al del sistema de alimentación, en el caso del equipo será de 200V. Según la norma IEC 60204-1 se establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados.

5.2.4.3. EVALUACIÓN.

En la Tabla 28, podemos observar un resumen detallado de los parámetros evaluados del Tomógrafo Toshiba.

Tabla 28. Parámetros Evaluados del Equipo del Tomógrafo Toshiba.

Parámetros a Evaluar.		Estado Actual	Análisis.	Adecuado		Inadecuado.
				Dimensionado	Sobredimensionado	
Espacio Físico	Área	23,5 m ²	≥ 30 m ²			X
Conductores.	Sección	2/0	2/0	X		
	Aislante	TTU	TTU o THHN	X		
	Rotulado	Visible	Visible	X		
Canalización.	# de conductores	13	< 30	X		
	Área de canaleta	360 cm ²	*		X	
Protecciones.	Breakers	Consola	60 A	50 A		X
		T de rayos X	100 A	100 A	X	
		General	175 A	150 A		X
Puesta a tierra.	Sección	# 2 Al	≥ # 6	X		
	Valor	13,4 Ω	< 3 Ω			X
Sistema de Control	Contactor	185 A	150 A		X	
	# pulsadores	2	3			X
	Lámparas de Señalización	1	2			X

	Tablero de Control	X	
--	---------------------------	---	--

* Esta dependerá del número de conductores y del diseño de proyección del mismo.

La descripción de la Tabla 28, se detalla a continuación: por normas mencionadas anteriormente el equipo debe ubicarse en un espacio mayor a 30 m^2 , su condición actual muestra que el área de instalación que está ocupando es de $23,5\text{ m}^2$, valor adecuado para el área de trabajo.

En lo referente al sistema de alimentación es importante destacar que:

☛ Dentro del sistema de alimentación los conductores deben cumplir con las normas referentes a su aislamiento, sección y rotulado, las mismas que a continuación se detallan en relación con su estado actual.

La sección que poseen los conductores es de 2/0 AWG, mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 100% de la capacidad de corriente en régimen prolongado, razón por la cual se concluye que el conductor actual es el adecuado.

Por las condiciones ambientales, en su instalación se ha utilizado un conductor con aislamiento TTU; el mismo que satisface las necesidades actuales presentes en el medio.

La norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, especifica que el conductor debe tener la siguiente información básica: voltaje nominal, aislante, el nombre del fabricante, material, temperatura y la sección transversal; la misma que debe estar ubicada en un lugar visible. Para el caso de los conductores que alimentan este equipo no existe inconveniente en relación a este parámetro.

☛ De acuerdo al estudio realizado esta instalación cuenta con una bandeja metálica de sección 360 cm^2 , la misma que transporta 13 conductores de los cuales 3 alimentan al

equipo; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $13,19 \text{ cm}^2$, concluimos que el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

➤ El equipo conformado por la consola y el tubo de rayos X, se encuentra protegido respectivamente por un breaker de 60 A y 100 A, y una protección general de 175 A. Dos de estas protecciones están sobredimensionados por lo cual es importante considerar el manual de instalación de este equipo, donde se sugiere utilizar una protección de 50 A para la consola y 150 A para la protección general, parámetros que no se consideraron al momento de su instalación.

➤ Referente a la puesta a tierra las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, establecen que para este equipo el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 6 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de $13,4 \Omega$; el mismo que no satisface la norma antes mencionada.

➤ El sistema de control con el que cuenta el equipo es adecuado pero es importante la implementación de un pulsador de emergencia y una lámpara de señalización (roja), que indique el estado de parada del equipo.

5.2.4.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.

En las condiciones actuales del equipo, no fue posible realizar una evaluación de la calidad de energía debido a que el equipo no se encontraba funcionando. Debido a la importancia del análisis de la calidad de energía, es primordial la realización de este, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

5.2.5. TOMÓGRAFO SIEMENS.

5.2.5.1. ESTUDIO.

El equipo se encuentra instalado como se indica en la Fig. 74.



Fig. 74. Tomógrafo Siemens de 16 cortes.

5.2.5.1.1. Datos Técnicos.

Marca: SIEMENS

Modelo: Somatom Emotion.

N° Serie: 32383.

Voltaje de línea: 400 V

Número de Fases: 3

Frecuencia: 60 Hz.

Potencia máxima (Generador de Rayos X): 40 KW.

Potencia necesaria: 66 KVA

Cambio de variación de voltaje: $\pm 10\%$ ó menos

Tiempo de exposición.

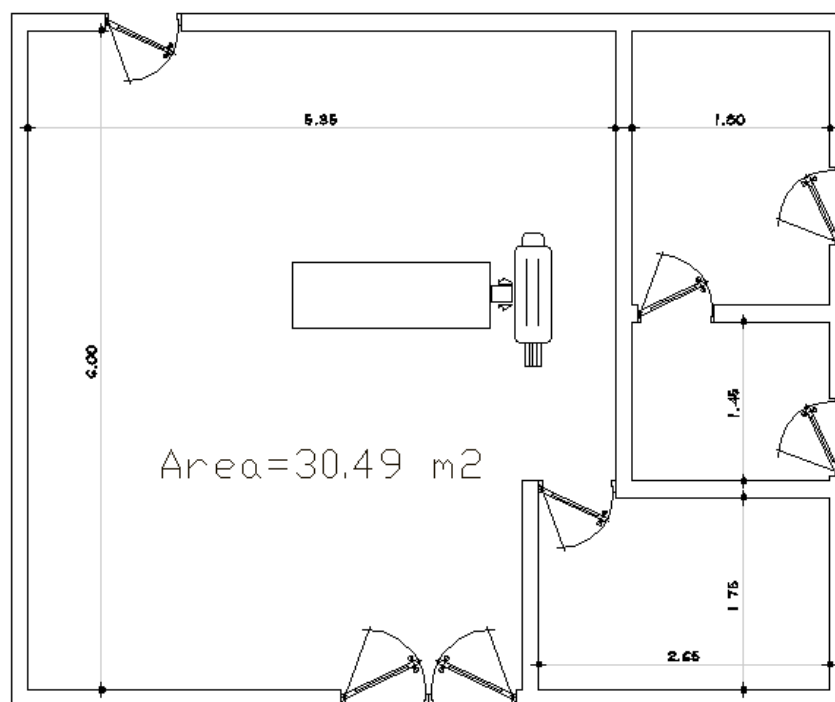
En la Tabla 29, se especifica el tiempo máximo de exposición de acuerdo al tipo de examen.

Tabla 29. Tiempo de exposición.

Tipo de examen	KV	Tiempo de exposición (s).
Encéfalo (simple)	130kV	22s.
Abdomen	130kV	16s a 17s.
Columna	110kV	45s.
Tórax	130kV	16s.

5.2.5.1.2. Espacio Físico.

El equipo se encuentra instalado en un área de 30,49 m² como se indica a continuación en la Fig. 75.


Fig. 75. Área de instalación del equipo de Tomografía.

5.2.5.1.3. Alimentación Eléctrica.

El equipo posee un circuito individual de alimentación, como se indica en el diagrama unifilar de la Fig. 76.

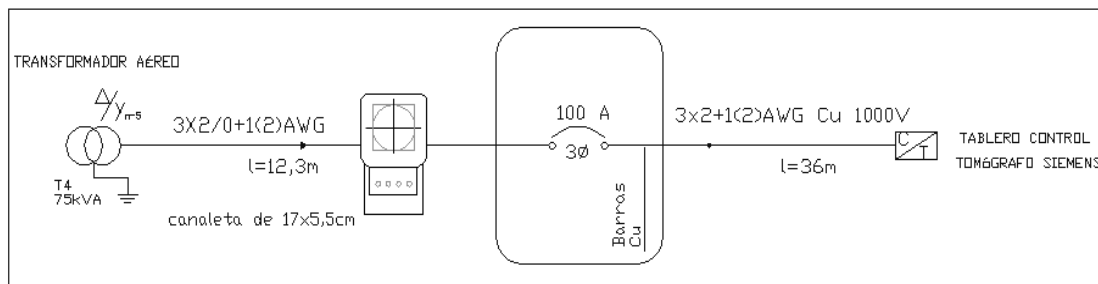


Fig. 76. Diagrama unifilar del sistema de alimentación del equipo de Tomografía.

❖ Descripción.

Para la alimentación del tablero correspondiente al tomógrafo SIEMENS, están dispuestos un tablero general y un subtablero; el tablero general se encuentra alimentado de un transformador aéreo de 75 kVA como se indica en la Fig. 77; mediante 4 conductores, 3(2/0) AWG y 1(2) AWG Cu 1000V del tipo TTU en una distancia aproximada de 12,3 m hasta llegar a un contador electrónico como se muestra en la Fig. 78.

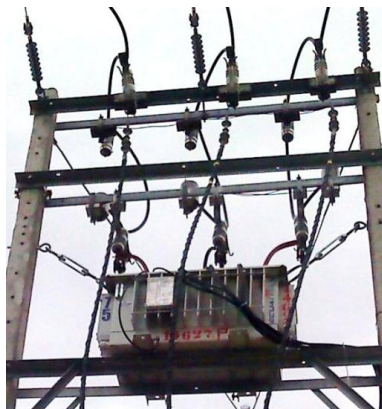


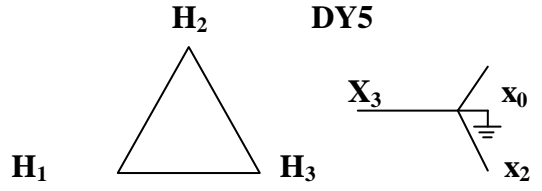
Fig. 77. Transformador ECUATRANS de 75 kVA.



Fig. 78. Tablero General de Alimentación.

Los datos técnicos del transformador se especifican en la Tabla 30, que se muestra a continuación.

Tabla 30. Datos Técnicos del Transformador ECUATRANS S.A. de 75 kVA.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN TURBULACIÓN DE TAPS # 3			
Serie: 0805708	PRIMARIO		
KVA: 75	POSICIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE
NORMA: IEEEC.57.12.90	3	13800 V	3.14 A
CLASE: ONAN			
OPERACIÓN m.s.n.m.: 3000			
ACEITE: Mineral			
CALENTAMIENTO °C: 20/65			
# DE FASES: 3			
FRECUENCIA: 60 Hz.			
NIVEL AIS. PRIM/SEC KV: 95/30			
GRUPO CONEXIÓN: DY5	SECUNDARIO		
IMPEDANCIA %: 2.92	LINEA	V	I
	X₀ X₁ X₂ X₃	400 V	18,25 A

El valor del factor de potencia mínimo en el sistema de alimentación de este equipo es de 0,92; este valor fue determinado mediante la utilización de un analizador de redes.

Dentro del Tablero General se encuentra instalado un Breaker de 100 A, como se indica a continuación en la Fig. 79. Los datos técnicos de esta protección se muestran en la Tabla 31.

El Tablero general se encuentra aterrado mediante un conductor de cobre desnudo de calibre # 2.

El valor del sistema de puesta a tierra, fue determinado mediante la utilización de un Probador de Resistencia a Tierra, obteniendo como resultado 0,5 Ω.



Fig. 79. Breaker MERLIN GERLING de 100 A.

Tabla 31. Datos Técnicos del Breaker Merlin Gering de 100 A.

$U_i = 690V \sim U_{imp} = 6kV$ Cat. A 50/60Hz 40/50°C	
IEC 60947-2	JIS C8201-2-1
Ue (V)	Icu/Ics(kA)
220/240~	25/13
380~	18/9
400/415~	15/8
440~	10/5
550~	5/3
250–	5/3
NEMA – A B1	HIC (kAmps)
240 ~ 25	
227/480Y~10	

Para la alimentación del sub tablero están dispuestos 4 conductores 3(2) AWG y 1(2) AWG Cu 1000V del tipo TTU en una distancia aproximada de 36 m, protegidos mecánicamente por una canaleta metálica de 18 x 7 cm. La información correspondiente a los conductores es legible.

El sub tablero de control se encuentra dispuesto de la siguiente forma, como se indica en la Fig. 80:


Fig. 80. Sub tablero de control.

En la Fig. 81 y Fig. 82 podemos observar los diagramas de fuerza y de control que posee el tomógrafo siemens.

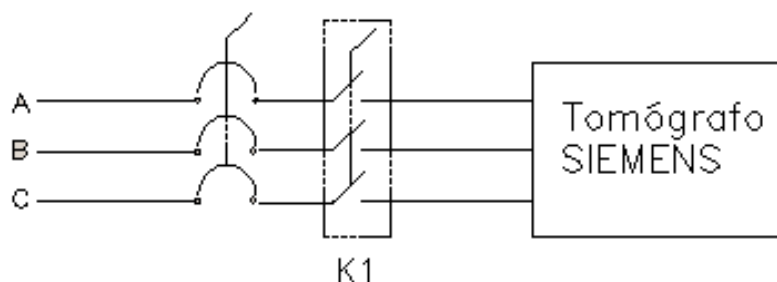


Fig. 81. Diagrama de Fuerza.

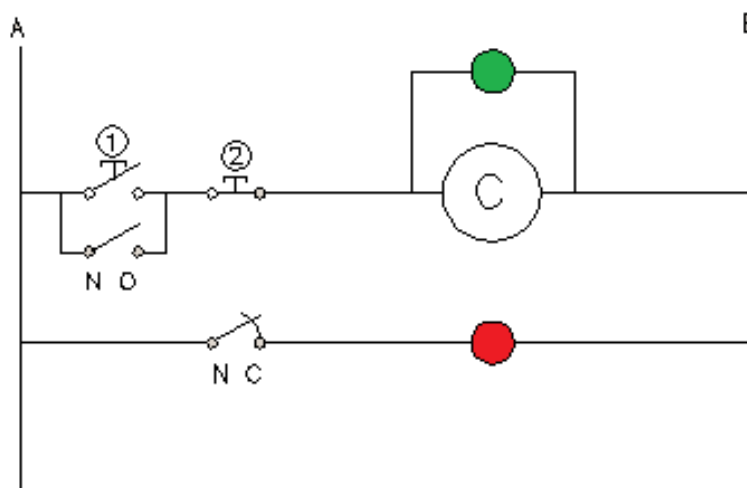


Fig. 82. Diagrama de Control.

Conformado por:

- ❖ 1Breakers de 160 A marca SIEMENS, como se indica en la Fig. 83, con sus respectivos datos técnicos, mostrados en la Tabla 32.



Fig. 83. Breaker SIEMENS de 160 A.

Tabla 32. Datos técnicos del Breaker Siemens de 160A.

SIEMENS	
3VT 1716-2DA 36 _{DAAO}	
$U_B = 690V$	$I_U = 160A$
$U_{imp} = 8KV$	$40^{\circ}C$
$U_B I_{CU} I_{CS}$	
230V -40KA	20KA
415V -25KA	13KA
500V -12KA	6KA
690V -6KA	3KA
50/60 Hz	
IEC 60947-2	
EN 60947-2	
$I_n = 160A$	
$I_r = I_n$	
$I_i = 4I_n$	


- ❖ Dos Breakers de 32A, marca CAMSLO, indicados en la Fig. 84:


Fig. 84. Breakers CAMSLO de 32 A.

- ❖ Un contactor marca SIEMENS modelo SIRUS, mostrado en la Fig. 85, con sus respectivos datos técnicos, mostrados en la Tabla 33.


Fig. 85. Contactor SIEMENS modelo SIRUS de 185 A.

Tabla 33. Datos Técnicos del Contactor SIEMENS.

SIEMENS					SIRUS				
IEC/EN 60947-4-1 50/60Hz GB 14048 4-2003 / 50Hz U _{imp} : 8KV U _i : 1000V I _e : AC-1 185A					V AC	200	230	460	575
					1PH,HP	30	30	55	50
					3PH,HP	50	60	125	150
U _e (V)	230	400	690	1000	Break all line 195A 600V AG general use 10KA, 600V short circuit 500A Max. Fuse; 450A Max. CB 75°C Cu Wire Only.				
P-AC-3(KV)	45	75	132	90					
AC-3(A)	150	150	150	65					
SCPD	↓								
Ve: 400V	3VL	gL/gG		BS88T					
I _g		50KA		50KA					
Type 1		355A							
Type 2		315A		315A					
JEM AC3.2.0-0					3RT1055-6...6				

❖ 2 pulsadores:

✓ Encendido - Verde

✓ Desconexión – Rojo

❖ 2 lámparas de señalización.

✓ Color Rojo

✓ Color Verde

Los pulsadores y las lámparas de señalización están dispuestos como se indica en la Fig. 86.


Fig. 86. Pulsadores y lámparas de señalización.

5.2.5.2. ANÁLISIS.

5.2.5.2.1. Espacio físico.

De acuerdo a un programa médico arquitectónico para el diseño de hospitales Seguros, se ha determinado que el espacio físico adecuado para la realización de un examen de tomografía no debe ser menor a 30 m².

5.2.5.2.2. Alimentación Eléctrica:

❖ Conductores.

Para la determinación del calibre del conductor es necesario tener a consideración:

- a. Sección adecuada según la intensidad a transportar.
- b. Si el equipo funciona a régimen momentáneo o prolongado.
- c. La caída de tensión, en el tramo de alimentación.
- d. Tipo de conductor según condiciones ambientales.

Dado que el equipo, requiere para su funcionamiento una potencia de 66 KVA, se tiene que el valor de la corriente a circular por el sistema será:

$$I = S / \sqrt{3} \cdot V$$

$$I = 66000 \text{ VA} / \sqrt{3} (400)$$

$$I = 95,26 \text{ A}$$

Por tal razón se requiere una corriente de alimentación de 95,26 A.

Según el código el **CPE INEN 19:2001**, se considera régimen momentáneo, un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos. El equipo en cuestión tiene un intervalo de funcionamiento que va desde los 16 a 45 segundos; razón por la cual se considera que trabaja en un régimen prolongado.

En el **CPE INEN 19:2001**, Sección 517-73-a1 se especifica que; la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro, debe ser el 100% de la capacidad en régimen prolongado.

Por tal razón, según el código y de acuerdo con la tabla 4 del Anexo 1, el conductor que podría utilizarse sería un # 2 AWG. Pero debido al gran tramo de alimentación, es necesario determinar la caída de tensión.

❖ **Caída de tensión:**

$$\Delta V = \frac{L \cdot S \cdot \cos \phi}{K \cdot s \cdot V_n}$$

Según los datos técnicos del equipo, y de acuerdo a la tabla 4 del Anexo 1 se tendrá que:

↻ **Para el conductor # 2:**

$$\Delta V = \frac{(36)(66000)(0,92)}{(56)(33,62)(400)}$$

$$\Delta V = 2,9 \text{ V} = 0,75 \%$$

Por tal razón, se puede utilizar un conductor de sección # 2.

Según las condiciones ambientales y de acuerdo con las tablas correspondientes a los Anexos 2 y 5 respectivamente, se podría considerar utilizar un conductor TTU o THHN, por las características que estos presentan.

❖ **Rotulado.**

Según el **CPE INEN 19:2001**, Sección 310-11, se especifica la información básica que deben tener los conductores y su ubicación.

❖ Protecciones.

En el **CPE INEN 19:2001**, Sección 517-73-a1 se especifica que: la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente, debe ser la mayor de las siguientes: el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo o el 100% de la capacidad en régimen prolongado.

Sabiendo que, la intensidad de corriente es de 95,26 A; según el **CPE INEN 19:2001** y los valores de las protecciones disponibles en el mercado, tenemos que el breaker a utilizarse sería: de 100 A.

❖ Canalizaciones.

Según el **CPE INEN 19:2001**, Sección 362 A-2 nos especifica en qué condiciones no se debe instalar una canaleta metálica. En la misma sección literal A-5 nos especifica el número máximo de conductores que deben ser transportados por la canaleta, además las dimensiones que esta debe tener según el número de conductores.

Por la canaleta, se transportaran 5 conductores como se indican en la Tabla 34:

Tabla 34. Número conductores transportados por la bandeja metálica para la alimentación de los equipos de Rayos X y Tomografía.

# de conductores	Calibre
4	# 2
1	# 8

De acuerdo con la Tabla 4 del Anexo 1 se tiene que los conductores ocuparan un área de:

$$A = 4 (33,62 \text{ mm}^2) + 8,36 = 142,84 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,00014284 \text{ m}^2.$$

Por tal razón el área de la canaleta a utilizarse deberá ser:

$$A_c \geq 0,0007142 \text{ m}^2$$

5.2.4.2.3. Factor de Potencia.

De acuerdo a la Regulación establecida por el CONELEC– 004/01, el valor mínimo del factor de potencia es 0,92.

5.2.4.2.4. Sistema de Puesta a tierra.

Para el equipo se debe conectar el conductor de puesta a tierra desde el tablero de protección y control de la sala, a la barra de puesta a tierra del transformador, con una sección no menor a 6 AWG de acuerdo a la Tabla 250-95, correspondiente al Anexo 7.

Según la norma IRAM 2281-7, el valor de la resistencia de puesta a tierra recomendable para los sistemas de puesta a tierra de uso hospitalario, deberá ser menor que 3Ω , con las verificaciones periódicas correspondientes.

5.2.4.2.5. Sistema de Control.

En la instalación de equipos médicos que consumen grandes cantidades de energía, es indispensable la implementación de tableros de control y protección.

❖ Tablero de Control.

El tablero de control debe dimensionarse y construirse de acuerdo a las especificaciones técnicas indicadas en el capítulo 3 del Marco Teórico.

Entre los principales elementos constitutivos de un tablero de control tenemos:

- ✓ Contactor.
- ✓ Pulsadores.

✓ Lámparas de señalización.

- Roja (parada).
- Verde (funcionamiento normal).

Como elementos opcionales, pero importantes en el desempeño de un sistema de control, están:

✓ Dispositivos de Medición:

Voltímetros.

Amperímetros.

❖ Elementos de Automatización.

PLC.

Sensores.

Estos elementos son dimensionados en relación a la cantidad de corriente y voltaje que circula por el circuito.

Para su correcta utilización estos deben disponerse de la siguiente manera, como se indica en las Fig. 87 y Fig. 88:

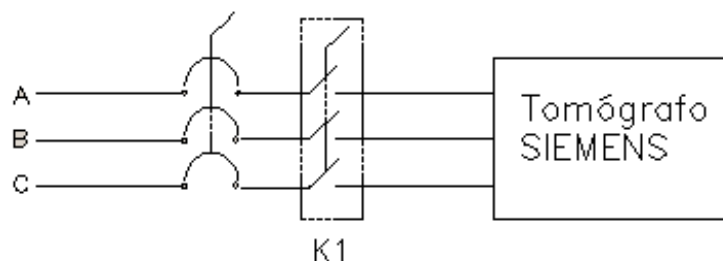


Fig. 87. Diagrama de Fuerza.

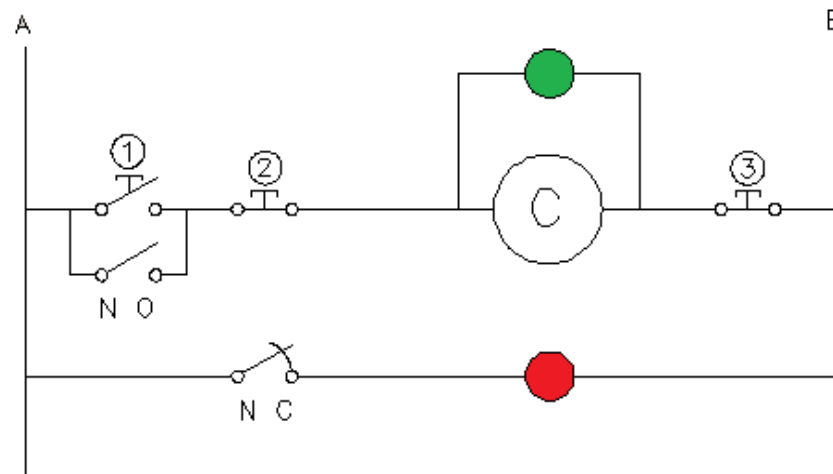


Fig. 88. Diagrama de Control.

Por tal razón:

El contactor debe presentar las siguientes características de instalación:

VAC 220 V

I_e 100 A

Los pulsadores de acuerdo al servicio que prestarán, se les asignará un color y determinada forma, en base a lo siguiente:

Funcionamiento normal: verde - pulsador simple.

Parada: rojo - pulsador simple.

Emergencia: rojo - pulsador hongo.

Las lámparas de señalización deberán trabajar con un voltaje igual al del sistema de alimentación, en el caso del equipo será de 220V. Según la norma IEC 60204-1 se establece los códigos de colores correspondientes a los mensajes que deben ser indicados.

En lo referente al sistema de protección, la selección de breakers se realizara, conforme al análisis ya establecido.

5.2.4.3. EVALUACIÓN.

En la Tabla 35, podemos observar un resumen detallado de los parámetros evaluados del Tomógrafo Siemens.

Tabla 35. Parámetros Evaluados del Equipo del Tomógrafo Siemens.

Parámetros a Evaluar.		Estado Actual	Análisis.	Adecuado		Inadecuado.
				Dimensionado	Sobredimensionado	
Espacio Físico.	Área	30,49 m ²	$\geq 30 \text{ m}^2$	X		
Conductores.	Sección	2/0	2/0	X		
	Aislante	TTU	TTU o THHN	X		
	Rotulado	Visible	Visible	X		
Canalización.	# de conductores	5	< 30	X		
	Área de canaleta	126 cm ²	*		X	
Protecciones.	Breakers	2	1			X
Puesta a tierra.	Sección	# 2 Al	$\geq \# 6$	X		
	Valor	0,5 Ω	< 3 Ω			X
Sistema de Control	Contactor	185 A	100 A		X	
	# pulsadores	2	3			X
	Lámparas de Señalización	2	2	X		
	Tablero de Control			X		

* Esta dependerá del número de conductores y del diseño de proyección del mismo.

A continuación se presenta una descripción de la Tabla 35: El equipo debe ubicarse en un espacio mayor o igual a 30 m², como lo establece el programa médico antes

mencionado; el área actual donde está ubicado este equipo es de $30,49 \text{ m}^2$, espacio suficiente para su correcto funcionamiento.

Dentro del sistema de alimentación se debe considerar lo siguiente:

➤ En lo referente a los conductores: La sección que poseen es de 2/0 AWG, con aislamiento TTU y rotulado visible; mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 100% de la capacidad de corriente en régimen prolongado, se ha determinado la sección correcta para esta instalación, que en relación con la actual es la misma. En lo respecta al aislamiento es importante destacar que bajo las condiciones actuales el aislamiento que posee es el correcto.

Con el análisis de la norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, referente a la información básica que debe constar en el conductor; se determinó que el rotulado de los conductores del sistema de alimentación es el adecuado.

➤ Los conductores de alimentación son transportados y protegidos mecánicamente por una bandeja metálica de sección 126 cm^2 , la misma que transporta 5 conductores; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $1,43 \text{ cm}^2$, concluimos el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

Es importante destacar que tanto el sobredimensionamiento de conductores como de canalización, no afecta de ninguna manera el funcionamiento adecuado del equipo. Pero es importante tener a consideración los análisis presentados en esta tesis.

➤ El equipo se encuentra protegido por dos breakers, instalados en el tablero principal y de control respectivamente; con valores de 160 y 100 A. Dado que la protección de menor valor ha sido dispuesta en el tablero principal, la protección de 160 A no se

encuentra cumpliendo ninguna función. Según la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-72-a, establece que la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente, debe ser el 100% de la capacidad en régimen prolongado, teniendo en cuenta que la corriente nominal tiene un valor de 95,26 A, se ha establecido que la protección ubicada en el tablero principal es la adecuada.

✦ El sistema de puesta a tierra debe cumplir con las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, las mismas que establecen que para este equipo el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 6 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3 Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de 0,5 Ω , mediante el manual del equipo utilizado se especifica que mediciones por debajo de 1 Ω , puede indicar que el electrodo de tierra que se está probando es continuo en sí mismo (el instrumento está midiendo un loop metálico y no la resistencia del electrodo a tierra). En este caso, las medidas de resistencia pueden no ser válidas. De ahí la importancia de brindar mantenimiento a este tipo de sistemas.

✦ El sistema de control que posee el equipo es adecuado pero es importante la implementación de un pulsador de emergencia; además el contactor que posee es de 185 A, el mismo que está sobredimensionado, este valor no afecta al funcionamiento del equipo, pero es importante destacar que es suficiente utilizar uno de 100 A.

5.2.4.3.1. Evaluación de la Calidad de Energía Eléctrica.

Según la Norma EN 50160 y mediante la utilización de un analizador de Redes se ha determinado los valores del análisis de la calidad de energía del equipo de tomografía SIEMENS.

En la Tabla 36. Se especifica los valores que se han considerado, para la evaluación de la calidad de energía; en estos se detalla el porcentaje de variación, de cada uno de los parámetros con respecto a la Norma.

En la Fig. 89, se especifican los parámetros en los que se presentan variación. En esta se evidencia, que el porcentaje de Flicker sobre pasan la norma establecida.

En la Tabla 37, se indica el periodo y la duración, en el cual se ha producido este cambio, y en la Tabla 38, se indica más detalladamente el listado de los valores tomados por el analizador de redes, referente a Flicker y corriente en los periodos críticos.

Como es evidente, el porcentaje de Flicker es muy elevado, en la Tabla 37 se puede constatar en qué periodo de la medición, estos han sobrepasado la norma. Al ser un equipo médico sensible, es muy importante determinar el origen del Flicker, para esto se tomara en cuenta el siguiente análisis.

Sabiendo que un Flicker es provocado por la variación fluctuante de potencia que absorben diversos equipos o por la alimentación o desconexión de cargas importantes; se considera que para la alimentación del equipo de Tomografía se ha dispuesto de un sistema individual de alimentación, razón por la cual no podría existir la posibilidad de conectar cargas externas dentro de este sistema de alimentación.

De ahí que únicamente nos queda la posibilidad, que el origen del Flicker sea producto del funcionamiento del equipo o por problemas de la red principal de alimentación.

Tabla 36. Evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Parameter			Maximum value		
	Unit	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3
Voltage variations		227V			
Maximum 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	4.89	5.63	5.60
Minimum 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-1.45	-0.84	-0.83
Interruptions < 0%	Number of	100	0	0	0
Events	Number of	100	1	3	1
Voltage harmonics					
5. Harm. 100% / 95%	% [Vn]	6 / 6	2.79	2.94	2.90
Current harmonics	A			No	
Flicker Plt 100% / 95%	Plt	1 / 1	0.948	1.055	1.075
Unbalance V 100% / 95%	%	2 / 2		0.81	
Signallingvoltages	% [Vn]			No	
frequency		60 Hz			
Maximum 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33	
Minimum 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.83	



Max value above limit value



x% (95% / 99.5% / 99%)-value above limit value

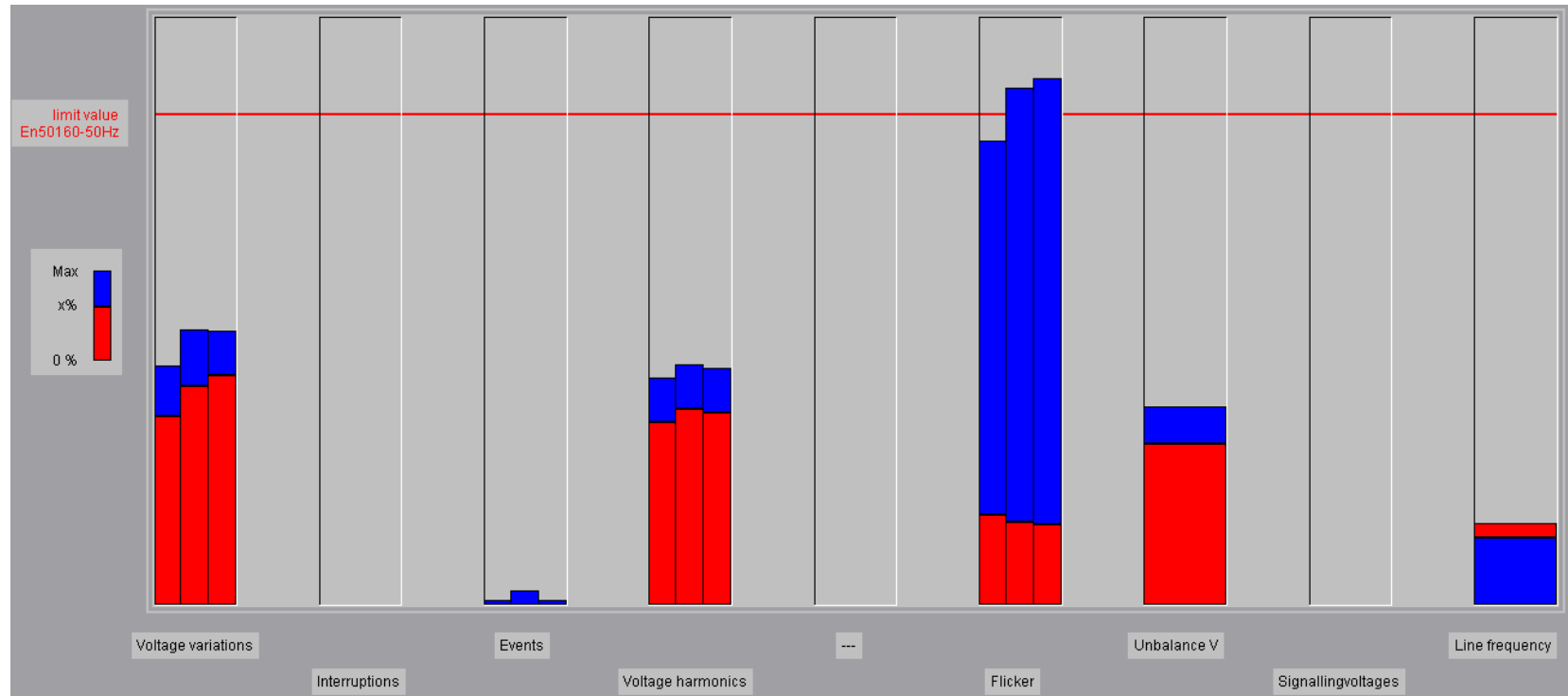


Fig. 89. Diagrama de la evaluación de los parámetros establecidos por la Norma EN 50160.

Tabla 37. Periodo y Duración de los Valores Críticos de los Flicker.

Flicker	PIt		
	PIt	07/11/2011/11:17:00	1.075
	PIt	07/11/2011/11:16:00	1.075
	PIt	07/11/2011/11:15:00	1.075
	PIt	07/11/2011/11:14:00	1.075
	PIt	07/11/2011/11:13:00	1.075

**Tabla 38.** Lista de valores de la medición de Flicker y Corriente.

Date and time	Flicker Pit L1 Pit	Flicker Pit L2 Pit	Flicker Pit L3 Pit	I max L1 A	I max L2 A	I max L3 A
07/11/2011 10:56:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 10:57:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 10:58:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 10:59:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:00:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:01:00	0.000	0.000	0.000	0.0	8.9	0.0
07/11/2011 11:02:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:03:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.9	0.0
07/11/2011 11:04:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:05:00	0.000	0.000	0.000	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:06:00	0.000	0.645	1.027	34.3	36.3	0.0
07/11/2011 11:07:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.5	0.0
07/11/2011 11:08:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:09:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:10:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:11:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:12:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:13:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:14:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.0	0.0
07/11/2011 11:15:00	0.546	0.959	1.075	0.0	9.2	0.0
07/11/2011 11:16:00	0.546	0.959	1.075	11.1	16.2	10.1
07/11/2011 11:17:00	0.548	0.960	1.075	38.4	45.0	34.8
07/11/2011 11:18:00	0.544	0.852	0.544	0.0	10.7	0.0
07/11/2011 11:19:00	0.000	0.194	0.162	38.8	46.4	34.8
07/11/2011 11:20:00	0.000	0.194	0.162	0.0	10.6	0.0
07/11/2011 11:21:00	0.000	0.194	0.162	0.0	11.1	0.0
07/11/2011 11:22:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.5	0.0
07/11/2011 11:23:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.7	0.0
07/11/2011 11:24:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.7	0.0
07/11/2011 11:25:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.7	0.0
07/11/2011 11:26:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.7	0.0
07/11/2011 11:27:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.9	0.0
07/11/2011 11:28:00	0.000	0.194	0.162	0.0	9.9	0.0
07/11/2011 11:29:00	0.000	0.158	0.000	0.0	9.7	0.0
07/11/2011 11:30:00	0.000	0.154	0.000	0.0	9.0	0.0



DISCUSIÓN

VI. DISCUSIÓN.

- ❖ El **Ecógrafo** está ubicado en una sala cuya área de instalación es de $17,8 \text{ m}^2$ la misma que está dentro de los parámetros establecidos por un programa médico arquitectónico para hospitales seguros, en el que establece que el área no debe ser menor a 14 m^2 .

Es importante destacar que el equipo se alimenta de tomas que cuentan con su respectiva conexión a tierra, haciendo posible el cumplimiento de la norma 517-13-b, establecida por el Código Eléctrico Nacional.

El equipo cuenta con un UPS, el mismo que suprime las fluctuaciones de tensión y de corriente presentes en el sistema. Para la implementación de este sistema acondicionador de señal es importante tener presente, que debe calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo. Actualmente el UPS instalado está sobredimensionado, pero sin embargo cumple con los requerimientos establecidos por el equipo.

- ❖ **Rayos X móvil.**- El equipo se encuentra prestando sus servicios eventualmente en la Sala de Rayos X 1, dado que es un equipo móvil no requiere un espacio físico establecido; pero es importante destacar que para su instalación es necesario tener presente que este debe acoplarse al sistema de red general mediante una clavija a un toma polarizado, tal como se especifica en las norma del Código Eléctrico Nacional CPE INEN 19:2001, sección 517, apartado E, artículo 517-71 y 72, literal b y c. Su situación actual muestra que el equipo cumple con estas normas, no obstante es primordial asegurarse, que el hospital cumpla con la Norma IRAM 2281-7, en donde se especifica que el valor de la resistencia de puesta a tierra para equipos sensibles debe ser menor a 3Ω .
- ❖ **Rayos X fijo.**- En base al estudio realizado para que el equipo permita obtener exámenes de calidad y además asegurar su periodo de vida útil es necesario tener a consideración que, el lugar de instalación sea el correcto; de acuerdo a un análisis establecida por el programa médico antes mencionado el equipo debe ubicarse en un

espacio mayor a 20 m^2 , su condición actual muestra que el área de instalación que está ocupando es de $26,1 \text{ m}^2$, valor adecuado para el área de trabajo.

En lo referente al sistema de alimentación es importante destacar que:

- Dentro del sistema de alimentación los conductores deben cumplir con las normas referentes a su aislamiento, sección y rotulado, las mismas que a continuación se detallan en relación con su estado actual.

La sección que poseen los conductores es de 250 mcm, mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo; se ha establecido que el valor adecuado debería ser de 2 AWG. Su sobredimensionamiento no trae consecuencia alguna en el desenvolvimiento actual del equipo.

Por las condiciones ambientales, en su instalación se ha utilizado un conductor con aislamiento THHN; el mismo que satisface las necesidades actuales presentes en el medio.

La norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, específica que el conductor debe tener la siguiente información básica: voltaje nominal, aislante, el nombre del fabricante, material, temperatura y la sección transversal; la misma que debe estar ubicada en un lugar visible. Esta información no se observa en el conductor, para lo cual es necesario colocar cintas de identificación.

- De acuerdo al estudio realizado esta instalación cuenta con una bandeja metálica de sección 360 cm^2 , la misma que transporta 13 conductores de los cuales 3 alimentan al equipo; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la

bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $13,19 \text{ cm}^2$, concluimos que el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

- El equipo se encuentra protegido por un breaker de 100 A, el mismo que es inadecuado ya que en el manual de instalación de este equipo se sugiere utilizar una protección de 60 A, parámetro que no se consideró al momento de su instalación.
- Es importante destacar que dentro del sistema de alimentación, la puesta a tierra es uno de los parámetros fundamentales en el desenvolvimiento correcto del equipo. Las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, establecen que el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 8 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de $12,8 \Omega$; el mismo que no satisface la norma antes mencionada.
- El equipo no cuenta con un sistema de control, por tal motivo es indispensable colocar un tablero de control que cumpla con la Norma IEC 60439-01 en la que se define las condiciones de empleo, las disposiciones constructivas, las características técnicas. Considerando los datos técnicos del equipo se ha determinado que este tablero debe estar conformado por un contactor de 90 A - 220 V, tres pulsadores y dos lámparas de señalización los mismos que permitirán tener un mejor control del mismo.
- Para el análisis de calidad de energía se ha creído pertinente la implementación de un analizador de redes (FLUKE 1743) en el sistema, el mismo que evalúa: armónicos de tensión, variaciones de voltaje, desbalance de tensión, flicker. Se obtuvo como resultado de este análisis que todos los parámetros antes mencionados presentan variación, pero el flicker de acuerdo a la norma EN 50160 es el único que afecta en el funcionamiento del equipo. Por ende es importante la implementación de dispositivos acondicionadores de señal.

- ❖ **Mamógrafo.-** Tomando como referencia el análisis establecido por el programa médico ya mencionado, el equipo debe ubicarse en un espacio mayor o igual a 18 m², esto no se cumple ya que el área donde está ubicado dicho equipo es de 10,4 m², siendo necesario ampliarla para cumplir con las condiciones que requiere.

Dentro del sistema de alimentación se debe considerar lo siguiente:

- En lo referente a los conductores: La sección que poseen es de 6 AWG, con aislamiento TTU; mediante el análisis de caída de tensión y considerando que el equipo posee un conductor de alimentación (de fábrica), calibre número 12 AWG se ha establecido que se puede disponer de esta sección en todo el tramo de alimentación, además por la tabla ubicada en el anexo 2 podemos observar que el aislamiento a utilizar sería el mismo que tiene en la actualidad (TTU).

Es importante que los conductores cumplan con la norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, referente a la información básica que debe constar en el conductor; por el momento esta información se ha deteriorado siendo necesario colocar cintas de identificación.

- Los conductores de alimentación son transportados y protegidos mecánicamente por una tubería conduit de 2½ pulgadas, pasando por ella 5 conductores, 3 de los cuales no cumplen ninguna función. Luego del análisis realizado se estableció que de acuerdo a la sección de conductores propuesta que el diámetro de la tubería a utilizar debe ser de ½ pulgada.
- Es importante destacar que tanto el sobredimensionamiento de conductores como de canalización, no afecta de ninguna manera el funcionamiento adecuado del equipo. Pero es importante tener a consideración los análisis presentados en esta tesis.
- El equipo se encuentra protegido por un breaker de 60 A, el mismo que está sobredimensionado, al determinar la corriente nominal del equipo se obtuvo un valor de 17,32 A; según la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-72-a,

establece que la capacidad de corriente del dispositivo de protección contra sobrecorriente, debe ser el 50% de la capacidad en régimen momentáneo, por lo tanto la protección que debe utilizarse seria de 15 A.

- El equipo no cuenta con un sistema de puesta a tierra por lo que es indispensable la instalación inmediata del mismo, para lo cual debe cumplir con las normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, las mismas que establecen de acuerdo a los requerimientos eléctricos del equipo, que el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 10 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3 Ω , respectivamente.
- El sistema de control con el que cuenta el equipo es adecuado pero es importante la implementación de dos lámparas de señalización; además el contactor que posee es de 90 A, el mismo que está sobredimensionado, este valor no afecta al funcionamiento del equipo, pero es importante destacar que es suficiente utilizar uno de 20 A.
- En lo referente al análisis de calidad de energía, se ha creído pertinente la inserción de un equipo de medición (FLUKE 1743) en el sistema, el mismo que evalúa: armónicos de tensión, variaciones de voltaje, desbalance de tensión, flicker. Se obtuvo como resultado de este análisis que todos los parámetros antes mencionados presentan variación, pero el flicker de acuerdo a la norma EN 50160 es el único que afecta en el funcionamiento del equipo. Al ser un equipo de potencia no muy considerable, este se ha acoplado a un ramal compartido, de ahí que la distorsión que presentan las líneas, podrían ser producto del funcionamiento del equipo, de otros equipos, o por problemas de la red principal. Para determinar el origen de esta distorsión, es necesario el análisis individual de cada sistema de alimentación que conforman este ramal. Este análisis no es factible ya que no se puede proceder a desconectar los circuitos, esto evita obtener datos precisos y exactos con respecto al equipo, razón por la cual no puede determinarse el origen de esta distorsión. Por ende es importante la implementación de dispositivos acondicionadores de señal.

- ❖ **Tomógrafo Toshiba.-** De acuerdo a un análisis establecida por el programa médico antes mencionado el equipo debe ubicarse en un espacio mayor a 30 m^2 , su condición actual muestra que el área de instalación que está ocupando es de $23,5 \text{ m}^2$, valor adecuado para el área de trabajo.

En lo referente al sistema de alimentación es importante destacar que:

- ↗ Dentro del sistema de alimentación los conductores deben cumplir con las normas referentes a su aislamiento, sección y rotulado, las mismas que a continuación se detallan en relación con su estado actual.

La sección que poseen los conductores es de 2/0 AWG, mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 100% de la capacidad de corriente en régimen prolongado, razón por la cual se concluye que el conductor actual es el adecuado.

Por las condiciones ambientales, en su instalación se ha utilizado un conductor con aislamiento TTU; el mismo que satisface las necesidades actuales presentes en el medio.

La norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, especifica que el conductor debe tener la siguiente información básica: voltaje nominal, aislante, el nombre del fabricante, material, temperatura y la sección transversal; la misma que debe estar ubicada en un lugar visible. Para el caso de los conductores que alimentan este equipo no existe inconveniente en relación a este parámetro.

- ↗ De acuerdo al estudio realizado esta instalación cuenta con una bandeja metálica de sección 360 cm^2 , la misma que transporta 13 conductores de los cuales 3 alimentan al equipo; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la

bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $13,19 \text{ cm}^2$, concluimos que el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

- El equipo conformado por la consola y el tubo de rayos X, se encuentra protegido respectivamente por un breaker de 60 A y 100 A, y una protección general de 175 A. Dos de estas protecciones están sobredimensionados por lo cual es importante considerar el manual de instalación de este equipo, donde se sugiere utilizar una protección de 50 A para la consola y 150 A para la protección general, parámetros que no se consideraron al momento de su instalación.
- Referente a la puesta a tierra las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, establecen que para este equipo el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 6 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de $13,4 \Omega$; el mismo que no satisface la norma antes mencionada.
- El sistema de control con el que cuenta el equipo es adecuado pero es importante la implementación de un pulsador de emergencia y una lámpara de señalización (roja), que indique el estado de parada del equipo.
- En las condiciones actuales del equipo, no fue posible realizar una evaluación de la calidad de energía debido a que el equipo no se encontraba funcionando. Debido a la importancia del análisis de la calidad de energía, es primordial la realización de este, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.
- ❖ **Tomógrafo Siemens.-** Destacamos lo siguiente: El equipo debe ubicarse en un espacio mayor o igual a 30 m^2 , como lo establece el programa médico antes mencionado; el área actual donde está ubicado este equipo es de $30,49 \text{ m}^2$, espacio suficiente para su correcto funcionamiento.

Dentro del sistema de alimentación se debe considerar lo siguiente:

- En lo referente a los conductores: La sección que poseen es de 2/0 AWG, con aislamiento TTU y rotulado visible; mediante el análisis de caída de tensión y de la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-73, literal a1, en la que se especifica que la capacidad de corriente de los conductores del circuito de suministro debe ser el 100% de la capacidad de corriente en régimen prolongado, se ha determinado la sección correcta para esta instalación, que en relación con la actual es la misma. En lo respecta al aislamiento es importante destacar que bajo las condiciones actuales el aislamiento que posee es el correcto.

Con el análisis de la norma CPE INEN 19:2001, sección 310-11, referente a la información básica que debe constar en el conductor; se determinó que el rotulado de los conductores del sistema de alimentación es el adecuado.

- Los conductores de alimentación son transportados y protegidos mecánicamente por una bandeja metálica de sección 126 cm^2 , la misma que transporta 5 conductores; la norma del CPE INEN 19:2001, Sección 362-5, especifica que el número de conductores no debe exceder los 30 y que la suma de sus secciones no debe de superar el 20% de la sección interior transversal de la bandeja; considerando que el área que ocupan los conductores es de $1,43 \text{ cm}^2$, concluimos el dimensionamiento de la bandeja es el adecuado.

Es importante destacar que tanto el sobredimensionamiento de conductores como de canalización, no afecta de ninguna manera el funcionamiento adecuado del equipo. Pero es importante tener a consideración los análisis presentados en esta tesis.

- El equipo se encuentra protegido por dos breakers, instalados en el tablero principal y de control respectivamente; con valores de 160 y 100 A. Dado que la protección de menor valor ha sido dispuesta en el tablero principal, la protección de 160 A no se encuentra cumpliendo ninguna función. Según la norma CPE INEN 19:2001, sección 517-72-a, establece que la capacidad de corriente del

dispositivo de protección contra sobrecorriente, debe ser el 100% de la capacidad en régimen prolongado, teniendo en cuenta que la corriente nominal tiene un valor de 95,26 A, se ha establecido que la protección ubicada en el tablero principal es la adecuada.

- El sistema de puesta a tierra debe cumplir con las Normas CPE INEN 19:2001, Sección 250-95 e IRAM 2281-7, las mismas que establecen que para este equipo el calibre mínimo del conductor no debe ser menor a 6 AWG Cu y que su valor debe ser inferior a 3 Ω , respectivamente. En la instalación se ha dispuesto un conductor de sección de 2 AWG Al, calibre suficiente para cumplir con la norma; mediante la utilización de un probador de resistencia a tierra, se obtuvo como resultado un valor de 0,5 Ω , mediante el manual del equipo utilizado se especifica que mediciones por debajo de 1 Ω , puede indicar que el electrodo de tierra que se está probando es continuo en sí mismo (el instrumento está midiendo un loop metálico y no la resistencia del electrodo a tierra). En este caso, las medidas de resistencia pueden no ser válidas. De ahí la importancia de brindar mantenimiento a este tipo de sistemas.
- El sistema de control que posee el equipo es adecuado pero es importante la implementación de un pulsador de emergencia; además el contactor que posee es de 185 A, el mismo que está sobredimensionado, este valor no afecta al funcionamiento del equipo, pero es importante destacar que es suficiente utilizar uno de 100 A.
- El análisis de calidad de energía realizado a este equipo se la obtuvo mediante la utilización de un analizador de redes (FLUKE 1743) en el sistema, como resultado se presenció que todo los parámetros analizados por la norma EN 50160 presentan variación; pero el flicker es el único que sobrepasa dicha norma. Considerando que el equipo se encuentra alimentado de un sistema individual y de acuerdo al análisis presente en este proyecto, se ha establecido que el flicker es producto de la distorsión en la red de alimentación principal; descartando la posibilidad de que su origen sea por funcionamiento interno del equipo, ya que este cumple con normas de calidad internacionales.



CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se derivan del presente trabajo desarrollado, se detallan a continuación:

- ❖ En el Hospital Isidro Ayora, específicamente en el área de imagenología se llevó a cabo el estudio, análisis y evaluación del acondicionamiento eléctrico que poseen los siguientes equipos médicos: dos tomógrafos, dos equipos de rayos X, un mamógrafo y un ecógrafo, en los cuales se detectaron algunas fallas en la red de alimentación eléctrica de cada equipo.
- ❖ El equipo de rayos x fijo no cuenta con un sistema de control, por tal motivo es indispensable colocar un tablero de control que cumpla con la Norma IEC 60439-01 en las que se definen las disposiciones constructivas y las características técnicas que este debe tener.
- ❖ El equipo de rayos x fijo y el tomógrafo Toshiba tienen un valor de resistencia de puesta a tierra de $12,8 \Omega$ y $13,4 \Omega$ respectivamente, cuyo valor es inadecuado ya que mediante la Norma IRAM se ha considerado que para instalaciones hospitalarias el valor no debe ser mayor a 3Ω ; aquí también se debe considerar el valor que establezca el manual de instalación de cada equipo.
- ❖ El mamógrafo está protegido por un breaker de 60A el mismo que se encuentra sobredimensionado; mediante el análisis desarrollado en la presente tesis, se estableció la utilización de un breaker de 25A.
- ❖ Los parámetros eléctricos que están fuera de los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales, en los equipos del área de imagenología de Hospital Isidro Ayora, son: el Valor de la resistencia de Puesta a Tierra y el Flicker.
- ❖ El área encargada del mantenimiento y control de los equipos, no cuenta con los respectivos planos y diagramas eléctricos, ni con los respaldos de los manuales de instalación de los mismos.



- ❖ Las fluctuaciones de tensión presentes en el sistema de alimentación son debidas a problemas de la red principal de alimentación que provee la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.
- ❖ Dentro del Código de Práctica Ecuatoriana INEN 19:2001, sección 517 no cuenta con un apartado que especifique el valor de resistencia que debe tener la puesta a tierra, para la instalación de equipos de imagenología, para lo cual según la investigación realizada debe de ser menor a 3Ω .
- ❖ El Hospital no cumple con las normas de seguridad eléctrica requeridas para la protección tanto del personal que los manipula, como del paciente, ya que el valor de puesta a tierra es muy elevado pasando los 12Ω .
- ❖ En la instalación de estos equipos, el personal encargado no ha considerado el análisis de las normas referentes a la implementación de equipos médicos en instituciones hospitalarias, por lo cual se ha evidenciado en el presente trabajo bastantes problemas en el acondicionamiento eléctrico de estos equipos.





RECOMENDACIONES

VIII. RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones que se derivan del presente trabajo, se detallan a continuación:

- ❖ Se recomienda que para la instalación de nuevos equipos se considere lo especificado en el manual de instalación.
- ❖ En términos de seguridad eléctrica, es necesario que el equipo de rayos X cuente con un tablero de protección y control que permita brindar seguridad a las personas que se encuentran en contacto con el equipo.
- ❖ Para evitar efectos peliculares en el sistema de puesta a tierra es necesario limitar al máximo el número de empalmes.
- ❖ Es necesario que el hospital considere implementar un nuevo sistema de puesta a tierra, según los requerimientos que este necesite.
- ❖ Para la instalación y mantenimiento de equipos médicos se debe contar con personal capacitado en esta rama.
- ❖ Solicitar a la empresa eléctrica, mejorar la calidad de energía eléctrica que recibe esta institución, ya que cuenta con equipos muy delicados y su funcionamiento inadecuado puede ocasionar pérdidas de vidas humanas.
- ❖ Es necesario realizar un mantenimiento preventivo cada 6 meses, a todo el sistema de alimentación, incluyendo el sistema de control, protección y acondicionadores de señal.
- ❖ Es importante la inserción de información, referente al sistema de puesta a tierra en la instalación de equipos médicos en la norma establecida por el Código de Practica Ecuatoriana INEN 19:2001, sección 517.



- ❖ Para realizar las mediciones tanto con el probador de resistencia a tierra, como con el analizador de redes es necesario contar con todas las protecciones de seguridad necesarias.
- ❖ Es importante que las autoridades responsables del hospital gestionen con el gobierno de turno la implementación de dispositivos acondicionadores de señal de acuerdo a los requerimientos eléctricos existentes en el sistema.
- ❖ Es importante destacar que tanto el sobredimensionamiento de conductores como de canalización, no afecta de ninguna manera el funcionamiento adecuado del equipo. Pero es importante tener a consideración los análisis presentados en esta tesis.



BIBLIOGRAFÍA

IX. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

Libros:

1. CARACTERISTICAS FÍSICAS DE LOS EQUIPOS DE RAYOS X, [Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo] [Diciembre - 2010]
2. Castañeda Ordóñez Oscar Stalin, TESIS DE GRADO, ["Análisis de Calidad de Energía acerca de la calidad del producto de la Zona Urbana de Milagro del Área de Concesión de la Empresa Eléctrica Milagro usando la Regulación del CONELEC No.- 004/01"],[Enero - 2012].
3. CÓDIGO ELECTRICO NACIONAL DEL PERU, SECCIÓN 260. INSTALACIONES DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES. [República del Perú, Ministerio de Energía y Minas],[Octubre - 2011].
4. CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO. [Instituto Ecuatoriano de Normalización],[Noviembre - 2010].
5. EL FENÓMENO DEL PARPADEO,[Manual elaborado por el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Vigo],[Agosto - 2011].
6. ESQUEMA DE NORMA IRAM 2281-7.[Instituto Argentino de Normalización],[Noviembre - 2011].
7. Morales Martínez Ahide y Vega Moysén Eusebia Martha, TESIS DE GRADO, ["Análisis de la Etapa de Generación de Alto Voltaje para el Tomógrafo Emi 7070"], [Septiembre - 2011].
8. PROYECTO SECSE, [Clasificación de los fenómenos eléctricos que afectan la calidad de potencia],[Agosto - 2011].



9. REGULACIÓN No. CONELEC - 004/01. [Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución],[Enero- 2010].

10. Uribe Uribe Italo F, CURSO DE RADIOLOGIA. [Universidad Privada San Juan Bautista, Facultad De Ciencias De La Salud, Escuela Profesional De Medicina Humana]. [Octubre - 2011].

Sitios web:

1. TABLEROS FABRICADOS Y ENSAYADOS SEGÚN LA NORMA IEC 60439-1. [<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo>], [Noviembre - 2010].

2. PROTECCIONES ELÉCTRICAS,[www.ingenieríaRural.com],[Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. Cátedra de Ingeniería Rural.php],[Marzo - 2011].

3. ECÓGRAFO, [<http://issuu.com/biomedica23185/docs/ecografo.#download>], [Julio 2011].

4. ARTICULO 15°, PUESTA A TIERRA, [<http://www.portaelectricos.com/retie/cap2art15.php>], [Agosto - 2010].

5. PROGRAMA MÉDICO ARQUITECTÓNICO PARA EL DISEÑO DE HOSPITALES SEGUROS, [pdf.],[Diciembre - 2010].

6. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA,[Manual Técnico elaborado para Pro Cobre. php],[Marzo - 2011]












ANEXOS

X. ANEXOS.

10.1. ANEXO #1: Tabla 4. Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre. (Secciones AWG).

TABLA 4								
INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE								
(Secciones AWG)								
AISLADOS		TEMPERATURA DE SERVICIO:		60°	75°	90°C		
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7,5	7,5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150
26,67	3	80	100	105	120	145	155	200
33,62	2	95	115	120	140	170	180	230
42,41	1	110	130	140	165	195	210	270
53,49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67,42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85,01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107,2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152,0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177,3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202,7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253,4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354,7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405,4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506,7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633,4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760,1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886,7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		
Grupo A: hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados. Grupo B: Conductor simple al aire libre.								

10.2. ANEXO #2: Especificaciones de Conductores.

Desnudo de Cobre		Línea de transmisión y distribución de energía eléctrica.
TWF - BATERIA		Instalaciones donde requieren gran flexibilidad. Para aparatos, toma de motores, tableros, baterías, bancos de baterías de UPS, vehículos.
TW		Para circuitos de fuerza y alumbrado de edificaciones industriales, comerciales y domésticas.
THHN		Circuitos de Fuerza, alumbrado e instalaciones expuestas a elementos como gasolina y/o aceite.
TTU		Circuitos de fuerza, alumbrado e instalaciones industriales. Puede ser enterrado directamente. Tensión nominal: 600 Volt.
SPT Piatina		Extensiones, conexiones colgantes y en general como cables portátiles.
UF Plástiplo		Útiles para ser enterrados directamente. En instalaciones cubiertas o expuestas y en viviendas uni o multifamiliares del lado exterior de las paredes. resistente a humedad, corrosión, hongos.
ASC Conductores Aluminio Desnudos		Líneas aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica.
ASCR Conductores de Aluminio Reforzados		Líneas aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica.

10.3. ANEXO #3: Calibre de Conductores (Área, espesor, peso)

CABLE THWN/THHN 600 V.

Calibre (AWG/ kCM)	Conductor		Espesor nominal del aislamiento / nylon (mm)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Peso (kg/km)
	Número de hilos	Area (mm ²)			
14	19	2.082	0.38/0.10	2.9	3
12	19	3.307	0.38/0.10	3.4	4
10	19	5.260	0.51/0.10	4.3	6
8	19	8.367	0.76/0.13	5.7	10
6	19	13.300	0.76/0.13	6.7	15
4	19	21.150	1.02/0.15	8.5	24
2	19	33.620	1.02/0.15	10.1	36
1/0	19	53.480	1.27/0.18	12.7	56
2/0	19	67.430	1.27/0.18	13.9	70
3/0	19	85.010	1.27/0.18	15.2	87
4/0	19	107.200	1.27/0.18	16.7	108
250	37	126.700	1.52/0.20	18.5	128
300	37	152.000	1.52/0.20	19.9	152
350	37	177.300	1.52/0.20	21.3	177
400	37	202.700	1.52/0.20	22.5	201
500	37	253.400	1.52/0.20	24.7	249

10.4. ANEXO #4: Capacidad de Corriente.

CAPACIDAD DE CORRIENTE.

Calibre (AWG)	60°C	75°C	90°C
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
2	95	115	130
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
300	240	285	320
350	260	310	350
400	280	335	380
500	320	380	430

10.5. ANEXO #5: Acrónimos usados en la industria de los cables.

SIGLAS	DESCRIPCIÓN
TH	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), aprobado climáticamente, resistencia de temperatura 60°C.
THW	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), aprobado climáticamente, resistencia de temperatura 75°C.
THHN	Aislación vinilo/termoplástico (PVC) 90°C, 600 voltios, cable con chaqueta de nylon utilizado en áreas secas y húmedas.
XHHW	Cable de aislado de polietileno, resistente al calor y la humedad, 90°C en áreas secas. 75°C en áreas húmedas.
UF	Aislación vinilo/termoplástico (PVC), utilizado bajo tierra y como rama de cables de circuito.
SPT	Servicio paralelo.

10.6. ANEXO #6: TABLA C8. Número máximo de conductores y alambres de aparatos en tubo conduit metálico rígido – tipo Rigid²¹.

Letras de tipo	Sección transversal del conductor		Tamaño comercial											
			mm											
			pulgadas											
	mm ²	AWG/ kcmil	16 ½	21 ¾	27 1	36 1¼	41 1½	53 2	63 2½	78 3	91 3½	103 4	129 5	155 6
RH	2,08 3,30	14 12	6 5	10 8	17 13	29 23	39 32	65 52	93 75	143 115	191 154	246 198	387 311	558 448
RHH, RHW RHW-2	2,08 3,30	14 12	4 3	7 6	12 10	21 17	28 23	46 38	66 55	102 85	136 113	176 146	276 229	398 330
RH	5,25	10	3	5	8	14	19	31	44	68	91	118	185	267
RHH	8,36	8	1	2	4	7	10	16	23	36	48	61	97	139
RHW	13,29	6	1	1	3	6	8	13	18	29	38	49	77	112
RHW-2	21,14	4	1	1	2	4	6	10	14	22	30	38	60	87
	25,66	3	1	1	2	4	5	9	12	19	26	34	53	76
	33,62	2	1	1	1	3	4	7	11	17	23	29	46	66
	42,20	1	0	1	1	1	3	5	7	11	15	19	30	44
	53,50	1/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17	26	38
	67,44	2/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14	23	33
	85,02	3/0	0	1	1	1	1	3	4	7	10	12	20	28
	107,21	4/0	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	24
	126,67	250	0	0	0	1	1	1	3	4	6	8	13	18
	152,01	300	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	11	16
	177,34	350	0	0	0	1	1	1	2	4	5	6	10	15
	202,68	400	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6	9	13
	253,35	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	8	11
	304,02	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	9
	354,69	7700	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6	8
	390,02	750	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	5	8
	405,36	800	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	7
	456,03	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	7
	506,70	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6
	633,38	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	5
	760,05	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	886,73	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4
	1013,04	2000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3

²¹CODIGO ELECTRICO NACIONAL PAG 889.

10.7. ANEXO #7: TABLA 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos Conduit etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1 000	67,44	2/0	107,21	4/0
1 200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1 600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2 000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2 500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3 000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4 000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5 000	354,69	700 kcmil	608,04	1 200 kcmil
6 000	405,36	800 kcmil	608,04	1 200 kcmil



10.8. ANEXO #8: Organismos normalizadores vinculados a la Electromedicina.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad del Ecuador.

CEN: Código Eléctrico Nacional.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

ISO: International Organization for Standardization.

MERCOSUR: Comité Mercosur de Normalización.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers

AAMI: Association for the Advancement of Medical Instrumentation

ANSI: American National Standards Institute

NEMA: National Electrical Manufacturers Association

EN: Norma Europea.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

10.9. ANEXO # 9: Fotos.



Foto 1: Tablero general de distribución.



Foto 2: Medición con el Analizador de redes.



Foto 3: Medición con el probador de resistencia a tierra.



Foto 4: Sistema de puesta a tierra de transformador de 75KVA.



Foto 5: Sistema de puesta a tierra del transformador ECUATRANS de 200KVA.

10.10. ANEXO #10: Plano Estructural del Área de Imagenología.

