

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,

ELECTRÓNICA Y SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA
EQUIPOS BIOMÉDICOS DE UN HOSPITAL TIPO IV EN LA
CIUDAD DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

VICTOR HUGO RODRIGUEZ PINO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ
2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
“DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA DE
EQUIPOS BIOMÉDICOS PARA UN HOSPITAL TIPO IV PARA LA
CIUDAD DE PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

VICTOR HUGO RODRIGUEZ PINO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22-12-2017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE:



M. Sc. GAYINO JOSÉ FLORES CHIPANA

PRIMER MIEMBRO:



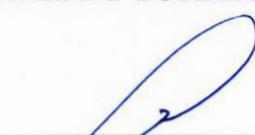
M. Sc. DAVID SALINAS MENDOZA

SEGUNDO MIEMBRO:



M. Sc. EDDY TORRES MAMANI

DIRECTOR DE TESIS:



Mg. TEOBALDO RAÚL BASURCO CHAMBILLA

ASESOR:



Mg. MARCO ANTONIO RAMOS GONZALES

ÁREA: Automatización e Instrumentación

TEMA: Aplicaciones Biomédicas.

AGRADECIMIENTO

A mi familia que incondicionalmente me apoyaron a lo largo de mi formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional del Ingeniera Electrónica por los conocimientos impartidos.

A mi pareja por el apoyo incondicional que me brindo a lo largo de la trayectoria final de mi formación académica.

DEDICATORIA

A mi familia y amigos que siempre estuvieron conmigo en todo momento de mi formación profesional, a las personas que estuvieron a mi lado a lo largo de mi formación profesional y me ayudaron en todo momento, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica que compartieron sus conocimientos y a los ingenieros con quienes laboré, quienes complementaron mis conocimientos.

ÍNDICE

RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCIÓN	19
CAPÍTULO I.....	21
PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
1.1.1. Título.....	21
1.1.2. Planteamiento del problema.....	21
1.1.3. Formulación del problema.....	22
1.1.3.1. Problema General.....	22
1.1.3.2. Problemas Específicos	22
1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Académica	23
1.2.2. Económica	23
1.2.3. Social	23
1.3. OBJETIVOS DEL PROBLEMA.....	23
1.3.1. Objetivo General.....	23
1.3.2. Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	25
2.1.1. A Nivel Internacional.....	25
2.1.2. A Nivel Nacional	26
2.2. SUSTENTO TEÓRICO	29
2.2.1. Marco Legal.....	29
2.2.1.1. Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGIEM-V.01	29
2.2.1.2. Código Nacional de Electricidad – Utilización.....	33
2.2.2. Marco Teórico – Conceptual	41
2.2.2.1. Hospital	41
2.2.2.2. Quirófano	48
2.2.2.3. Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)	49
2.2.2.4. Hospitalización.....	50
2.2.2.5. Equipamiento Biomédico.....	51
2.2.2.6. Riesgos y Problemas Eléctricos en Hospitales	58
2.2.2.7. Sistemas Eléctricos en Hospitales.....	62
2.2.2.8. Cables Eléctricos.....	65
2.2.2.9. Transformador de Aislamiento	69
2.2.2.10. UPS Ferrorresonante	72

2.2.2.11. Malla Equipotencial	73
2.2.2.12. Pararrayos.....	82
2.2.2.13. Resistividad del Terreno	86
2.2.2.14. Pozos A Tierra	90
2.2.2.15. Problemas de Suministro Eléctrico	95
2.2.2.16. Sistemas de Protección Eléctrica	105
2.2.2.17. Protección de Equipos Eléctricos.....	115
2.2.2.18. Daños Ocasionados A Equipos Biomédicos	116
2.2.2.19. Daños Ocasionados A Personas por Falta de Protección Eléctrica.....	116
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	117
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	121
2.4.1. Formulación de la Hipótesis	121
2.4.2. Hipótesis General.....	121
2.4.3. Hipótesis Especificas	121
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	122
2.5.1. Variable Dependiente	122
2.5.2. Variable Independiente	122
CAPÍTULO III	123
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	123
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	123
3.1.1. Tipo de Investigación.....	123
3.1.2. Diseño de Investigación.....	123
3.1.3. Modelo de Investigación.....	123
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL A INVESTIGACIÓN	124
3.2.1. Población	124
3.2.2. Muestra	124
3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN	124
3.3.1. Descripción de la población.....	124
3.3.2. Ubicación geográfica	125
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	126
3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS ...	126
3.6. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS.....	126
3.7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS - EQUIPO MEDICOS	127
3.7.1. Cálculos para el Área de Quirófano.....	127
3.7.1.1. Intensidad total.....	127
3.7.1.2. Caída de tensión.....	129
3.7.1.3. Caída de tensión en porcentaje.....	131
3.7.1.4. Cálculos generales para Quirófano	132
3.7.2. Cálculos para la Unidad de Cuidados Intensivos.....	133
3.7.2.1. Intensidad total.....	133
3.7.2.2. Caída de tensión	134

3.7.2.3. Caída de tensión en porcentaje.....	136
3.7.2.4. Cálculos generales para UCI.....	137
3.7.3. Cálculos para el Área de Hospitalización	138
3.7.3.1. Intensidad total.....	138
3.7.3.2. Caída de tensión.....	139
3.7.3.4. Caída de tensión en porcentaje.....	139
3.7.3.5. Cálculos generales para Hospitalización.....	140
3.8. SELECCIÓN DE TRANSFORMADOR	141
3.8.1. Factor de corrección por altitud	141
3.8.2. Tensión nominal primaria.....	142
3.8.3. Tensión nominal secundaria	142
3.8.4. Frecuencia nominal.....	142
3.8.5. Capacidad de aislamiento	142
3.8.6. Valor de carga designada.....	143
3.8.7. Precisión.....	144
3.8.8. Elevación de temperatura.....	144
3.8.9. Intensidad de Corriente en Cortocircuito.....	145
3.8.10. General.....	146
3.9. SELECCIÓN DE UPS	148
3.9.1. Quirófano.....	148
3.9.2. Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).....	148
3.10. CÁLCULO DE TIPO DE CONDUCTOR PARA MALLA	
EQUIPOTENCIAL	149
3.10.1. Resistividad del Suelo.....	149
3.10.2. Formulas a Usar	150
3.10.2.1. Tensión de Paso	150
3.10.2.2. Tensión de Contacto.....	150
3.10.2.3. Selección del Conductor de la Malla	151
3.10.2.4. Tensiones Reales de Paso y de Contacto	151
3.10.2.5. Determinación de los coeficiente km, ki, kS.....	152
3.10.2.6. Resistencia de la Malla	152
3.10.3. Área de Quirófano	153
3.10.3.1. Modelado de mallas para el área de Quirófano.....	153
3.10.3.2. Selección de conductor	154
3.10.3.3. Elección de la Malla.....	155
3.10.3.4. Resistencia de la malla.....	156
3.10.4. Unidad de Cuidados Intensivos	157
3.10.4.1. Modelado de mallas para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).....	157
3.10.4.2. Selección de conductor	158
3.10.4.3. Elección de la Malla.....	159
3.10.4.4. Resistencia de la malla.....	160
3.10.5. Área de Hospitalización.....	161
3.10.5.1. Modelado de mallas para el área de Hospitalización.....	161
3.10.5.2. Selección de conductor	163
3.10.5.3. Elección de la Malla.....	163

3.10.5.4. Resistencia de la malla.....	164
3.11. SELECCIÓN DE PARARRAYOS.....	165
3.11.1. Condiciones	165
3.12. CÁLCULO DE CABLE PARA PUESTA TIERRA.....	167
3.13. DISEÑO DE POZO A TIERRA.....	169
3.13.1. Resistencia de electrodos verticales a tierra	169
3.13.2. Mejoramiento de suelo.....	170
CAPÍTULO IV.....	174
ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	174
4.1. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN HOSPITALES	174
4.2. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TI DEL TRANSFORMADOR Y CAÍDA DE TENSIÓN	175
4.2.1. RESULTADOS DE LA SIMULACION EN EL TRANSFORMADOR ...	180
4.4. SIMULACIÓN DE LA MALLA EQUIPOTENCIAL.....	184
4.4.1. Diseño de la Malla para el Área de Quirófano	184
4.4.2. Resultados de la Simulación en Quirófano.....	186
4.4.3. Diseño de la Malla en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).....	188
4.4.4. Resultados de la Simulación en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).....	190
4.4.5. Diseño de la Malla en el área de Hospitalización	193
4.4.6. Resultados de la Simulación en Hospitalización	195
4.5. SIMULACIÓN DEL PARARRAYOS	197
4.6. RESUMEN DE LAS SIMULACIONES	209
CONCLUSIONES	212
SUGERENCIAS	214
BIBLIOGRAFÍA	215

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conductor de cable desnudo	66
Figura 2. Conductor de alambre aislado.....	66
Figura 3. Conductor de cable flexible	67
Figura 4. Transformador de aislamiento monofásico	70
Figura 5. Transformador de aislamiento trifásico	71
Figura 6. UPS Ferrorresonante/Funcionamiento con red normal.....	73
Figura 7. Malla equipotencial.....	73
Figura 8. Conductores de protección estrella	77
Figura 9. Red en estrella uniendo múltiples mallas.....	78
Figura 10. Red en estrella uniendo una malla común.....	79
Figura 11. Ejemplo de sistema de puesta a tierra y unión equipotencial.....	80
Figura 12. Zona de protección del método de la esfera rodante.....	84
Figura 13. Radio de protección del dipolo corona.....	85
Figura 14. Distribución de corriente de descarga	86
Figura 15. Equipo utilizado en el estudio de la resistividad del terreno.....	88
Figura 16. Pozo a tierra con bobina.....	90
Figura 17. Pico de voltaje positivo	97
Figura 18. Campo magnético creado por una caída de rayo	98
Figura 19. Transitorio Oscilatorio	98
Figura 20. Interrupción momentánea.....	99
Figura 21. Bajada de tensión	100
Figura 22. Aumento de tensión.....	101
Figura 23. Desplazamiento por CC	102
Figura 24. Distorsión armónica típica de la forma de onda.....	103

Figura 25. Distorsión interarmónica de la forma de onda	103
Figura 26. Corte intermitente.....	104
Figura 27. Ruido	104
Figura 28. Fluctuación de tensión.....	105
Figura 29. Variaciones de frecuencia	105
Figura 30. Ejemplo de un bloque de pisos.....	106
Figura 31. Esquema TT	109
Figura 32. Esquema TN-C.....	110
Figura 33. Esquema TN-S	110
Figura 34. Esquema TN-C-S	111
Figura 35. Conexión del conductor PEN en el esquema TN-C.....	111
Figura 36. Esquema IT (neutro aislado)	112
Figura 37. Esquema IT (neutro aislado)	112
Figura 38. Esquema IT (neutro impedante: conectado a tierra a través de una impedancia elevada).....	113
Figura 39. Vista frontal del terreno - Yanamayo	125
Figura 40. Vista aérea del terreno - Yanamayo	125
Figura 41. Transformador trifásico de aislamiento	147
Figura 42. UPS elegido para quirófano	148
Figura 43. UPS elegido para UCI.....	149
Figura 44. Modelado de mallas en quirófano	154
Figura 45. Modelado de mallas en UCI.....	158
Figura 46. Modelado de mallas en Hospitalización	162
Figura 47. Llenado de pozo a tierra.....	172
Figura 48. Llenado de pozo a tierra.....	172
Figura 49. Distribución eléctrica en hospitales	174

Figura 50. Información del software MELSHORT2.....	175
Figura 51. Esquema general de distribución eléctrica.....	176
Figura 52. Señalización del sistema	177
Figura 53. Datos en software para la acometida y el transformador	177
Figura 54. Datos en software para el cable del tablero general al tablero de cada ambiente	178
Figura 55. Caída de tensión del tablero de cada ambiente	179
Figura 56. Datos en software para el cable del tablero a los circuitos	179
Figura 57. Caída de tensión de los circuitos	180
Figura 58. Corriente máxima en cortocircuito.....	183
Figura 59. Comportamiento del interruptor general y transformador de aislamiento ..	183
Figura 60. Información del software ETAP	184
Figura 61. Diseño y señalización de la malla en Quirófano	184
Figura 62. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software.....	185
Figura 63. Datos del conductor de la malla equipotencial	185
Figura 64. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial.....	186
Figura 65. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto	186
Figura 66. Voltaje de paso en Quirófano.....	187
Figura 67. Voltaje de contacto en Quirófano	188
Figura 68. Aumento de potencial en Quirófano	188
Figura 69. Diseño y señalización de la malla en UCI	189
Figura 70. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software.....	189
Figura 71. Datos del conductor de la malla equipotencial	190
Figura 72. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial.....	190
Figura 73. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto	191
Figura 74. Voltaje de paso en UCI	191

Figura 75. Voltaje de contacto en UCI.....	192
Figura 76. Aumento de potencial en UCI.....	192
Figura 77. Diseño y señalización de la malla en Hospitalización	193
Figura 78. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software	193
Figura 79. Datos del conductor de la malla equipotencial	194
Figura 80. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial.....	194
Figura 81. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto	195
Figura 82. Voltaje de paso en Hospitalización	196
Figura 83. Voltaje de contacto en Hospitalización.....	196
Figura 84. Aumento de potencial en Hospitalización.....	197
Figura 85. Tasa climatológica anual de rayos	198

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 12	29
Tabla N° 2 Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 13	30
Tabla N° 3 Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 14	31
Tabla N° 4. Categoría de Hospitales según el nivel de Atención.....	42
Tabla N° 5. Estándares – Primer Nivel de Atención	43
Tabla N° 6. Estándar – Segundo Nivel de Atención	45
Tabla N° 7. Estándar – Tercer Nivel de Atención.....	46
Tabla N° 8. Categoría de Hospitales según su Capacidad.....	48
Tabla N° 9. Equipos biomédicos para Quirófano.....	51
Tabla N° 10. Equipos biomédicos para la Unidad de Cuidados Intensivos	54
Tabla N° 11. Equipos biomédicos para Hospitalización	57
Tabla N° 12. Características de los cables eléctricos	68
Tabla N° 13. Amperaje que soportan los cables de cobre	69
Tabla N° 14. Materiales y dimensiones de unión equipotencial	80
Tabla N° 15. Resistividad general de tipos de terreno	89
Tabla N° 16. Aplicación del THOR-GEL en pozos verticales.....	92
Tabla N° 17. Cantidad estimada de sacos de cemento conductor	94
Tabla N° 18. Efectos de la intensidad de corriente sobre el organismo	117
Tabla N° 19. Intensidad total en equipos de quirófano	128
Tabla N° 20. Caída de tensión en equipos de quirófano	129

Tabla N° 21. Caída de tensión en porcentaje, en equipos de quirófano	131
Tabla N° 22. Intensidad total por equipo en UCI	133
Tabla N° 23. Caída de tensión en equipos de UCI	135
Tabla N° 24. Caída de tensión en equipos de UCI	137
Tabla N° 25. Intensidad total en equipos de hospitalización.....	139
Tabla N° 26. Caída de tensión en equipos de hospitalización.....	139
Tabla N° 27. Caída tensión en porcentaje, en equipos hospitalización.....	140
Tabla N° 28. Factores de corrección del esfuerzo dieléctrico para transformadores instalados a alturas mayores de 1000 msnm.....	141
Tabla N° 29. Niveles de aislamiento fase-fase, normalizados para los equipos con tensiones máximo $52\text{ kV} \leq U_m \leq 300\text{ kV}$	143
Tabla N° 30. Valores estandarizados de carga para TPs	144
Tabla N° 31. Límites de elevación de temperatura	145
Tabla N° 32. Datos generales para quirófano.....	153
Tabla N° 33. Datos generales para UCI	157
Tabla N° 34. Datos generales para hospitalización	161
Tabla N° 35. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos	167
Tabla N° 36. Valores de reducción.....	170
Tabla N° 37. Caída de tensión en cada circuito para área de Quirófano.....	181
Tabla N° 38. Caída de tensión en cada circuito para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).....	181
Tabla N° 39. Caída de tensión en cada circuito para el área de Hospitalización	182

Tabla N° 40. Constantes de riesgo de daños que ocasionan pérdidas de vidas humanas	201
Tabla N° 41. Constantes de riesgos de daños que ocasionan pérdidas de servicios esenciales.....	202
Tabla N° 42. constantes de riesgo de daños que ocasionan perdidas de patrimonio cultural	202
Tabla N° 43. Constantes de riesgo de daños que ocasionan pérdidas económicas	202
Tabla N° 44. Cuadro comparativo de riesgos tolerables.....	203
Tabla N° 45. Cuadro de resultados por simulación.	209
Tabla N° 46. Resultados de malla equipotencial para Quirófano.....	209
Tabla N° 47. Resultados de malla equipotencial para UCI	210
Tabla N° 48. Resultado de malla equipotencial para Hospitalización	210

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Archivo fotográfico del lugar de estudio y cuadro comparativo	222
ANEXO 2. Planos del diseño	228
ANEXO 3. Material sugerido para la implementación del diseño	243

RESUMEN

La presente investigación trata de dar solución a problemas que se presentan en la implementación de equipos biomédicos en los hospitales ubicados en la región Puno, estos problemas se presentan debido a un diseño no específico para el tipo de geografía existente en la región, sino más bien estos diseños son usados sin tomar en cuenta aspectos primordiales para un buen rendimiento de estos equipos, horas/vida, y además los exponen a peligros como son: sobrecarga eléctrica, cortocircuitos, descargas eléctricas ocasionadas por tormentas eléctricas.

Se plantea el uso de recursos adecuados para cada equipo biomédico según su consumo y longitud con respecto al tablero de distribución, teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas especificadas en el Código de Electrificación, así como cálculos especiales para determinar el área de sección necesaria para cada línea de alimentación en cada fase de voltaje.

Además, se plantea un diseño de mallas equipotenciales para una mejora en la protección de los equipos biomédicos, estas a su vez van acompañadas de un piso específico de terrazo conductor según las normas establecidas. Así mismo, se plantea un diseño de pozo a tierra óptimo considerando la resistividad existente en el suelo donde posiblemente se construya el Hospital tipo IV de EsSalud; en donde se toma como referencia el suelo y/o suelos existentes en nuestra región Puno. De la misma manera se tiene un diseño de pararrayos, los cuales son parte indispensable debido a que en nuestra región es usual la aparición de tormentas eléctricas, y si no se tiene un cuidado preventivo estas pueden llegar a hacer grandes estragos en el equipamiento biomédico.

PALABRAS CLAVE: Puesta a tierra, protección eléctrica, equipo biomédico, hospital.

ABSTRACT

The present research tries to solve problems that arise in the implementation of biomedical equipment in hospitals located in the Puno region, these problems occur due to a non-specific design for the type of geography, existing in the region, but rather these designs are used without taking into account primordial aspects for a good performance of this equipment, hours / life, and also expose them to dangers such as: electrical overload, short circuits, electric shocks caused by electrical storms.

The use of adequate resources for each biomedical equipment according to its consumption and length with respect to the distribution board is considered, taking into account compliance with the standards specified in the Electrical Code, as well as special calculations to determine the section area necessary for each power line in each voltage phase.

In addition, an equipotential mesh design is proposed for an improvement in the protection of biomedical equipment, these in turn are accompanied by a specific floor of conductive terrazzo according to the established standards. Likewise, an optimally well-to-ground design is being considered, considering the resistivity existing in the ground where EsSalud type IV Hospital is possibly built; where the soil and / or existing soils in our Puno region are taken as reference. In the same way we have a design of lightning rods, which are an indispensable part because in our region it is usually the appearance of electrical storms, and if you do not have preventive care these can go on to wreak havoc on the biomedical equipment.

KEYWORDS: Grounding, electrical protection, biomedical equipment, hospital.

INTRODUCCIÓN

Un sistema de protección eléctrica es un diseño para la protección de equipos biomédicos y también guiada a cuidar a los pacientes de accidentes ocasionados por estos equipos. En esta investigación se plantea un diseño de un sistema de protección eléctrica especial para equipos biomédicos de la Unidad de Cuidados Intensivos, Quirófano y Hospitalización; tomando como referencia para este la geografía y clima existente en la región Puno.

Con el planteamiento de este diseño lo que se trata de hacer es dar una solución al mejor cuidado de los equipos biomédicos, es decir, a que el desgaste ocasionado en estos pueda ser menor, lo mismo que aumentara su vida útil beneficiando así a los pacientes como primera instancia y también a los nosocomios puesto que las adquisiciones de equipos biomédicos especiales no se harán muy seguido, sino más bien el cambio se podrá hacer por equipos de última generación.

Los diseños actuales utilizados para el cuidado de los equipos biomédicos no están adaptados para las exigencias que tiene el clima y suelo de la región Puno, sino más bien son tomados de forma general de otras regiones del país. En los hospitales tipo III existentes en la región Puno, los sistemas de protección no son tomados con la importancia debida ocasionando fallos en los sistemas internos de los equipos biomédicos; si esto se llegara a hacer en un hospital de tipo IV podría funcionar, pero no es lo recomendado para este tipo de hospitales ya que la protección a los equipos es mucho más exigente.

Tras la visualización de estas definiciones, a continuación, se desarrolla de manera resumida el contenido de los diversos capítulos:

En el *capítulo I* se tiene el planteamiento del problema, es decir la motivación para hacer la presente investigación; también se presenta la descripción del problema a observar y de ser posible solucionar, así como la justificación y los objetivos de la tesis.

En el *capítulo II* se presenta el marco teórico que contiene los antecedentes que se tiene de la investigación, el sustento teórico que es la base para la misma. Se plantea también la hipótesis que se intenta resolver con la investigación.

En el *capítulo III* se encuentra el tipo y método de la investigación a ser utilizada en el desarrollo de la tesis, también se tiene los parámetros a utilizar en la obtención y procesamiento de los datos obtenidos.

En el *capítulo IV* se tiene la parte central de la investigación que es el análisis e interpretación de los datos y resultados obtenidos en el desarrollo del diseño de un sistema de protección para un hospital de tipo IV en la región de Puno, esto de acorde a normas dadas en el Código Nacional de Electricidad aprobación con la R. M. 037-2006-MEM/DM.

Al finalizar se tiene las conclusiones a las cuales se llegó con esta investigación, así también se darán algunas sugerencias para próximas investigaciones o la utilización e implementación de la misma.

CAPÍTULO I

PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Título

Diseño de un sistema de protección eléctrica de equipos biomédicos para un Hospital tipo IV en la ciudad de Puno.

1.1.2. Planteamiento del problema

Actualmente se cuentan con equipos biomédicos de última generación en los distintos hospitales existentes en el país, dichos hospitales en muchos casos no cuentan con la adecuada protección para estos equipos que en su mayoría son sensibles a cambios bruscos de energía eléctrica, estática, y demás problemas que pueden llegar a dañar el equipo, afectando así su funcionamiento.

Otro problema común es que muchos de estos equipos no cuentan con la protección recomendada por el fabricante, sino más bien esta protección es generalizada sin importar las especificaciones de cada equipo. Es por eso que se plantea esta investigación a fin de

realizar una protección más dedicada y de acorde a la geografía existente en esta parte del país, basándose en datos específicos de esta región y tomando solo como referencia a las especificaciones del fabricante que por lo general no toman en cuenta la diversidad de geografía existente en nuestra región Puno.

1.1.3. Formulación del problema

El presente trabajo de investigación pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

1.1.3.1. Problema General

¿Es posible diseñar un sistema que mejore la protección eléctrica de equipamiento biomédico en un Hospital tipo IV en la ciudad de Puno?

1.1.3.2. Problemas Específicos

- a. ¿Influye el diseño de un sistema de protección eléctrica en los equipos biomédicos en el área de Quirófano?
- b. ¿Influye el diseño de un sistema de protección eléctrica en los equipos biomédicos de la Unidad de Cuidados Intensivos?
- c. ¿Influye el diseño de un sistema de protección eléctrica en los equipos biomédicos en el área de Hospitalización?

1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

El desarrollo de este proyecto es de gran relevancia, puesto que se tiene un proyecto ya aprobado para la construcción de un Hospital de tipo IV en la ciudad de Puno. El mismo que dispondrá de equipos biomédicos de última generación, y estos a su vez necesitan de sistemas de protección especializados para la región Puno.

1.2.1. Académica

La realización de esta tesis es motivada por la investigación de diseño de protección eléctrica existente en la actualidad en los hospitales de tipo III en la región de Puno y hospitales tipo IV en el país. Se observó que estos no están del todo adecuados para el clima y geografía existente en la región de Puno, encontrando ahí un punto importante para investigar y desarrollar un adecuado sistema de protección de eléctrica para los equipos biomédicos.

1.2.2. Económica

La realización, implementación y uso de este diseño permitirá generar a largo plazo un ahorro significativo con respecto a gastos generados por renovación de equipos y/o mantenimiento correctivo, ya que los equipos estarán protegidos contra sobrecargas y otros inconvenientes causados por la red eléctrica.

1.2.3. Social

La implementación y uso de este diseño beneficiara el cuidado del paciente y el personal médico, esto debido a que se tendrá más protección contra descargas que pudieran ocasionar los equipos biomédicos.

1.3. OBJETIVOS DEL PROBLEMA

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema que mejore la protección eléctrica para equipos biomédicos en un hospital tipo IV en la ciudad de Puno.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Diseñar un sistema que influya positivamente en la protección eléctrica de los equipos biomédicos del área de Quirófano.
- b. Diseñar un sistema que influya positivamente en la protección eléctrica de los equipos biomédicos de la Unidad de Cuidado Intensivos (UCI).
- c. Diseñar un sistema que influya positivamente en la protección eléctrica de los equipos biomédicos del área de Hospitalización.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A Nivel Internacional

(Ruiz Ayala, 2012), en su trabajo final para optar el grado en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Carlos III de Madrid, realizo una investigación de la “Instalación Eléctrica de un Complejo Hospitalario”. En su trabajo pretende especificar las condiciones técnicas, de ejecución y económicas de la instalación eléctrica del Edificio de Servicios del Hospital Universitario Son Dureta; su diseño se basa en el desarrollo de acuerdo a normas con ayuda de programas como AutoCAD, Dialux. También presenta una variedad de cálculos necesarios para el desarrollo de la instalación diseñada.

(Pérez Díaz, 2007), en su informe final de pasantía para optar el título de Ingeniero Electricista en la Universidad Simón Bolívar, investigo y desarrollo el “Diseño del Sistema de Puesta a Tierra del Centro Médico Docente La Trinidad”. En su trabajo plantea un diseño que abarca diversas áreas de instalación como: quirófanos, transformadores, sistema de respaldo de energía, conjunto de oficinas, dentro de datos y sistema de

protección contra descargas atmosféricas, nos da también algunas recomendaciones para las puestas a tierra. El diseño planteado se basa principalmente en el reconocimiento de los requerimientos de cada área, además su investigación involucra un diseño del electrodo, dando también ecuaciones necesarias para su configuración y ubicación del mismo.

(Cervantes Vega, 2000), en su tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia, en la Universidad Autónoma de León en México, investigo, “Protección en Sistemas Eléctricos”. En su trabajo de investigación propuso un tipo de manual para protecciones eléctricas, en el que plantea una directriz con respecto a la protección eléctrica a tener en cuenta, así como los equipos para la coordinación de protecciones eléctricas. Explica que existen diferentes tipos de maneras proteger sistemas eléctricos ya sean por: fusibles aparta rayos, aislamiento, sistemas de tierra, hilos de guarda y relevadores. En la investigación nos da algunas formas para reaccionar cuando en la protección se presentan picos de tensión, distorsión armónica, ruido eléctrico, sobre voltaje, bajo voltaje, depresión de voltajes transitorios, interrupciones, etc.

2.1.2. A Nivel Nacional

(Crisóstomo Pérez, 2014), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Nacional de Huancavelica, en las Pampas, investigo y desarrollo un “Sistema puesta a tierra menor a 02 ohmios para protección de equipos electrónicos, contra descargas eléctricas, en entidades financieras”. En su investigación da a conocer un diseño de sistema puesta a tierra para la protección de usuarios, equipos electrónicos contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras en la Caja Piura. En la instalación del sistema de pozo a tierra obtuvo un valor de 1.78 *ohmios*

de la impedancia, con un electrodo de cobre puro hubo una mejoría en la conductividad eléctricas del SPAT en un 90%, el mismo que evita una corrosión prematura del electrodo. Además en la resistividad del terreno, un factor importante es el de la humedad y temperatura, y con la aplicación de la tierra negra de cultivo logro bajar la impedancia óhmica hasta en 1.78 *ohmios*

(Cahuana Mamani, 2012), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, en la Universidad Nacional del Altiplano, en Puno, investigo y desarrollo un “Diagnóstico y optimización del sistema eléctrico del Hospital Manuel Núñez Butrón”. En su investigación realiza un diagnóstico, en el que habla sobre los problemas en las instalaciones del Hospital ya que estas se encuentran deterioradas, lo que genera pérdida de tiempo y malestar en los trabajadores, pero cabe aclarar que este deterioro es básicamente causado por la antigüedad y un mantenimiento fallido o casi nulo.

Cuando hace el diagnóstico del sistema eléctrico, se topa con instalaciones improvisadas, sin las óptimas condiciones técnicas ni de seguridad. Esto resulta en desbalances de energía durante el día, haciendo la calidad del fluido eléctrico pésima lo mismo que daña mucho más rápido los equipos usados en el hospital. Y plantea un sistema de iluminación que además de ocasionar un gran ahorro, ayudara a que los equipos nuevos puedan trabajar con mayor eficiencia.

(Arquitectos, 2008), en el expediente técnico realizado por la empresa José Bentin Arquitectos S. R. L., para la realización del Hospital Chiclayo Oeste. El expediente da a conocer detalles con respecto a la construcción y ejecución de hospital, tomando en cuenta aspectos necesarios para la realización del mismo.

En aquí nos da especificaciones eléctricas, donde detalla los materiales, métodos de mediciones para ubicación de puntos de salidas eléctricas, así también los puntos de puestas a tierra, mallar equipotenciales. Además, se tiene los planos de tomacorriente y sistemas de protección, que nos da ubicaciones referenciales de puntos eléctricos estabilizados, tableros de distribución eléctrica, ubicación de UPS, distancia entre mallas de líneas equipotenciales, etc.

(Yanque Tomasevich, 2006), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, en la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima, investigo y realizo un “Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna”. En su trabajo de investigación da alcances sobre redes de puesta a tierra al aire libre en distribución, transmisión y generación, en el cual plantea un diseño que garantice el correcto funcionamiento de los equipos de la instalación y la seguridad de las personas durante la dispersión de corrientes de falla a tierra como durante condiciones típicas de funcionamiento.

Así también da alcances de algunos cálculos a partir de los datos que obtiene a lo largo de su investigación, habla explícitamente de los suelos en nuestro país en donde es necesario el uso de rellenos neutros y de baja Resistividad en torno a un electrodo enterrado, esto perite incrementar la capacidad de Dispersión de la red de la Red de Puesta a Tierra y disminuir la Resistencia de Dispersión como los Potenciales de Toque y Paso. Hace hincapié en el uso de metales nobles como el cobre ya que este no es susceptible a corroerse ante la presencia de ácidos ni de iones salinos en el suelo, aunque el nitrógeno encontrado en algunos suelos ocasiona una destrucción acelerada del metal, lo que propicia el incremento de la resistencia de dispersión.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

2.2.1. Marco Legal

2.2.1.1. Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGIEM-V.01

“Infraestructura y Equipamiento de establecimientos de Salud de Tercer Nivel de Atención” aprobado en 2015. (MINSA, Norma Técnica de Salud N°119-MINSA/DGIEM-V.01, 2015)

- *Anexo 12 “Equipos para los ambientes prestacionales y complementarios UPSS centro quirúrgico”*

Tabla N° 1. Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 12

UPSS CENTRO QUIRÚRGICO			
AMBIENTE	COD	DESCRIPCIÓN	CANT.
SALA DE OPERACIÓN DE CIRUGIA GENERAL	D-88	Aspirador de secreciones rodable	1
	D-89	Aspirador de secreciones rodable para red de vacío	1
	D-105	Bomba de infusión de dos canales	2
	D-106	Bomba de infusión de jeringa	2
	D-91	Calentador para sangre/soluciones	1
	T-3	Cámara de video IP móvil interior tipo domo	1
	D-109	Coche de paro equipado	1
	M-114	Cubo de acero inoxidable para desperdicios con tapa accionada a pedal	2
	D-78	Electro bisturí mono polar/bipolar digital con pinza hemostática de vasos	1
	D-490	Equipo de recuperación sanguínea	1
	M-61	Escalinata de acero inoxidable para sala de operaciones	1
	D-222	Estativa de techo con 02 columnas (gases, 2 o, 2 v, 2ac, 06 tomacorrientes doble, rack y brazo para monitor multi-parámetro, 04 data, escape de gases) para c/u	1
	D-124	Estetoscopio adulto	1
	D-199	Flujómetro con humidificador para la red de oxígeno	2
	D-31	Lámpara quirúrgica de techo de intensidad alta	1
	D-34	Lámpara quirúrgica rodable	1
D-116	Máquina de anestesia con monitoreo avanzado	1	
M-91	Mesa de acero inoxidable rodable para múltiples usos	1	

Continua...

M-89	Mesa angular de acero inoxidable para instrumental	1
M-90	Mesa de acero inoxidable tipo mayo	1
M-212	Mesa de acero inoxidable rodable para anestesiología	1
D-82	Mesa de operaciones hidráulica/eléctrica	1
D-432	Monitor de grado medico	1
D-148	Negatoscopio de dos campos	1
M-115	Porta balde de acero inoxidable rodable con balde de acero inoxidable	1
M-103	Porta-lavatorio doble de acero inoxidable rodable con gabinetes	1
M-105	Porta-basurero metálico rodable	2
T-79	Reloj de una esfera de pared	1
T-78	Reloj cronometro de pared	1
M-47	Taburete de acero inoxidable con asiento giratorio rodable	1
D-135	Tensiómetro anerode rodable adulto	1
D-223	Toma mural (2o, v, ac, 4 tomacorrientes dobles, rack y brazo para monitor multi parámetro, 02 data, llamado a enfermeras)	1
D-67	Torre de video cirugía laparoscópica	1
D-202	Unidad de aspiración para red de vacío	2
D-99	Ecógrafo doppler color 3D	1
M-64	Vitrina de acero inoxidable para instrumental y material estéril de dos cuerpos	1

Fuente: Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGIEM-V.01

- *Anexo 13: “Equipos para los ambientes prestacionales y complementario de la UPSS hospitalización”*

Tabla N° 2 Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 13

UPSS HOSPITALIZACIÓN			
AMBIENTE	COD	DESCRIPCIÓN	CANT
SALA DE HOSPITALIZACIÓN DE MEDICINA (VARONES O MUJERES)	M-75	Cama clínica rodable para adultos	1
	T-2	Cámara de video IP fija interior tipo domo	1
	D-141	Chata de acero inoxidable	1
	M-114	Cubo de acero inoxidable para desperdicios con tapa accionada a pedal	1
	M-86	Escalinata metálica dos peldaños	1
	D-199	Flujometro con humidificador para la red de oxigeno	1

Continua...

	T-23	Luz de indicación de llamada de enfermera	1
	M-96	Mesa metálica de noche	1
	M-124	Mesa rodable para alimentos	1
	T-24	Módulo de comunicación llamada de enfermera	1
	D-148	Negatoscopio de dos campos	1
	D-143	Papagayo de acero inoxidable	1
	M-14	Papelera de plástico con tapa y ventana batible	1
	M-105	Porta suero metálico rodable	1
	M-36	Silla metálica apilable	1
	M-42	Sillón metálico confortable reclinable para reposo	1
	T-16	Televisor led Smart tv de 42” aprox. Inc. Rack	1
	T-27	Tirador baño llamada enfermera	1
	T-28	Tirador cama llamada enfermera	1
	D-225	Toma mural (o, v, 2 tomacorrientes dobles, 01 data, llamada de enfermeras)	1
	D-202	Unidad de aspiración para red de vacío	1

Fuente: Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 13

• **Anexo 14 “Equipos para los ambientes prestacionales y complementarios de la UPSS cuidado intensivos”**

Tabla N° 3 Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 14

UPSS CUIDADOS INTENSIVOS			
AMBIENTE	COD	DESCRIPCIÓN	CANT
SALA DE CUIDADOS INTENSIVOS DEL ADULTO (3 CAMAS)	D-246	Analizador de electrolitos y gases de sangre portátil	1
	D-88	Aspirador de secreciones rodable	1
	D-316	Bomba de infusión 3 canales	6
	D-56	Broncofibroscopio	1
	D-499	Broncoscopio rígido	1
	D-90	Calentador corporal	1
	M-155	Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI	3
	D-109	Coche de paro equipado	1
	D-110	Coche para intubación difícil	1
	M-114	Cubo de acero inoxidable para desperdicios con tapa accionada a pedal	3
	D-92	Destructor de agujas hipodérmicas	1
	D-103	Ecógrafo portátil	1
	D-1	Electrocardiógrafo	1
	D-93	Equipo calentador de fluidos	1

Continúa...

	M-86	Escalinata dos peldaños	3
	D-125	Estetoscopio adulto pediátrico	3
	D-199	Flujómetro humificador para la red de oxígeno	3
	D-256	Glucómetro portátil	1
	D-204	Maletín de reanimación adulto pediátrico	1
	D-317	Marcapasos cardiaco temporal	1
	M-91	Mesa de acero inoxidable rodable para múltiples usos	3
	M-99	Mesa rodable de acero inoxidable para curaciones con tablero	1
	D-9	Monitor de funciones vitales de 8 parámetros	3
	D-12	Monitor de funciones vitales de transporte	1
	D-530	Central de monitoreo	1
	D-14	Monitor de gasto cardiaco	1
	D-11	Monitor de presión intracraneal portátil	1
	D-148	Negatoscopio de 2 campos	1
	T-79	Reloj de una esfera de pared	1
	I-57	Set de instrumental para traqueotomía	1
	D-146	Set de tambores de acero quirúrgico	1
	I-11	Set de instrumental para curaciones	1
	I-2	Set instrumental para sutura	1
	T-20	Teléfono IP de mesa para uso general	1
	D-135	Tensiómetro anerode rodable adulto	1
	D-223	Toma mural (2 o, v, ac, 4 tomacorrientes dobles, rack y brazo para monitor multiparámetro, 02 data, llamada de enfermeras)	3
	D-404	Transiluminador de vasos sanguíneos	1
	D-202	Unidad de aspiración para red de vacío	3
	D-119	Ventilador de transporte	1
	D-120	Ventilador mecánico adulto pediátrico	3
	M-64	Vitrina de acero inoxidable para instrumental y material estéril	1
CUIDADOS INTENSIVOS PARA PACIENTE AISLADO	D-88	Aspirador de secreciones rodable	1
	D-316	Bomba de infusión 3 canales	2
	D-90	Calentador corporal	1
	M-155	Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI	1
	D-109	Coche de paro equipado	1
	D-110	Coche para intubación difícil	1
	M-114	Cubo de acero inoxidable para desperdicios con tapa accionada a pedal	1
	D-92	Destructor de agujas hipodérmicas	1
	D-93	Equipo calentador de fluidos	1

Continua...

M-88	Escalinata metálica 2 peldaños	1
D-125	Estetoscopio adulto pediátrico	1
D-199	Flujómetro con humidificador para la red de oxígeno	1
D-204	Maletín de reanimación adulto pediátrico	1
M-91	Mesa de acero inoxidable rodable para múltiples usos	1
M-99	Mesa rodable de acero inoxidable para curaciones con tablero	1
D-9	Monitor de funciones vitales de 8 parámetros	1
D-148	Negatoscopio de dos campos	1
T-79	Reloj de una esfera de pared	1
D-135	Tensiómetro aneroide rodable adulto	1
D-223	Toma mural (2 o, v, ac, 4 tomacorrientes dobles, rack y brazo para monitor multiparámetro, 02 data, llamada enfermeras)	1
D-404	Transiluminador de vasos sanguíneos	1
D-202	Unidad de aspiración para red de vacío	1
D-120	Ventilador mecánico adulto pediátrico	1
M-64	Vitrina de acero inoxidable para instrumental y material estéril de 2 cuerpos	1

Fuente: Norma Técnica de Salud N° 119-MINSA/DGEIM-v01 – Anexo 14

2.2.1.2. Código Nacional de Electricidad – Utilización

Aprobado con la Resolución Ministerial R.M. N°037-2006-MEM/DM en Lima, 2006.

En la **sección 140** “Hospitales, Clínicas y Similares”. (MEM, 2006).

ÁREAS DE ATENCIÓN DE PACIENTES

140-102 CIRCUITOS EN ÁREAS DE CUIDADOS BÁSICOS

- (1) Los circuitos derivados que alimenten tomacorrientes y equipos permanentemente conectados en un área de cuidados básicos, deben ser a su vez, alimentados desde un sistema conectado a tierra.
- (2) Los conductores de los circuitos derivados deben ser de cobre y deben tener una sección mínima de 4 mm^2 .

- (3) Los circuitos derivados que alimenten tomacorrientes o equipos médicos eléctricos permanentemente conectados, en un puesto de atención de pacientes, deben alimentar solamente a las cargas ubicadas dentro de tal puesto.
- (4) Todos los circuitos derivados de un puesto de atención de pacientes, deben ser alimentados desde:
 - (a) Un solo tablero o panel; o
 - (b) Dos tableros, siempre que uno de éstos sea parte de un sistema eléctrico esencial.
- (5) Los circuitos derivados deben ser alimentados a no más de 250 V contra tierra, a menos que estén destinados a propósitos especiales (como alimentación de equipo móvil de rayos X, láser y equipo similar) o equipo conectado permanentemente.

140-104 ENLACE A TIERRA EN ÁREAS DE CUIDADOS BÁSICOS

- (1) Los conductores de enlace deben ser aislados, a menos que:
 - (a) Estén instalados en conducto no metálico; o
 - (b) Pertenezcan a un cable en el cual no sea posible el contacto entre un conductor desnudo y la pantalla o blindaje metálico, si existe cualquiera de éstos.
- (2) Deben enlazarse a tierra todos los tomacorrientes y equipo permanentemente conectado, por medio de conductores de cobre de enlace equipotencial de equipos, cuyas secciones no sean menores que las requeridas para los conductores del circuito, y que sean tendidos de acuerdo con la Regla 060-808, o que sean tendidos con los conductores del circuito, de acuerdo con lo siguiente:
 - (a) Cada circuito derivado, de hilos múltiples, debe ser provisto de su propio conductor de enlace equipotencial de equipos; o

- (b) Cada circuito derivado de 2 hilos que alimente un tomacorriente en un puesto de atención de pacientes, debe tener su propio conductor de enlace equipotencial de equipos, con excepción de lo permitido en los párrafos (c) y (d).
- (c) Cuando los tomacorrientes en un puesto de atención de pacientes sean servidos por dos circuitos derivados de 2 hilos, instalados en la misma canalización, se permite un solo conductor de enlace equipotencial de equipos, compartido por ambos circuitos.
- (d) En el caso de tres circuitos derivados de 2 hilos cada uno, que alimentan un conjunto de tomacorrientes en dos puestos adyacentes de atención de pacientes, y uno de los circuitos está previsto para ser compartido por los dos puestos, se permite que los tres circuitos compartan dos conductores de enlace equipotencial de equipos.
- (3) Los conductores de enlace equipotencial de equipos, requeridos por las Subreglas (2) y (6), deben terminar ya sea en el panel que alimenta los circuitos derivados del puesto de atención de pacientes o en una barra de puesta a tierra enlazada con dicho panel.
- (4) Cuando se utilizan dos paneles para alimentar los circuitos derivados de un puesto de atención de pacientes, conforme lo permite la Regla 140-102 (4), ambos paneles deben estar enlazados entre sí con un conductor de enlace equipotencial de equipos, cuya sección debe seleccionarse de la Tabla 16; sin embargo, esta sección no debe ser menor a 16 mm².
- (5) Cada pieza de un equipo trifásico debe ser enlazada a tierra con un conductor de cable de enlace equipotencial de equipos, el cual:
- (a) Debe tener una sección de acuerdo con la Tabla 16 pero, en todo caso no menor de 4 mm² y
 - (b) Es conectado a su propio terminal en el equipo y en el panel.

(6) En un puesto de atención de pacientes, deben enlazarse a tierra las partes metálicas no conductoras de corriente de los equipos de comunicación, radio o televisión, con exclusión de teléfonos, que puedan ser energizados, por medio de:

(a) Una conexión al tornillo de enlace, en la sección de comunicación de una caja metálica modular con compartimientos, que sirve a un puesto de atención de pacientes;

o

(b) Una conexión a un conductor de enlace equipotencial de equipos o a una barra de puesta a tierra de dicho puesto de atención de pacientes como se le identifica en la Subregla (3).

140-106 TOMACORRIENTES EN ÁREAS DE CUIDADOS BÁSICOS

(1) En un puesto de atención de pacientes, se deben ubicar los tomacorrientes de forma de minimizar la probabilidad de que sean utilizados para otro puesto de atención de pacientes, para el cual no han sido previstos.

(2) Los tomacorrientes ubicados en áreas en cuya limpieza rutinaria se utilice líquidos que puedan normalmente salpicar las paredes, deben ser instalados a no menos de 300 mm del piso.

(3) Los tomacorrientes ubicados en baños o lavanderías, dentro de un área de atención de pacientes, deben ser:

(a) Instalados adyacentes al depósito de lavado; e

(b) Instalados fuera de cualquier cubierta de la bañera o del compartimiento de la ducha; y

(c) Protegidos con un interruptor de fallas a tierra tipo Clase A o equivalente.

- (4) Los tomacorrientes instalados adyacentes a depósitos de lavado, en un área de atención de pacientes, deben ser protegidos con un interruptor de fallas a tierra tipo Clase A o equivalente.
- (5) Se debe identificar, adecuadamente, los tomacorrientes previstos para artefactos de tipo doméstico, no dedicados a servir cargas o equipo médico.
- (6) Todos los tomacorrientes de 15 A y 20 A, no bloqueables, deben ser del tipo aprobado para hospitales.
- (7) Todos los tomacorrientes de un sistema eléctrico esencial deben ser de color rojo; ningún otro tomacorriente debe tener este color.

140-108 OTROS EQUIPOS EN ÁREAS DE CUIDADOS BÁSICOS

Se permite la instalación de señales de emergencia y equipos similares, en los compartimientos de duchas y bañeras, cuando dichos equipos estén fabricados según requisitos especiales de estanqueidad al agua, y estén ubicados a alturas normales de instalación.

140-110 CIRCUITOS EN ÁREA DE CUIDADOS INTERMEDIOS E INTENSIVOS.

Los circuitos derivados que alimenten tomacorrientes y otros equipos conectados permanentemente, en áreas de cuidados intermedios e intensivos, deben ser alimentados, a su vez desde, ya sean sistemas puestos a tierra que cumplan con los requerimientos de Regla 140–102, o sistemas aislados que cumplan con los requerimientos de la Regla 140–200, excepto que todos los circuitos que alimenten cargas en puestos de atención de pacientes deben ser de 2 hilos, a menos que alimenten equipos multifásicos.

140-112 ENLACE A TIERRA EN ÁREAS DE CUIDADOS INTERMEDIOS E INTENSIVOS

(1) Los enlaces a tierra, en áreas de cuidados intermedios e intensivos, deben cumplir con la Regla 140–104, ya sea que el suministro provenga de sistemas puestos a tierra o aislados.

(2) Si se provee un punto de enlace en un puesto de atención de pacientes, éste debe ser conectado con el tablero de distribución que sirve al puesto de atención de pacientes, con el que dicho punto está asociado por medio de:

(a) Un puente de enlace que conecte el punto al terminal de enlace de la cubierta que contiene dicho punto de enlace, junto con los tomacorrientes del puesto de atención de pacientes; o

(b) Un conductor de cobre instalado con este propósito y que es tendido en la misma canalización que el conductor de enlace equipotencial de equipos, correspondiente al puesto de atención.

140-114 TOMACORRIENTES EN ÁREAS DE CUIDADOS INTERMEDIOS E INTENSIVOS

Los tomacorrientes instalados en áreas de cuidados intermedios e intensivos deben:

(a) Cumplir con los requerimientos de la Regla 140–106; y

(b) Ser identificados, cuando son alimentados desde un sistema aislado.

SISTEMAS ELÉCTRICOS ESENCIALES

140-300 REGLAS PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS ESENCIALES

Las Reglas 140–302 a 140–306 se aplican a aquellas partes de un sistema eléctrico de un hospital, respecto de las cuales la interrupción del suministro normal de energía ponga en peligro el cuidado efectivo y seguro de los pacientes, con el objeto de reducir los riesgos que puedan surgir de tal interrupción.

140-132 CIRCUITOS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS ESENCIALES

- (1) Un sistema eléctrico esencial debe comprender todos aquellos circuitos que alimentan cargas designadas como esenciales, por la administración del hospital, para la seguridad de la vida y atención de los pacientes, y la operación efectiva del hospital.
- (2) Un sistema eléctrico esencial debe comprender, al menos, una derivación vital y puede incluir una derivación vital retardada o una derivación condicional, o ambas.
- (3) El alambrado de un sistema eléctrico esencial debe mantenerse enteramente separado de otros alambrados u equipos y no debe entrar a artefactos, canalizaciones, cajas o gabinetes ocupados por otros alambrados, excepto cuando es necesario:
 - (a) En interruptores de conmutación; y
 - (b) En lámparas de emergencia alimentadas desde dos fuentes.

140-304 INTERRUPTORES DE TRANSFERENCIA

- (1) Todo interruptor de transferencia debe ser capaz de operar con carga y debe cumplir con los requerimientos de la empresa suministradora de energía:
- (2) Un interruptor de transferencia automática, utilizado en un sistema eléctrico esencial debe:
 - (a) Ser operado eléctricamente y tener sujeción mecánica; y

- (b) Contar con medios para operación manual segura.
- (3) Los interruptores manuales de transferencia deben cumplir con lo siguiente:
 - (a) Los medios de conmutación deben estar sujetos mecánicamente y la operación debe ser ejecutada directamente con la fuerza muscular del operador o por medio de un control remoto manual, que tome la energía necesaria para su accionamiento de la fuente a la cual está siendo transferida la carga; y
 - (b) Un interruptor de transferencia manual, que sea operado por medio de un control eléctrico remoto accionado a mano, debe incluir medios para su operación manual localmente, en forma segura, y
 - (c) El diseño del interruptor de transferencia manual debe incorporar bloqueos mecánicos (y eléctricos en el caso de control eléctrico remoto), a fin de evitar la interconexión de las fuentes de suministro de energía normal y de emergencia.
 - (d) Un interruptor de transferencia manual debe incluir un indicador mecánico visible, que muestre la posición del interruptor.
- (4) Las derivaciones vitales y vitales retardadas deben estar conectadas al suministro de emergencia por medio de uno o más interruptores de transferencia automática.
- (5) La derivación condicional debe estar conectada al suministro de emergencia, ya sea por medio de un interruptor de transferencia manual o uno automático.

140-306 SUMINISTRO DE EMERGENCIA

- (1) Un suministro de emergencia debe consistir en uno o más generadores impulsados por uno o más motores primos, que estén ubicados en el predio del hospital, en un recinto resistente al fuego, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Construcciones, y dispuesto de tal forma que se minimicen los riesgos de inundación y daños.

(2) El motor primo de un generador, mencionado en la Regla (1), debe tener una operación independiente del suministro de agua o combustible del servicio público, simultáneo con su utilización.

(3) En el sitio, se debe contar con una capacidad de almacenamiento de combustible suficiente para una operación a plena carga durante 24 horas.

También se hace uso del Anexo B del mismo “Código Nacional de Electricidad – Utilización”.

2.2.2. Marco Teórico – Conceptual

2.2.2.1. Hospital

Un hospital o nosocomio es un establecimiento destinado para la atención y asistencia a enfermos por medio de profesionales médicos, de enfermería y personal auxiliar y de servicios técnicos durante 24 horas, 365 días del año y disponiendo de tecnología, aparatología, instrumental y farmacología adecuadas. Existen tres clases de hospitales: de Primer, Segundo y Tercer niveles, siendo su asistencia de menor a mayor complejidad. Dentro de ellos se atiende a pacientes con afectaciones que irán de simples a gravísimas, críticas, cuidados paliativos o incluso terminales.

Los centros de asistencia médica hospitalaria constituyen uno de los más importantes establecimientos que prestan servicios fundamentales a la sociedad, siendo este el que tiene como finalidad brindar asistencia médica destinada a generar bienestar y garantizar la salud de todos los miembros de la comunidad a la que sirve, estos servicios se prestan en diferentes niveles según sea la complejidad del procedimiento a elaborar y las necesidades de la zona donde se encuentre, es decir que no se va a encontrar las mismas prestaciones médicas y asistenciales en zonas rurales alejadas que en grandes urbes donde

se densifica considerablemente la población . Los centros de asistencia médica se dividen en 3 niveles basados en la complejidad de procesos que atiende, los cuales están determinados por la infraestructura hospitalaria y dotación. (MINSA, <http://www.digemid.minsa.gob.pe>, 2011)

a. Tipos y categorías de hospitales

- **Según el Nivel de Atención.**

Se puede dividir en tres diferentes niveles de atención y cada uno sub dividirse en diversas categorías como se muestra en la Tabla N° 4. Categoría de Hospitales según el nivel de Atención

Tabla N° 4. Categoría de Hospitales según el nivel de Atención

PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN		Categoría I – 1
		Categoría I – 2
		Categoría I – 3
		Categoría I – 4
SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN	Establecimientos de salud de atención general	Categoría II – 1
	Establecimientos de salud de atención general	Categoría II – 2
TERCER NIVEL DE ATENCIÓN	Establecimientos de salud de atención general	Categoría II – E
	Establecimientos de salud de atención general	Categoría III – 1
	Establecimientos de salud de atención general	Categoría III – E
		Categoría III – 2

Fuente: MINSA

A continuación se tiene la definición, funciones generales y estándares mínimos para hospitales de primer (*Tabla N° 5. Estándares – Primer Nivel de Atención*) segundo (*Tabla N° 6. Estándar – Segundo Nivel de Atención*) y tercer (*Tabla N° 7*) nivel de atención.

1. PRIMER NIVEL DE ATENCIÓN

Tabla N° 5. Estándares – Primer Nivel de Atención

	DEFINICIÓN	ACTIVIDADES
CATEGORÍA I-1	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puesto de salud o Posta de salud con profesional de salud no médico - Consultorio de profesional de la salud (no médico) 	<p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atención de urgencias y emergencias - Referencia y contrareferencia - Desinfección y esterilización - Vigilancia epidemiológica - Salud ocupacional - Registro de Atención e información - Salud ambiental - Salud Familiar y comunitaria - Acciones de salud ambiental en la comunidad - Atención con Medicamentos - Atención de parto inminente - Nutrición integral - Prevención de cáncer - Pruebas rápidas y toma de muestra - Rehabilitación basada en la comunidad.
CATEGORÍA I-2	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Puesto de salud o Posta de salud con profesional de salud no médico - Consultorio de profesional de la salud (no médico) 	<p>ACTIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atención de urgencias y emergencias - Referencia y contrareferencia - Desinfección y esterilización - Vigilancia epidemiológica - Salud ocupacional - Registro de Atención e información - Salud ambiental - Salud Familiar y comunitaria - Acciones de salud ambiental en la comunidad - Atención con Medicamentos - Atención de parto inminente - Nutrición integral - Prevención de cáncer - Pruebas rápidas y toma de muestra - Rehabilitación basada en la comunidad.

Continua...

<p>CATEGORÍA I-3</p>	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centro de salud - Centro Médico - Centro Médico Especializado - Policlínico 	<p>ACTIVIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atención de urgencias y emergencias - Referencia y contrareferencia - Desinfección y esterilización - Vigilancia epidemiológica - Salud ocupacional - Registro de Atención e información - Salud ambiental - Salud Familiar y comunitaria - Acciones de salud ambiental en la comunidad - Atención con Medicamentos - Atención de parto inminente - Nutrición integral - Prevención y diagnóstico precoz del cáncer - Intervenciones de cirugía de consultorio externo - Radiología dental - Laboratorio dental - Rehabilitación basada en la comunidad.
<p>CATEGORÍA I-4</p>	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centro de salud con camas de internamiento - Centro médico con camas de internamiento 	<p>ACTIVIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atención de urgencias y emergencias - Referencia y contrareferencia - Desinfección y esterilización - Vigilancia epidemiológica - Salud ocupacional - Registro de Atención e información - Salud ambiental - Internamiento - Acciones de salud ambiental en la comunidad - Nutrición integral - Salud Familiar y Comunitaria - Atención de la gestante en el periodo de parto - Prevención y diagnóstico precoz del cáncer - Atención del recién nacido en el área de observación - Intervenciones de cirugía de consultorio externo - Ecografía - Radiología I - Rehabilitación basada en la comunidad.

Fuente: MINSA

2. SEGUNDO NIVEL DE ATENCIÓN

Tabla N° 6. Estándar – Segundo Nivel de Atención

	DEFINICIÓN	ACTIVIDADES
CATEGORÍA II-1	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hosp. De atención general - Clínicas de atención general 	<ul style="list-style-type: none"> a) UPSS Consulta Externa b) UPSS Emergencia c) UPSS Hospitalización d) UPSS Centro Obstétrico e) UPSS Centro Quirúrgico f) UPSS Medicina de Rehabilitación g) UPSS Diagnóstico por imágenes h) UPSS Farmacia i) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre j) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) k) UPSS Nutrición y Dietética l) UPSS Central de Esterilización
CATEGORÍA II-2	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hosp. De atención general - Clínicas de atención general 	<ul style="list-style-type: none"> a) UPSS Consulta Externa b) UPSS Emergencia c) UPSS Hospitalización d) UPSS Centro Obstétrico e) UPSS Centro Quirúrgico f) UPSS Cuidados Intensivos g) UPSS Medicina de Rehabilitación h) UPSS Diagnóstico por imágenes i) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) j) UPSS Anatomía patológica k) UPSS Farmacia l) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre m) UPSS Nutrición y Dietética n) UPSS Central de Esterilización

Continua...

CATEGORÍA II-E	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hosp. De atención general - Clínicas de atención general 	<ul style="list-style-type: none"> a) UPSS Consulta Externa b) UPSS Emergencia c) UPSS Hospitalización d) UPSS Centro Obstétrico e) UPSS Centro Quirúrgico f) UPSS Cuidados Intensivos g) UPSS Medicina de Rehabilitación h) UPSS Diagnóstico por imágenes i) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) j) UPSS Anatomía patológica k) UPSS Farmacia l) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre m) UPSS Nutrición y Dietética n) UPSS Central de Esterilización
-----------------------	---	---

Fuente: MINSA

3. TERCER NIVEL DE ATENCIÓN

Tabla N° 7. Estándar – Tercer Nivel de Atención

	DEFINICIÓN	ACTIVIDADES
CATEGORÍA III-1	<p>Corresponde a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hosp. De atención general - Clínicas de atención general 	<ul style="list-style-type: none"> a) UPSS Consulta Externa b) UPSS Emergencia c) UPSS Hospitalización d) UPSS Centro Obstétrico e) UPSS Centro Quirúrgico f) UPSS Cuidados Intensivos g) UPSS Medicina de Rehabilitación h) UPSS Diagnóstico por imágenes i) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) j) UPSS Anatomía patológica k) UPSS Farmacia l) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre m) UPSS Hemodiálisis n) UPSS Nutrición y Dietética o) UPSS Central de Esterilización <p>UPSS Opcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> p) UPSS Radioterapia q) UPSS Medicina nuclear

Continua...

CATEGORÍA III-2	<p>Corresponde a: - Institutos Especializados</p>	<p>a) UPSS Consulta Externa b) UPSS Hospitalización c) UPSS Diagnóstico por imágenes d) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) e) UPSS Farmacia e) UPSS Nutrición y Dietética f) UPSS Central de Esterilización g) UPS de Docencia e Investigación h) UPSS Emergencia i) UPSS Centro Obstétrico j) UPSS Centro Quirúrgico k) UPSS Cuidados Intensivos l) UPSS Medicina de Rehabilitación m) UPSS Anatomía patológica n) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre o) UPSS Hemodiálisis p) UPSS Radioterapia q) UPSS Medicina nuclear</p>
CATEGORÍA III-E	<p>Corresponde a: - Hospitales de atención especializada - Clínicas de atención especializada</p>	<p>b) UPSS Consulta Externa c) UPSS Hospitalización d) UPSS Diagnóstico por imágenes e) UPSS Patología Clínica (Laboratorio Clínico) e) UPSS Farmacia f) UPSS Nutrición y Dietética g) UPSS Emergencia h) UPSS Centro Obstétrico i) UPSS Centro Quirúrgico j) UPSS Medicina de Rehabilitación k) UPSS Central de Esterilización l) UPSS Centro de Hemoterapia y Banco de Sangre m) UPSS Cuidados Intensivos n) UPSS Anatomía patológica o) UPSS Hemodiálisis p) UPSS Radioterapia Opcional q) UPSS Medicina nuclear</p>

Fuente: MINSA

- Según su Capacidad

Los hospitales según su capacidad se pueden dividir en cuatro, como se muestra en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8. Categoría de Hospitales según su Capacidad

HOSPITAL TIPO I	HOSPITAL TIPO II	HOSPITAL TIPO III	HOSPITAL TIPO IV
<ul style="list-style-type: none"> • Ubicados en poblaciones de 20.000 habitantes y con un área de influencia hasta 60.000 habitantes • Tienen entre 20 y 60 camas. • Cuentan con servicios de medicina interna, pediatría, cirugía general y ginecología, Obstetricia; laboratorios; rayos X y odontología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicados en poblaciones mayores de 20.000 habitantes y con un área de influencia de 100.000 habitantes • Tienen entre 60 y 150 camas. • Cuentan con servicios de medicina interna, pediatría, cirugía general y ginecología – obstetricia; laboratorios, rayos X y Odontología, cirugía ambulatoria, docencia de Pre y post grado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicados en poblaciones mayores de 60.000 habitantes y con un área de influencia de 400.000 habitantes • Tienen entre 150 y 300 camas. • Cuentan con servicios de medicina interna, pediatría, cirugía general y ginecología – obstetricia; laboratorios, rayos X por 24 horas, odontología, cirugía ambulatoria y especializada, sub-especialidades, terapia intensiva y anatomía patológica; docencia de Pre y post grado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicados en poblaciones mayores de 100.000 habitantes y con un área de influencia de 1.000.000 habitantes • Tienen más 300 camas. • Cuentan con servicios de medicina interna, pediatría, cirugía general y ginecología – obstetricia; laboratorios, rayos X por 24 horas, odontología, cirugía ambulatoria y especializada, sub-especialidades, unidades de larga estancia, terapia Intensiva, anatomía patológica, docencia de pre y post grado.

Fuente: MINSA

2.2.2.2. Quirófano

Es aquella sala o habitación que se halla en sanatorios, hospitales o centros de atención médica y que está especialmente acondicionada para la práctica de operaciones quirúrgicas a aquellos pacientes que así lo demanden. Asimismo, en el quirófano, se pueden desplegar otras actividades relacionadas, tales como: el suministro de anestesia, una acción de reanimación, entre otras, para así, luego, poder llevar a buen puerto la mencionada intervención quirúrgica. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

a. Áreas de quirófano

Área no restringida. El personal puede vestir ropa de calle, y el equipo portátil que aún no ha sido desinfectado debe permanecer en el área no restringida. Se trata de un área controlada en donde se detiene a las personas que van llegando al área quirúrgica. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

Área de transición. En esta zona, las personas se están preparando para ingresar a las áreas semirestringidas o restringidas; se cambia la ropa de calle por la de quirófano, y es necesaria también una autorización de ingreso. Aquí se encuentran los vestidores; se debe mantener la pulcritud y la meticulosidad, para evitar la entrada de polvo y la generación de áreas para la colonización de las bacterias. Los alimentos y las bebidas deben mantenerse lejos de estas áreas. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

Área semirestringida. Aquí solo se puede tener acceso con ropa quirúrgica, es decir, pijama quirúrgico. Los corredores entre los distintos cuartos del departamento las áreas de procesamiento del instrumental y los implementos, las áreas de almacenamiento o clósets son áreas semirestringidas. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

Área restringida. Las áreas restringidas son las más limpias del quirófano e incluyen las salas de operaciones, las salas de procedimientos menores y los corredores estériles, donde están los esterilizadores rápidos y donde se deja el material estéril. Estas áreas están estrictamente controladas y las puertas deben permanecer cerradas. Sólo el personal vestido adecuadamente podrá tener acceso. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

2.2.2.3. Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

Una unidad de cuidados intensivos (UCI), unidad de vigilancia intensiva (UVI), unidad de cuidados críticos (UCC), centro de tratamiento intensivo (CTI), unidad de

medicina intensiva (UMI) o unidad de terapia intensiva (UTI) es una instalación especial dentro del área hospitalaria que proporciona medicina intensiva. Los pacientes candidatos a entrar en cuidados intensivos son aquellos que tienen alguna condición grave de salud que pone en riesgo su vida y que por tal requieren de una monitorización constante de sus signos vitales y otros parámetros, como el control de líquidos. Muchos hospitales han habilitado áreas de cuidados intensivos para algunas especialidades médicas. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

a. Especialidades contempladas

Dependiendo del volumen de pacientes ingresados puede haber varias unidades de cuidados intensivos especializadas en diferentes áreas de la medicina, como son:

- Cuidados intensivos cardiológicos o unidad coronaria.
- Unidad posoperatoria de cirugía cardíaca.
- Trasplante de órganos.
- Cuidados intensivos psiquiátricos.
- Cuidados posoperatorios, aunque la mayoría son “unidades de cuidados intensivos polivalentes”.

2.2.2.4. Hospitalización

Es el servicio destinado al internamiento de pacientes, previa autorización del médico tratante, para establecer un diagnóstico, recibir tratamiento y dar seguimiento a su padecimiento. Las Clínicas Regionales, Hospitales Regionales y Hospitales de Especialidad, cuenta con el servicio. (Colsanitas, 2016)

a. Especificaciones

- Debe de contar con una estación de enfermeras

- Debe de contar con camillas eléctricas para confort del paciente
- Debe de contar con sábanas y cambios de ropa estériles.
- Se permite el acceso de visitas a pacientes

2.2.2.5. Equipamiento Biomédico

La descripción de los equipos médicos para el área de quirófano son mostrados en la Tabla N° 9, muestra también una imagen referencial de cada equipo.

Tabla N° 9. Equipos biomédicos para Quirófano

QUIRÓFANO		
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Aspirador de secreciones rodable (76 W)	Diseñado para la aspiración de secreciones en vías respiratorias con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación en el paciente. Cuenta con una válvula reguladora que permite regular el nivel de succión y dos frascos colectores de vidrio auto lavable. Ideal para hospitales, clínicas y hogares geriátricos. (SermedIngenieros, 2016)	
Bomba de infusión de 2 canales (110 W)	La bomba de infusión volumétrica es un equipo electromecánico que sirve para administrar soluciones de flujo continuo, Su diseño basado en tecnología digital le permite regular el flujo (ml/h) y el volumen a infundir (ml). (Rojas, 2015)	
Bombas de infusión de jeringa (25 W)	Las bombas de infusión de jeringa administran líquidos intravenosos como antibióticos, anestesia, medicamentos anti arrítmicos y agentes quimio-terápicos. (elHospital, elHospital, 2015)	

Continua...

<p>Calentador de sangre y fluidos (900 W)</p>	<p>Permite llevar la sangre u otros fluidos de una forma continua a temperatura normotérmica en segundos. (HCA, 2015)</p>	
<p>Coche de paro equipado (200 W)</p>	<p>El coche de paro equipado es uno de los elementos que es indispensable en toda área en donde se manejen pacientes o se realicen procedimientos. No existe un protocolo único para armar el carro, pero cada servicio se adaptará a sus necesidades. (Sanchez, 2013)</p>	
<p>Electro Bisturí Mono polar/Bipolar digital con pinza hemostática de vasos (170 W)</p>	<p>Electro-bisturí electrónico de radiofrecuencia, idóneo para las intervenciones de micro-coagulación y para la pequeña y mediana cirugía, ya sea monopolar o bipolar. Seleccionando sus diferentes funciones se pueden efectuar cortes puros, cortes con coagulación y coagulación bipolar empleando un adaptador especial. (Quirumed, 2013)</p>	
<p>Equipo de recuperación sanguínea (300 W)</p>	<p>Están diseñados para la recuperación y procesamiento de sangre autóloga procedente del campo quirúrgico en intervenciones donde el sangrado es importante. El producto sanguíneo obtenido es de gran calidad y con el uso de esta técnica evitaremos los riesgos asociados a las transfusiones de sangre alogénica. (PortalesMedicos, 2016)</p>	

Continua...

<p>Monitor multi-parámetro (400 W)</p>	<p>Equipo biomédico que es utilizado para el registro exacto de la presión arterial no invasiva en un mínimo de tiempo, además de otros parámetros. (Aguilar, 2014)</p>	
<p>Lámpara Quirúrgica de techo de alta intensidad (210 W)</p>	<p>Equipo médico especializado de iluminación para realizar intervenciones quirúrgicas a pacientes, sin presencia de sombras y otros inconvenientes. (Health, 2016)</p>	
<p>Lámpara quirúrgica rodable (90 W)</p>	<p>Lámpara de emergencia quirúrgica portátil, para iluminación en caso de suspensión de la energía eléctrica. (MEDICALSOLD, 2015)</p>	
<p>Máquina de anestesia con monitoreo avanzado (150 W)</p>	<p>Permite al anestesiólogo, suministrar, vía pulmonar, mezclas precisas y a tiempo de gases medicinales y agentes anestésicos vaporizados, con el fin de llevarlo a un estado de inconsciencia reversible durante un procedimiento quirúrgico. (Ramos, 2015)</p>	
<p>Mesa de operaciones hidráulica eléctrica (300 W)</p>	<p>Mesa especializada para realizar intervenciones quirúrgicas a pacientes, permite ubicar al paciente en posiciones apropiadas para realizar la intervención quirúrgica. (DREMED, 2016)</p>	
<p>Monitor grado médico (180 W)</p>	<p>Monitor de alta resolución diseñada para la visualización de radiografías, ecografía, etc. (Endoscopia, 2013)</p>	
<p>Negatoscopio de 2 campos (25 W)</p>	<p>Equipo diseñado para visualizar placas de rayos – x y otras placas impresas en película radiográfica. (MeditechSAC, 2015)</p>	

Continua...

<p>Ecógrafo DOPPLER Color 3d (510 W)</p>	<p>Muestra imágenes de órganos a base de ultrasonido sin necesidad de abertura en el paciente, este equipo muestra las imágenes a color. (IDISAC, 2017)</p>	
---	---	---

La descripción de los equipos médicos para la unidad de cuidados intensivos (UCI) son mostrados en la Tabla N° 10, muestra también una imagen referencial de cada equipo.

Tabla N° 10. Equipos biomédicos para la Unidad de Cuidados Intensivos

UNIDAD DE CUIDADO INTENSIVOS - UCI		
EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>Analizador de Electrolitos y gases de sangre portátil (80 W)</p>	<p>Lleva a cabo las pruebas de sangre que más necesita para ayudarlo en el cuidado de sus pacientes ya sean sanos o enfermos, adultos jóvenes o senior, de rutina o pacientes críticos. (IDEXX, 2017)</p>	
<p>Aspirador de secreciones rodable (76 W)</p>	<p>Diseñado para la aspiración de secreciones en vías respiratorias con la finalidad de mantener una adecuada oxigenación en el paciente. Cuenta con una válvula reguladora que permite regular el nivel de succión y dos frascos colectores de vidrio auto lavable. Ideal para hospitales, clínicas y hogares geriátricos. (SermedIngenieros, 2016)</p>	
<p>Bomba de infusión de 2 canales (110 W)</p>	<p>La bomba de infusión volumétrica es un equipo electromecánico que sirve para administrar soluciones de flujo continuo, Su diseño basado en tecnología digital le permite regular el flujo (ml/h) y el volumen a infundir (ml). (Rojas, 2015)</p>	

Continua...

<p>Calentador Corporal (600 W)</p>	<p>Las unidades de calentamiento por aire forzado calientan a los pacientes conectivamente (es decir, el aire caliente sopla suavemente hacia el paciente por debajo de la manta de aire). (elHospital, elHospital, 2012)</p>	
<p>Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI (255 W)</p>	<p>Camilla eléctrica con control de mando para ubicar la camilla para confort del paciente. (Metax, 2014)</p>	
<p>Coche de paro equipado (200 W)</p>	<p>El coche de paro equipado es uno de los elementos que es indispensable en toda área en donde se manejen pacientes o se realicen procedimientos. No existe un protocolo único para armar el carro, pero cada servicio se adaptara a sus necesidades. (Sanchez, 2013)</p>	
<p>Destructor de agujas hipodérmicas (150 W)</p>	<p>Destruye todos los riesgos de contaminación, donde quiera que haya una aguja usada, hay un riesgo de infección, destruyéndolas todos los riesgos de transmisión son eliminados. (Emison, 2017)</p>	
<p>Ecógrafo Portátil (40 W)</p>	<p>Equipo médico portátil que genera imágenes de órganos del paciente a través de ultrasonido. (MedicalExpo, 2015)</p>	
<p>Electrocardiógrafo (30 W)</p>	<p>Aparato que registra las corrientes eléctricas producidas por la actividad del corazón. (IMM, 2013)</p>	

Continua...

<p>Equipo calentador de fluidos (900 W)</p>	<p>Equipo médico que calienta rápidamente los fluidos intravenosos, inyecciones y soluciones de irrigación y mantiene temperaturas seguras. (elHospital, elHospital, 2013)</p>	
<p>Monitor de funciones vitales de 8 parámetros (400 W)</p>	<p>Monitor médico que muestra los siguientes parámetros: Electrocardiograma/Respiración; Saturación oxígeno; Presión arterial no invasiva; Presión arterial invasiva; Capnografía; Temperatura; Gasto cardiaco invasivo; Electroencefalografía. (MINSA, DGIEM, 2014)</p>	
<p>Negatoscopio de 2 campos (25 W)</p>	<p>Equipo diseñado para visualizar placas de rayos – x y otras placas impresas en película radiográfica. (MeditechSAC, 2015)</p>	
<p>Monitor multiparámetro (400 W)</p>	<p>Equipo biomédico que es utilizado para el registro exacto de la presión arterial no invasiva en un mínimo de tiempo, además de otros parámetros. (Aguilar, 2014)</p>	
<p>Transiluminador de vasos sanguíneos (250 W)</p>	<p>El transiluminador de vasos permite a un médico para localizar fácilmente las venas difíciles de encontrar, por lo que es más rápido y más eficiente para los proveedores de atención de salud y los médicos para ofrecer un mayor nivel de atención de calidad. (NEXO, 2012)</p>	

Continua...

<p>Ventilador mecánico adulto (300 W)</p>	<p>El ventilador mecánico, es un recurso terapéutico de soporte vital, que ha contribuido decisivamente en mejorar la sobrevida de los pacientes en estado crítico, sobre todo aquellos que sufren insuficiencia respiratoria aguda. (SCielo, 2011)</p>	
<p>Ventilador de transporte (90 W)</p>	<p>El ventilador portátil es ideal para la ventilación pulmonar de emergencia, durante el traslado dentro y fuera del hospital, en los servicios de UCI, UCIN y en la reanimación post operatoria en pacientes adultos, pediátricos y neonatos. (Rojas, 2015)</p>	

La descripción de los equipos médicos para el área de hospitalización es mostrada en la Tabla N° 11, muestra también una imagen referencial de cada equipo.

Tabla N° 11. Equipos biomédicos para Hospitalización

HOSPITALIZACIÓN		
Equipo	Descripción	Imagen
<p>Negatoscopio de 2 campos (25 W)</p>	<p>Equipo diseñado para visualizar placas de rayos x y otras placas impresas en película radiográfica. (MeditechSAC, 2015)</p>	
<p>Cama camilla multipropósito o eléctrica (255 W)</p>	<p>Camilla eléctrica con control de mando para ubicar la camilla para confort del paciente. (Metax, 2014)</p>	
<p>Monitor multiparámetro (400 W)</p>	<p>Equipo biomédico que es utilizado para el registro exacto de la presión arterial no invasiva en un mínimo de tiempo, además de otros parámetros (Aguilar, 2014)</p>	

2.2.2.6. Riesgos y Problemas Eléctricos en Hospitales

Electricidad es una forma de energía que se manifiesta por una fuerza de atracción independiente de la gravedad, y cuyas propiedades permiten transmitirla convenientemente de un punto a otro. Sin embargo, aún es un concepto que no se ha podido definir en forma clara y exacta y todo lo escrito sobre el particular no es otra cosa que teorías. Teoría electrónica, teoría aceptada actualmente, que considera que las partes más pequeñas en que se puede dividir la materia (átomos) poseen cargas eléctricas llamadas protones (electropositivas), y los electrones (electronegativas). El desplazamiento de estas últimas hace conducir la electricidad. (Chandía, 2015)

Algunos aparatos eléctricos, los generadores entre ellos son aplicaciones mediante las cuales se transforma en electricidad alguna otra forma de energía, como el calor y la energía mecánica. En otros casos se convierte la electricidad en una forma diferente de energía, como el calor y el movimiento. En un motor eléctrico, por ejemplo, la corriente se utiliza para producir energía mecánica, mientras que en una lámpara eléctrica se convierte en energía de calor y luz. Los avances más importantes en este campo se han verificado a partir de la notable invención de la pila eléctrica, debida al físico italiano Alejandro Volta, en 1800, con la cual el hombre pudo disponer por primera vez de una fuente continua de electricidad. (Chandía, 2015)

a. *Conceptos generales*

La cantidad de electricidad que pasa cada segundo por una sección transversal de un conductor se denomina intensidad y su unidad de medida es el amperio. Todo conductor ofrece una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica. La unidad de resistencia es el ohm. En ciertos aspectos, la corriente que fluye a través de un conductor se comporta de manera semejante a la corriente de agua que fluye por una cañería. En ambos casos el

movimiento es ocasionado por una diferencia de presión entre dos puntos distintos del conductor. En una batería, por ejemplo, la diferencia de tensión entre los dos polos ocasiona la corriente de electrones. Esta diferencia de tensión eléctrica entre dos puntos o potencial se mide en voltios. Un voltio es la tensión capaz de producir una corriente de un amperio a través de una resistencia de un ohm. La unidad de potencia eléctrica es el vatio, unidad que indica la proporción en que se utiliza la electricidad. (Chandía, 2015)

b. *Condiciones de las corrientes peligrosas*

El resultado final del paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano no puede predecirse en un caso determinado. Existen muchos factores que influyen en la gravedad de una lesión por electricidad, siendo éstos: (Chandía, 2015)

- **Tipo de circuito continuo – alterno.** El tipo de la corriente eléctrica implicado, puede ser continua o alterna: mientras la corriente continua produce cambios electrolíticos y espasmos musculares, la corriente alterna produce contracciones musculares y sudoración. (Chandía, 2015)

- **Voltaje.** cuanto mayor es el voltaje, mayor es su efecto sobre el organismo. Se ha informado de muertes por contactos con circuitos de 60 voltios mientras que el contacto con circuitos de menos de 24 voltios, es generalmente inofensivo. (Chandía, 2015)

- **Amperaje.** es la demanda del flujo de corriente por unidad de tiempo. Una pequeña corriente de 100 miliamperios puede producir fibrilación ventricular en determinadas circunstancias, pudiendo producir P.C.R. por lesión del S.N.C. incluso con amperajes menores. (Chandía, 2015)

- **Resistencia del cuerpo.** la conductibilidad eléctrica de los tejidos es paralela a su contenido de agua. Oponen menor resistencia, siendo, por lo tanto, buenos conductores,

el sistema vascular (sangre, linfa), músculos y L.C.R., mientras que el esqueleto, nervios periféricos y piel tienen una resistencia más elevada. La resistencia de la piel normal disminuye por la humedad, y este factor por sí solo, puede hacer que una lesión que ordinariamente no pasaría de ser moderada se transforme en un choque mortal. La resistencia de la piel seca es 20 veces mayor que la de la piel húmeda, siendo de más o menos 5.000 *ohms*. En las vísceras cae a 100 *ohms*, de modo que voltajes muy bajos, según Lattarjet, pueden producir electrocución, ya que al disminuir la resistencia se pueden obtener intensidades fatales (ley de ohm $I = V/R$). (Chandía, 2015)

- **Trayecto de la corriente.** el paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo es crucial. Si el paso de la corriente tiene como puntos de contacto la pierna y el piso, la lesión será menos perjudicial que en aquellos en que los polos del circuito están en la cabeza y en un pie, o en su trayectoria está involucrado el corazón. Por lo tanto, es importante colocar al paciente en la mesa del pabellón de tal modo que las placas y tomas de tierra pasen distantes del corazón. (Chandía, 2015)

- **Duración del contacto.** mientras más tiempo dure el paso de la corriente por el organismo, más nefasto será influyendo en su pronóstico. Si es superior a un segundo, necesariamente encontrará al corazón en el periodo vulnerable de su ciclo, provocando un paro cardíaco. La corriente es capaz de producir contracciones musculares que si persisten pueden incluso producir fracturas. (Chandía, 2015)

- **Superficie sobre la cual se apoya el cuerpo.** en el momento del contacto, es sabido que está sobre una superficie llena de agua o húmeda es más vulnerable o susceptible a las lesiones por electricidad. (Chandía, 2015)

c. Efectos generales de la electricidad en el hombre

Estos efectos, todavía no se conocen perfectamente, pero por lo regular son los siguientes:

- **Quemaduras**, ya que la energía eléctrica generada por las corrientes de alta tensión se transforma en calor. A este tipo de lesión es más apropiado llamarlo Necrosis Eléctrica.
- **Fibrilación ventricular y muerte por insuficiencia circulatoria**. El umbral de fibrilación ventricular varía de una persona a otra, y está influenciado por varios factores: hipoxia, factores metabólicos, stress, anestésicos, etc. por eso es que a veces corrientes de pequeños voltajes pueden producir este accidente, y es lo que se observa en la mayoría de los casos descritos.
- **Contracciones musculares** que pueden ser simples sacudidas o movimientos anormales semejantes a crisis convulsivas.
- **Paro respiratorio**, se produce con voltajes elevados.
- **Paro cardíaco**, se produce con corrientes de alta tensión, pero la función ventricular se reanuda cuando cesa la corriente
- **Muerte**, es probable que esta sobrevenga por insuficiencia circulatoria o a causa de lesión en centros bulbares. Todavía no se sabe si esta lesión neurológica es secundaria al vaso espasmo o si se produce por aumento de la temperatura del cerebro, o bien si resulta de la lesión directa de las neuronas.

2.2.2.7. Sistemas Eléctricos en Hospitales

Los sistemas eléctricos en hospitales tienen unos requisitos diferentes a los que se requieren para una instalación normalmente, porque vamos a trabajar con la vida de las personas. Un suministro de energía inadecuado en un hospital puede significar pérdida de vidas humanas. El sistema hospitalario depende cada vez más de la energía eléctrica, por el uso de muchos equipos vitales que se alimentan de energía eléctrica. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

1. Diseños de los sistemas eléctricos en hospitales

Para hacer un buen diseño de los sistemas eléctricos en hospitales debe cumplir con ciertas características (MedicalElectric, Medical Electric, 2016):

1. Evaluar las necesidades de cada área del hospital.
2. Realizar un análisis de riesgos eléctricos para cada área del hospital, donde se identifican los requerimientos reales de carga, las fuentes de energía, la red local, las suplencias, el análisis de todo el sistema en conjunto

Hay que tener presente que los sistemas eléctricos esenciales, el de equipos y el de emergencia, deben ser independientes de cualquier otro alambrado y deben tener las mismas canalizaciones, cajas o armarios. El sistema eléctrico de emergencia cuenta con:

- Ramal crítico: áreas de neonatos, despacho de farmacia, puestos de enfermería, urgencias, Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) y laboratorios.
- Ramal Vital: señales y alumbrado de evacuación, sistema de alarma y alerta, cuartos de generadores, ascensores, sistemas de comunicaciones.

Los sistemas eléctricos en un hospital deben contar con altos estándares de calidad y buen funcionamiento para evitar problemas, como:

- Las fluctuaciones de tensión.
- Las variaciones de frecuencia.
- Los transitorios causados por otras cargas con la misma alimentación.
- La suspensión del servicio.
- Fallas en el sistema debido a fenómenos naturales en las líneas de distribución (descargas eléctricas, acción del viento y de animales etc.)

2. Aspectos importantes para el diseño de sistemas eléctricos en hospitales.

(MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

- Un adecuado diseño, construcción, pruebas de puesta en servicio, funcionamiento y mantenimiento. Seguirse normas para dichas instalaciones.
- Ventilación en laboratorios para la extracción de los gases. También, para los sistemas de esterilización por óxido de etileno.
- Protecciones eléctricas para garantizar la continuidad del servicio.
- Instalación de fuente alterna de suministro de energía eléctrica para hospitales niveles I, II y III. Un sistema de transferencia automática con interruptor de conmutador de red (by pass).
- Instalarse un Sistema Ininterrumpido de Potencia (UPS) en áreas críticas para dar continuidad al servicio eléctrico.
- Debe proveerse un sistema de potencia aislada o no puesto a tierra (denominado IT- Tableros de aislamiento) en áreas médicas críticas, donde una falla en la alimentación pone en riesgo la vida del paciente.

- El transformador de aislamiento del sistema de potencia aislada, no debe tener una potencia nominal inferior a $0,5\text{ kVA}$ ni superior a 10 kVA , la tensión en el secundario no debe exceder 250 V , debe tener un control de temperatura y no debe tener interruptor automático en el secundario. El monitor de aislamiento debe dar alarma si la resistencia de aislamiento entre fase y tierra es menor de $50\text{ k}\Omega$.
- Instalarse un interruptor diferencial de falla a tierra para la protección de personas contra electrocución en zonas húmedas.
- Los equipos eléctricos no podrán fijarse a menos de $1,53\text{ m}$ sobre el piso para evitar que la electricidad estática produzca chispas.
- En los lugares donde se almacena anestésicos inflamables o desinfectantes inflamables se debe instalar piso conductivo.
- Los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos deben estar conectados al sistema de aislamiento, para protección del paciente.
- Los tableros o paneles de distribución de los sistemas normal y emergencia que alimenten la misma cama de paciente deben conectarse equipotencialmente entre sí mediante un conductor de cobre aislado de calibre no menor al 5.5 mm^2 (10 AWG).
- Los tomacorrientes que alimenten áreas de pacientes generales o críticos deben diseñarse para alimentar el máximo número de equipos que necesiten operar simultáneamente y deben derivarse desde al menos dos diferentes fuentes de energía o desde la fuente de energía de suplencia (planta de emergencia) mediante dos transferencias automáticas.
- En áreas psiquiátricas no debe haber tomacorrientes. Para protección contra electrocución en áreas pediátricas, los tomacorrientes de 125 V y 15 ó 20 A deben ser del tipo a prueba de abuso, o estar protegidos por una cubierta de este tipo. (No se aceptarán otros tomacorrientes o cubiertas en estas áreas).

- Todos los tomacorrientes del sistema de emergencia deben ser de color rojo y estar plenamente identificados con el número del circuito derivado y el nombre del tablero de distribución correspondiente. Todos los circuitos de la red de emergencia deben ser protegidos mecánicamente mediante canalización metálica no flexible.
- No se deben utilizar los interruptores automáticos, como control de encendido y apagado de la iluminación en un centro de atención hospitalaria.
- En áreas donde se utilicen duchas eléctricas, estas deben alimentarse mediante un circuito exclusivo, protegerse mediante interruptores de protección del circuito de falla a tierra y su conexión deberá ser a prueba de agua.
- Los conductores de los sistemas normal, de emergencia y aislado no puesto a tierra, no podrán compartir las mismas canalizaciones.
- Deberá proveerse el necesario número de salidas eléctricas de iluminación que garanticen el acceso seguro tanto a los pacientes, equipos y suministros como a las salidas correspondientes de cada área. Deben proveerse unidades de iluminación de emergencia por baterías donde sea conveniente para la seguridad de las personas y donde su instalación no cause riesgos. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

2.2.2.8. Cables Eléctricos

Un cable eléctrico es un elemento fabricado y pensado para conducir electricidad. El material principal con el que están fabricados es con cobre (por su alto grado de conductividad) aunque también se utiliza el aluminio que, aunque su grado de conductividad es menor también resulta más económico que el cobre. (MasVoltaje, 2016)

a. Tipos de conductores eléctricos

1. Conductor de alambre desnudo:

Es un solo alambre en estado sólido, no es flexible y no tiene recubrimiento como se ve en la Figura 1, un ejemplo de uso este tipo de conductores es la utilización para la conexión a tierra en conjunto con las picas de tierra. (MasVoltaje, 2016)

Figura 1. Conductor de cable desnudo

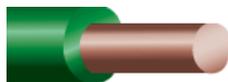


Fuente: MasVoltaje

2. Conductor de alambre aislado

Es exactamente lo mismo que el conductor de alambre desnudo con tan solo una diferencia, en este caso el conductor va recubierto de una capa de aislante de material plástico, ver Figura 2, para que el conductor no entre en contacto con ningún otro elemento como otros conductores, personas u objetos metálicos. El alambre aislado se utiliza mucho más que el cobre desnudo tanto en viviendas como oficinas. (MasVoltaje, 2016)

Figura 2. Conductor de alambre aislado



Fuente: MasVoltaje

3. Conductor de cable flexible

El cable eléctrico flexible es el más comercializado y el más aplicado, está compuesto por multitud de finos alambres recubiertos por materia plástica, como muestra la Figura 3. Son tan flexibles porque al ser muchos alambres finos en vez de un alambre conductor gordo se consigue que se puedan doblar con facilidad, son muy maleables. (MasVoltaje, 2016)

Figura 3. Conductor de cable flexible



Fuente: MasVolatej

b. Tipos de aislamiento

Recordamos que casi todos los cables tienen una capa de recubrimiento o aislamiento para prevenir que entren en contacto unos con otros y provoquen un cortocircuito.

Se puede identificar el tipo de aislamiento que tiene un cable en las inscripciones que aparecen sobre él, son abreviaciones del inglés. Los cables que se utilizan para instalaciones en viviendas y oficinas son: THN, THW, THHW y THWN. El significado de estas abreviaturas es el siguiente: (MasVoltaje, 2016)

- **T (Thermoplastic):** Aislamiento termoplástico (este lo tienen todos los cables).
- **H (Heat resistant):** Resistente al calor hasta 75° centígrados (167° F).
- **HH (Heat resistant):** Resistente al calor hasta 90° centígrados (194° F).
- **W (Water resistant):** Resistente al agua y a la humedad.
- **LS (Low smoke):** Este cable tiene baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes.
- **SPT (Service parallel thermoplastic):** Esta nomenclatura se usa para identificar un cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que están unidos entre sí. También se denomina cordón dúplex.

c. Medidas de los cables eléctricos

Las medidas de los cables y alambres eléctricos se suelen categorizar en calibres si se habla del sistema AWG (American Wire Gauge), sin embargo, es más común conocerlos dependiendo del diámetro del cable en el sistema métrico decimal y categorizarlos en

milímetros cuadrados dependiendo del diámetro de la sección. La Tabla N° 12 también es muy útil para saber las equivalencias de calibre en milímetros. (MasVoltaje, 2016)

Tabla N° 12. Características de los cables eléctricos

Sección Nominal	Resistencia Conductor (Ω/km)		Reactancia Inductiva Ω/km a 60 Hz	Capacidad de Corriente (Amp)	
	c. c. a 20°C	c. a. a 80°C		Aire Libre 30°C	Enterrado Temp=20°C 100°C-cm/W
2.5	7.41	9.16	0.182	31	43
4	4.61	5.73	0.173	41	56
6	3.08	3.83	0.164	52	70
10	1.83	2.27	0.152	71	94
16	1.15	1.43	0.143	94	121
25	0.727	0.903	0.138	126	156
35	0.524	0.651	0.132	156	187
50	0.387	0.481	0.128	192	222
70	0.268	0.334	0.124	241	272
95	0.193	0.241	0.122	300	325
120	0.153	0.192	0.119	349	370
150	0.124	0.156	0.119	402	415
185	0.0991	0.126	0.118	464	467
240	0.0754	0.097	0.117	553	540
300	0.0601	0.079	0.116	636	606
400	0.0470	0.064	0.114	742	686
500	0.0366	0.053	0.113	851	768

Fuente: www.ceper.com.pe

d. Resistencia de amperaje de cables

En la Tabla N° 13 se muestra la resistencia que tienen los cables de cobre a amperajes en diversas temperaturas. Teniendo en cuenta la medida del cable.

Tabla N° 13. Amperaje que soportan los cables de cobre

AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES DE COBRE					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida/calibre del cable	Amperaje soportado			Medida/calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG	10 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG	13 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG	18 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	12 AWG	25 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Fuente: Mas Voltaje

2.2.2.9. Transformador de Aislamiento

El transformador de aislamiento desempeña un papel fundamental en el funcionamiento del tablero de aislamiento porque protegen las personas y equipos. Un transformador es un dispositivo que transfiere energía eléctrica de un dispositivo a otro. Estos transformadores de aislamiento son de relación 1:1 aislados, es decir, con igual número de espirales en el primario y en el secundario. Al estar los dos circuitos separados permite proteger contra indirectos por separación de circuitos. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

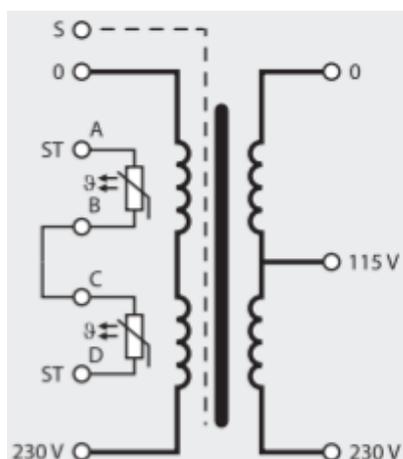
a. Ventajas del transformador de aislamiento

- Los transformadores de aislamiento son esenciales en la protección contra los peligros de choques eléctricos.
- Estos equipos sirven para mantener una alta disponibilidad de suministro eléctrico.
- La corriente de pérdida en esta clase de transformadores es más baja.
- Pueden tener varias capas de aislamiento reforzado que da una mayor seguridad.

b. Transformador de aislamiento monofásico

El transformador de aislamiento monofásico lleva instalada una pantalla entre el bobinado primario secundario, que está conectada a un terminal aislado. Las escuadras de montajes están aisladas del núcleo del transformador, ver Figura 4. Los transformadores tienen una potencia nominal de 3,15 - 10KVA, tienen sensores de temperatura incorporada, cuentan con un bajo nivel de ruido, poseen una gran capacidad de carga. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

Figura 4. Transformador de aislamiento monofásico

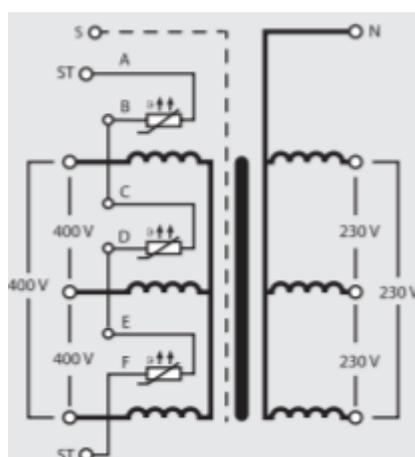


Fuente: Medical Electric

c. Transformador de aislamiento trifásico

El transformador de aislamiento trifásico lleva instalada una pantalla entre el bobinado primario y secundario, que está conectada a un terminal aislado. Las escuadras de montaje están aisladas del núcleo del transformador, ver Figura 5. Los transformadores de aislamiento trifásico cuentan con potencia nominal 3,15 - 10 KVA y sensores de temperatura incorporada. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

Figura 5. Transformador de aislamiento trifásico



Fuente: Medical Electric

d. Aplicaciones del transformador de aislamiento

Los transformadores de aislamiento son usados para la protección de las personas contra choques eléctricos y como fuente de energía constante para equipos sensibles, como; equipos de quirófanos, computadoras, equipos de laboratorio, entre muchos otros. Generalmente se usan esta clase de equipos con el fin de mantener la alta disponibilidad de energía de un equipo en caso de fallo de aislamiento. (MedicalElectric, Medical Electric, 2016)

2.2.2.10. UPS Ferrorresonante

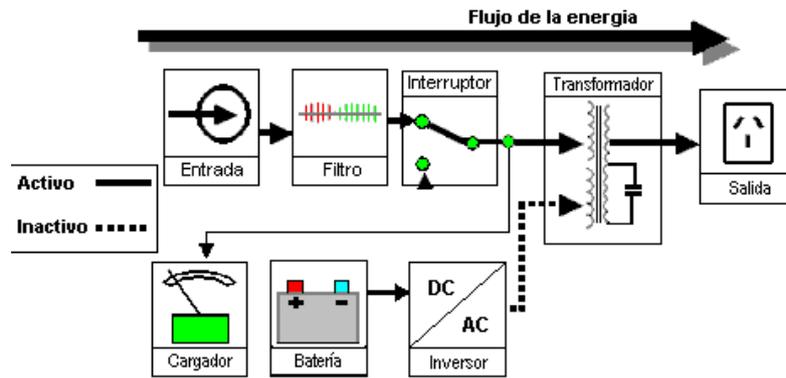
Las UPS del tipo Ferrorresonante utilizan un transformador especial a la salida, el cual está sintonizado a 50 o (dependiendo de la frecuencia de la red donde se encuentren instaladas). (Unicrom, 2016)

Este transformador con tres bobinados regula la tensión de salida, y puede ser visto como un estabilizador de tensión. Uno de los bobinados es utilizado para el *Inversor*. Cuando la energía de la línea falla, el relé de transferencia conmuta, el inversor arranca y alimenta a la carga. Como vemos el *Inversor* está en modo standby, y es energizado solo cuando la línea falla. El transformador, debido a sus especiales características, tiene la capacidad de almacenar energía, lo que hace que durante el período de transferencia no se manifieste un micro corte de energía tan importante como en la UPS Standby. (Unicrom, 2016)

La aislación del transformador también provee una alta atenuación de ruidos y picos transitorios, igual o mejor que cualquier otro filtro disponible, pero el transformador mismo puede crear severas distorsiones en la tensión de salida (fundamentalmente con cargas no lineales), que pueden llegar a ser peores que una mala conexión de línea. (Unicrom, 2016)

En la Figura 6, se muestra el diagrama en bloques de una UPS de éstas características, funcionando en Modo Normal.

Figura 6. UPS Ferrorresonante/Funcionamiento con red normal

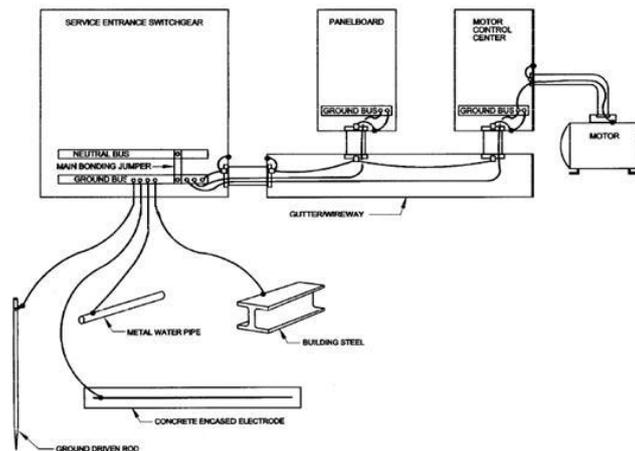


Fuente: Unicrom

2.2.2.11. Malla Equipotencial

La malla equipotencial es la unión permanente de las partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad de conducir de manera segura cualquier corriente que pueda ser impuesta, ver Figura 7. (Amores Sánchez, 2015)

Figura 7. Malla equipotencial



Fuente: Amores Sánchez

La unión equipotencial es esencial para asegurar la operación del dispositivo de protección contra sobrecorriente y evitar peligro de choque cuando ocurre una falla de un equipo eléctrico. Mediante la unión equipotencial de las partes metálicas exteriores (al sistema de conexión a tierra) con un conductor de suficiente baja impedancia y

dimensiones para llevar la corriente de falla y permita la operación de la protección contra sobrecorriente, una persona en contacto con el equipo que falla no está expuesta a tensiones peligrosas. (Amores Sánchez, 2015)

Muchos de los “problemas de conexión a tierra” de los equipos electrónicos que impiden su operación adecuada son “problemas de unión equipotencial”. Una vez más la pregunta clave es: “Es el suelo parte del circuito?” Disminuyendo la resistencia a tierra del sistema solo impacta en los problemas en los cuales el suelo es parte del circuito. (Amores Sánchez, 2015)

Para propósitos de conexión a tierra, la unión efectiva consiste de un conjunto de interconexiones y terminaciones de conductor de tierra que, juntos, formen una trayectoria de baja impedancia a todas las frecuencias de interés, para la circulación de la corriente a través de estos. Si se hace adecuadamente, este arreglo puede usarse para limitar exitosamente el desarrollo de potenciales indeseados entre los extremos de la conexión de unión. (Amores Sánchez, 2015)

El objetivo es que cada terminación (unión) sea tal que las propiedades eléctricas de la trayectoria total sean una función de todos los elementos conectados y no únicamente de las interconexiones. Recíprocamente, una unión pobre es frecuentemente la causa principal de muchas situaciones peligrosas y de producción de ruido, por ejemplo: de caídas de tensión inaceptables, de la generación de calor, de la operación intermitente, del ruido eléctrico y de altos valores de resistencia. Un conductor con un área de sección transversal grande es de poca utilidad si este termina en una conexión de unión pobre. (Amores Sánchez, 2015)

Debe destacarse que los comportamientos de la mayoría de las técnicas de conexión a tierra y de unión a baja y alta frecuencias de son muy diferentes. Su comportamiento a

alta frecuencia es de gran importancia para la mayoría de las aplicaciones que involucran equipos electrónicos, donde las corrientes típicas que se propagan a través del conductor de unión son los impulsos de rápida transición y corta duración de niveles bajo y alto. (Amores Sánchez, 2015)

Cabe señalar que la instalación de electrodos de tierra es la que sirve de interfaz a los demás subsistemas de tierra para proporcionarles la conexión principal con el suelo y, de este modo, asegurar que cumplan las funciones para las cuales fueron diseñadas. Las extensiones desde este hacia el interior del edificio constituyen las conexiones con los demás subsistemas. Sus objetivos son los siguientes (Amores Sánchez, 2015):

- Limitar las tensiones de paso y de contacto en las aéreas accesibles por los seres vivos a un valor por debajo de los niveles peligrosos tanto en situaciones de descargas de rayo como de falla eléctrica.
- Brindar una tierra para el drenaje de la corriente Del rayo de manera que proteja a la estructura y los seres vivos en su interior.
- Ayudar a la reducción de las interferencias electromagnéticas (EMI) debidas al campo electromagnético, la impedancia de tierra común u otras formas de acoplamiento en los circuitos de señal y control.

a. Configuraciones

Al pasar de los sistemas de telecomunicación analógicos a los complejos sistemas digitales se ha constado que las técnicas de puesta a tierra utilizadas anteriormente resultan inadecuadas en diversos aspectos, lo que ha reavivado el interés por las técnicas de unión equipotencial y de puesta a tierra, así como por sus repercusiones en la compatibilidad electromagnética (EMC, electromagnetic compatibility). Esto hace

necesario establecer las configuraciones dentro de los edificios de telecomunicaciones.

(Amores Sánchez, 2015)

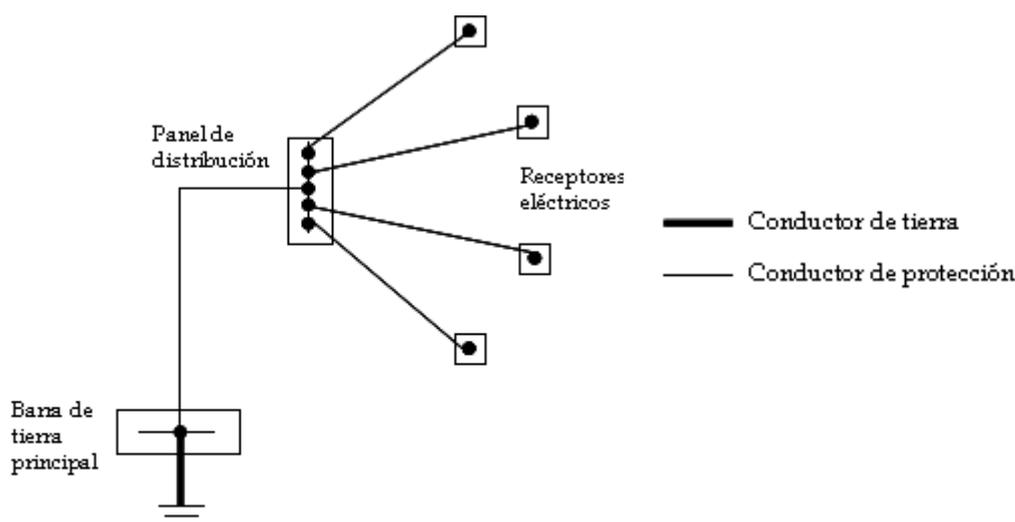
Para lograr la compatibilidad electromagnética se puede recurrir a la construcción de una red conductora de apantallamiento conectada a tierra, de carácter común. (Red de continuidad eléctrica común, o CBN). La CBN es la red de unión y puesta a tierra de un edificio, pero se puede ampliar por medio de estructuras de apantallamiento jerarquizadas, dotadas de conexiones específicas con la CBN. Las estructuras con un único punto de conexión se denominan, redes de unión aisladas (IBN). En un edificio de telecomunicaciones, la red de unión y puesta a tierra adopta la forma de una CBN, a la que se conectan los equipos mediante múltiples conexiones (red de unión en malla, o IBN en malla) o mediante una conexión monopunto (IBN). La elección de la configuración de unión eléctrica tiene una gran influencia en el logro de la EMC. Una configuración de unión bien definida permite una puesta a tierra clara y estructurada de los cables y facilita la inmunidad y el control de las radiaciones electromagnéticas, lo que resulta especialmente importante en los edificios que contienen equipos nuevos y otros más antiguos. En su función de blindaje, la red unión y puesta a tierra garantiza la seguridad del personal y la protección contra el rayo, y ayuda a controlar las descargas electrostáticas. (Amores Sánchez, 2015)

1. IBN en estrella:

Este tipo de red, mostrada en la Figura 8, se usa cuando los sistemas internos están localizados en zonas relativamente pequeñas y todas las líneas entran a la zona en un solo punto, como sucede en las viviendas, en los pequeños edificios comerciales, etc., y de manera general, cuando los equipos que no están interconectados por cables de señal.

(Amores Sánchez, 2015)

Figura 8. Conductores de protección estrella



Fuente: Amores Sánchez

Las componentes metálicas (ej.: gabinetes, carcasas, bastidores) de los sistemas internos se aíslan del sistema de puesta a tierra y se conectan a esta sólo mediante una única barra de unión que actúa como punto de referencia de tierra. Todas las líneas entre equipos individuales corren en paralelo con los conductores de unión siguiendo la configuración en estrella para evitar lazos de inducción. (Amores Sánchez, 2015)

2. IBN en malla.

Este tipo de red se prefiere cuando los sistemas internos se extienden sobre grandes áreas o toda la estructura, donde corren muchas líneas entre partes individuales de equipos y donde las líneas entran a la estructura por diferentes puntos. (Amores Sánchez, 2015)

Es un tipo de IBN donde los componentes (ej.: gabinetes, carcasas, bastidores) de los sistemas internos no están aislados del sistema de puesta a tierra, sino que están integrados a este mediante múltiples puntos de unión. (Amores Sánchez, 2015)

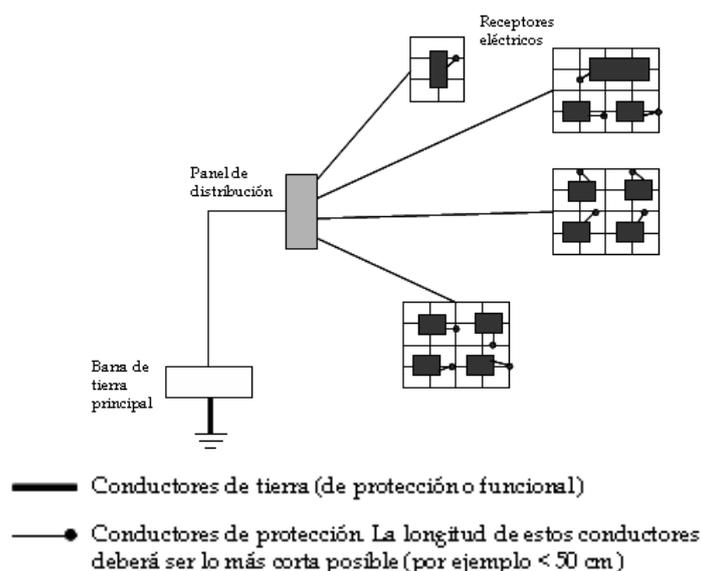
Se consigue, por ejemplo, mediante varias interconexiones entre las hileras de armarios o la conexión de todos los armazones de equipo a una rejilla metálica tendida

por debajo de los equipos. Esta rejilla, como es natural, está aislada de la CBN adyacente y de ser necesario puede tener prolongaciones verticales, con lo que se asemejaría a una jaula de Faraday. Las dimensiones de la retícula se eligen en función de la gama de frecuencias del entorno electromagnético. En sistemas complejos, pueden utilizarse combinaciones de las configuraciones anteriores para aprovechar las ventajas de las mismas. (Amores Sánchez, 2015)

3. Red en estrella uniendo múltiples mallas

Este tipo de red es aplicable pequeñas instalaciones con diferentes grupos pequeños de equipos de comunicaciones interconectados, como se ve en la Figura 9. Esta permite la dispersión local de las corrientes originadas por la interferencia electromagnética.

Figura 9. Red en estrella uniendo múltiples mallas



Fuente: Amores Sánchez

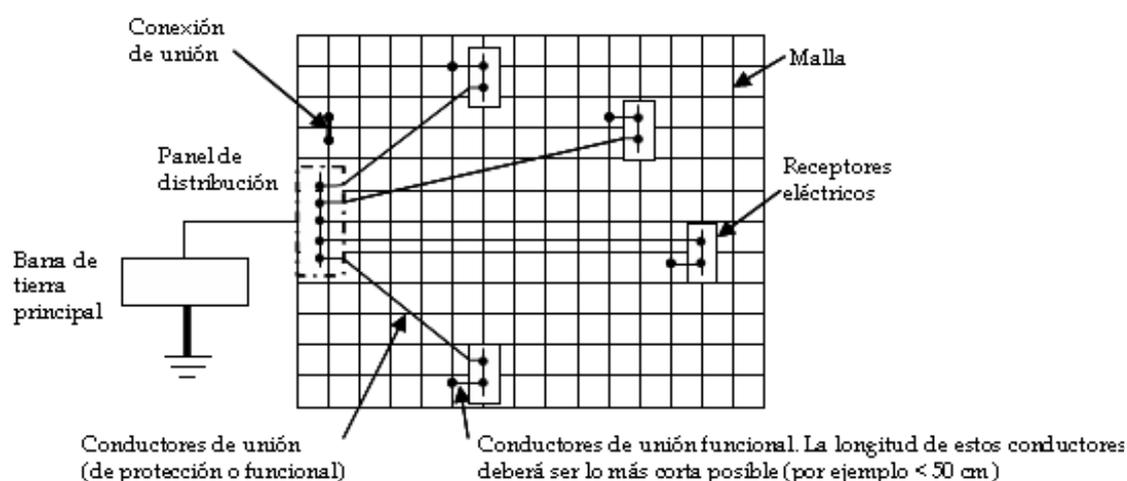
4. Red en estrella uniendo una malla común

Las componentes metálicas de los equipos electrónicos no se aíslan del sistema de puesta a tierra, sino que se integran a éste mediante múltiples puntos de unión. Este tipo de red se recomienda cuando las instalaciones presentan alta densidad de equipos

electrónicos para aplicaciones críticas, cuando los equipos están distribuidos en zonas relativamente amplias o en la estructura completa, cuando corren muchas líneas entre las piezas individuales de los equipos, las líneas entran a la estructura en diversos puntos y en ambientes electromagnéticos severos. (Amores Sánchez, 2015)

Las dimensiones de la malla se adaptarán a las dimensiones de la edificación a proteger, pero no se excederán de 2 x 2 m en áreas donde estén instalados equipos sensibles a las interferencias electromagnéticas, ver Figura 10. En algunos casos, puede cerrarse la retícula de esta malla para cumplir con requerimientos específicos. (Amores Sánchez, 2015)

Figura 10. Red en estrella uniendo una mallada común



Fuente: Amores Sánchez

5. Componentes y dimensiones.

En la Tabla N° 14 se muestran los materiales y dimensiones necesarias para el armado de una malla equipotencial.

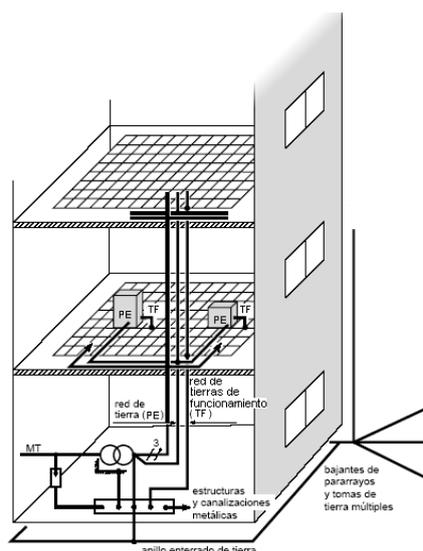
Tabla N° 14. Materiales y dimensiones de unión equipotencial

Componente de Unión		Material	Sección Transversal (mm ²)
Barras de unión (cobre o acero galvanizado)		Cu, Fe	50
Conductores de conexión desde las barras de unión hasta la instalación de puesta a tierra o hasta otras barras de unión		Cu	14
		Al	22
		Fe	50
Conductores de conexión desde las canalizaciones metálicas internas hasta las barras de unión		Cu	5
		Al	8
		Fe	16
Conductores de unión de los SPDs	Clase I	Cu	5
	Clase II		3
	Clase III		1
NOTA: Si se usa otro material debe tener una sección transversal que garantice una Resistencia equivalente.			

Fuente: Amores Sánchez

b. Sistema ideal de puesta a tierra y unión equipotencial

Figura 11. Ejemplo de sistema de puesta a tierra y unión equipotencial



Fuente: Amores Sánchez

El esquema de la Figura 11. Ejemplo de sistema de puesta a tierra y unión equipotencial representa un sistema modelo por las siguientes razones:

- Las perturbaciones externas afectan de modo mínimo al equipamiento contenido en el edificio, porque:
 - Existen muchos conductores de bajadas del LPSEXT y múltiples conexiones a tierra.
 - Los diferentes conductores de tierra están conectados a una única instalación de puesta a tierra.
- El conductor de tierra de protección PE (independientemente del esquema de conexión a tierra) no afecta a las tierras de funcionamiento electrónicas, porque:
 - No existe acoplamiento por impedancia común (la red de tierra de protección está separada de la red de tierra de funcionamiento). En la práctica esto se hace en la distribución (a nivel de cada piso) pero no es obligatorio para la columna de montantes,
 - Existe un campo radiado bajo si el PE forma parte del mismo cable que los conductores activos, el cable está dentro de una canalización metálica eléctricamente continua y conectado en el origen de la instalación.
- Todos los cables de telecomunicaciones van en una bandeja mallada (para reducir las interferencias) a una distancia de los circuitos eléctricos ≥ 30 cm para evitar los efectos de acoplamiento magnético. Un conductor de tierra acompañante puede sustituir a dicha bandeja o completar su efecto para minimizar los efectos de eventuales bucles en alta frecuencia.

Las conexiones de telecomunicaciones entre pisos circulan por una canalización metálica que asegura la conexión de las tierras de funcionamiento. (Amores Sánchez, 2015)

Las redes de tierra de protección y de funcionamiento podrán constituir una sola y única red si se dan dos condiciones esenciales:

- Ausencia de perturbaciones alta frecuencia de grandes dV/dt y dI/dt .
- Que las corrientes de falla en el conductor PE o el PEN sean pequeñas y sin distorsión armónica.

Ciertos especialistas de la EMC indican que, aunque no se cumplan completamente estas condiciones, las redes de masas y tierra pueden estar íntimamente conectadas, con la condición de que las planchas, las estructuras, los conductos de cables estén muy mallados (búsqueda de la equipotencialidad total por división de corrientes y minimización de bucles). (Amores Sánchez, 2015)

Esta solución, difícil de realizar a nivel de grandes obras (interconexión de las armazones metálicas y de todos los herrajes), puede convenir para edificios muy especializados tales como centros informáticos y centrales telefónicas. (Amores Sánchez, 2015)

2.2.2.12. **Pararrayos**

Un pararrayos es un instrumento cuyo objetivo es atraer un rayo ionizado del aire para conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las personas o construcciones. Fue inventado en 1753 por Benjamín Franklin. El primer modelo se conoce como «pararrayos Franklin», en homenaje a su inventor. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

a. Estructura y funcionamiento

Las instalaciones de pararrayos consisten en un mástil metálico (acero inoxidable, aluminio, cobre o acero) con un cabezal captador. El cabezal tiene muchas formas en función de su primer funcionamiento: puede ser en punta, multipuntas, semiesférico o esférico y debe sobresalir por encima de las partes más altas del edificio para evitar que

una gran cantidad de carga eléctrica provoque daños, como incendios o incluso la muerte de animales o personas. El cabezal está unido a una toma de tierra eléctrica por medio de un cable de cobre conductor. La toma de tierra se construye mediante picas de metal que hacen las funciones de electrodos en el terreno o mediante placas de metal conductoras también enterradas. En principio, un pararrayos protege una zona teórica de forma cónica con el vértice en el cabezal; el radio de la zona de protección depende del ángulo de apertura de cono, y éste a su vez depende de cada tipo de protección. Las instalaciones de pararrayos se regulan en cada país por guías de recomendación o normas. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

El objetivo principal de estos sistemas es reducir los daños que puede provocar la caída de un rayo sobre otros elementos. Muchos instrumentos son vulnerables a las descargas eléctricas, sobre todo en el sector de las telecomunicaciones, electromecánicas, automatización de procesos y servicios, cuando hay una tormenta con actividad eléctrica de rayos. Casi todos los equipos electrónicos incluyen componentes sensibles a las perturbaciones electromagnéticas y variaciones bruscas de la corriente. La fuente más importante de radiación electromagnética es la descarga del rayo en un elemento metálico o, en su caso, en un pararrayos. Las instalaciones de pararrayos generan pulsos electromagnéticos de gran potencia cuando funcionan. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

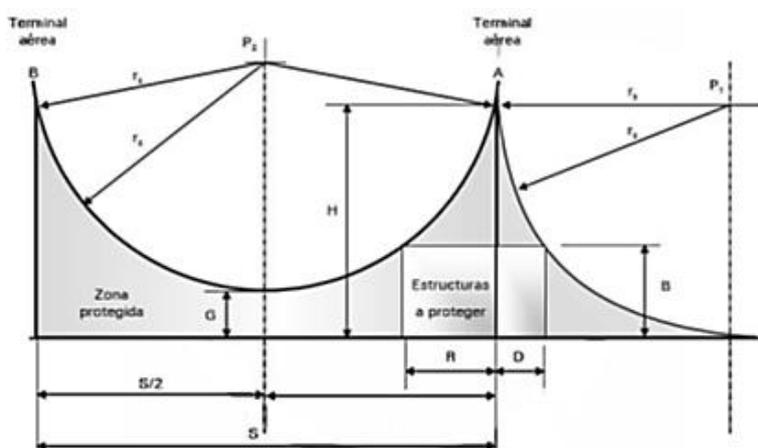
b. Comparación entre puntas de pararrayos

1. Punta Faraday

La punta Faraday basa su funcionamiento en la física del rayo, esto quiere decir punto de incidencia del rayo sobre la tierra o sobre alguna estructura es aquel que haya lanzado el líder ascendente que finalmente haga conexión con el líder escalonado descendente. La principal hipótesis de este método de protección es que la cantidad de carga espacial

contenida en el líder escalonado descendente, la cual precede a la descarga eléctrica, está íntimamente relacionada con la amplitud de la corriente del rayo, por lo que el último paso de la descarga depende del valor pico de la corriente del rayo. Debido a que el líder escalonado descendente puede aproximarse desde cualquier dirección hacia el objeto a ser golpeado, el ángulo de aproximación puede simularse por medio de una esfera imaginaria alrededor y sobre este mismo. Si la esfera toca el volumen a protegerse, entonces dicho volumen necesita protección. En caso contrario, el volumen estará protegido. El radio de la esfera rodante debe ser equivalente a la longitud del último paso de la descarga para un valor pico de corriente del rayo, como se muestra en la Figura 12. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

Figura 12. Zona de protección del método de la esfera rodante



Fuente: Wikipedia

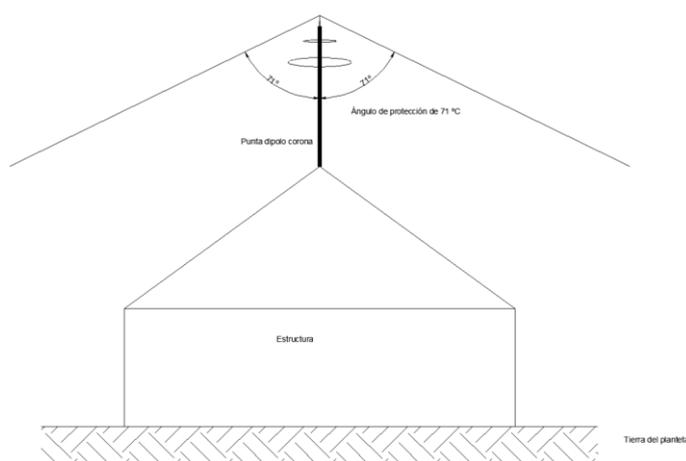
Por su característica volumétrica, el método de la esfera rodante puede aplicarse sin restricciones sobre cualquier estructura o sobre terminales aéreas utilizadas en la protección contra tormentas eléctricas. El diseñador debe verificar la correcta aplicación del método al “rodar” la esfera imaginaria correspondiente al nivel de protección deseado sobre tierra, alrededor y por encima de la instalación a protegerse o cualquier otro objeto en contacto con tierra capaz de actuar como un punto conductor de la corriente de rayo,

teniendo especial cuidado de que la esfera imaginaria debe rodarse hacia la estructura a proteger e instalar una terminal aérea en el primer punto de contacto con la estructura. (Gómez Marcial, 2012)

2. Punta dipolo corona

Su principio de funcionamiento se basa en la transferencia de la carga electrostática antes de la formación del rayo eliminando el fenómeno de ionización o efecto corona (cuando la intensidad de campo eléctrico es particularmente elevada, en el espacio circunvecino a la punta se presenta la ionización del aire de manera muy intensa, caracterizada por una luminiscencia violeta, a este fenómeno se le llama efecto corona). El cuerpo del pararrayos está construido por dos discos de aluminio separados por un aislante dieléctrico todo ello soportado por un pequeño mástil también de aluminio. Su forma es circular y el sistema está conectado en serie con la propia toma de tierra para transferir la carga electrostática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo, como se muestra en la Figura 13. (Gómez Marcial, 2012)

Figura 13. Radio de protección del dipolo corona

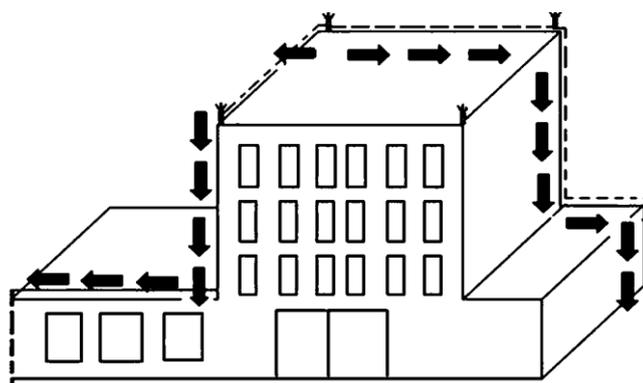


Fuente: Gómez Marcial

3. Punta de pararrayos tipo tripolar

Este sistema de puntas múltiples tiene la ventaja de dividir la corriente que contiene el rayo que generalmente se aparece en forma brusca, disipándose sin peligro alguno hacia el electrodo de puesta a tierra. Además, al contar con esta división de descarga, se puede evitar cualquier chispazo de corriente lateral a la construcción o inmueble, ver Figura 14. (Gómez Marcial, 2012)

Figura 14. Distribución de corriente de descarga



Fuente: Gómez Marcial

2.2.2.13. Resistividad del Terreno

La resistividad en otras palabras, es la propiedad que tiene el terreno de oponerse al paso de la corriente eléctrica y está determinada por las características del mismo suelo. La resistividad se mide en ohms-kilómetro u ohms-metro, etc. Existen dos formas para determinar el valor de la resistividad: una empírica mediante tabulación y conocimiento del terreno y la otra efectuando la medición directamente en el terreno. Los valores obtenidos en la medición del terreno tienen un doble propósito adicional a la relación con el sistema de puesta a tierra. (Gómez Marcial, 2012)

➤ Este tipo de datos es usado para realizar reconocimientos geofísicos debajo de la superficie como ayuda para identificar zonas de mineral, profundidades de roca y otros fenómenos geológicos.

➤ La resistividad posee un impacto directo sobre el grado de corrosión en tuberías bajo tierra. Una baja resistividad tiene relación con un aumento en actividad corrosiva y así dicta el tratamiento a utilizar.

La resistividad es un factor determinante en el valor de resistencia a tierra que pueda tener un electrodo enterrado, puede determinar la profundidad a la cual debe ser enterrado el mismo para obtener un valor de resistencia bajo. (Gómez Marcial, 2012)

El valor de la resistividad puede ser muy diferente de un lugar a otro y se afectará de acuerdo con la época del año en función de los siguientes parámetros:

➤ Sales solubles. A valores pequeños menores al 1% de estas sales, la resistividad es muy grande.

➤ Composición propia del terreno. Se refiere al tipo de terreno, ya que no es lo mismo tener un terreno con limo que tenerlo con tepetate.

➤ Estratigrafía. Este término relaciona las diferentes capas de la tierra.

➤ Granulometría. Este parámetro influye bastante sobre la porosidad y el poder retenedor de humedad y sobre la calidad del contacto con los electrodos aumentando la resistividad con el mayor tamaño de los granos de la tierra.

➤ Estado higrométrico. Depende del contenido de agua, humedad y el clima.

➤ Temperatura. Si desciende la temperatura la resistividad aumenta.

➤ Compactación. Este término es inversamente proporcional a la resistividad.

a. Medición de la resistividad del terreno

Los estudios de la medición de la resistividad del suelo son requeridos para poder llevar a cabo un adecuado y funcional proyecto del sistema de puesta a tierra. En su medición, se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes, obteniéndose lo que se denomina "resistividad aparente" que, para el interés de este trabajo, será conocida simplemente como "resistividad del terreno". Para determinar la resistividad eléctrica del suelo es conveniente hacer mediciones con métodos y aparatos aprobados para estos fines; por ejemplo, los medidores de resistencia o también llamados terrohmetros. En la Figura 15 se muestra el equipo utilizado en un estudio de resistividad del terreno. (Gómez Marcial, 2012)

Figura 15. Equipo utilizado en el estudio de la resistividad del terreno



Fuente: Gómez Marcial

El método consiste en enterrar los cuatro electrodos en el suelo a una cierta profundidad y espaciarlos (en línea recta) a la misma distancia uno del otro. A continuación, se hace circular una corriente de prueba entre los dos electrodos ubicados en los extremos y el potencial entre los dos electrodos internos se mide con un potenciómetro o voltímetro de alta impedancia. (Gómez Marcial, 2012)

Posteriormente es recomendable que la superficie destinada para la tienda y de la subestación eléctrica se divida en diferentes áreas (tres es recomendable) de trabajo en donde se procede a distribuir y ubicar en ellas varias líneas de medición. Por último, y ya con nuestras líneas de medición ubicadas en sus lugares respectivos, se procede a llevar a cabo la toma de lecturas de resistencia en cada uno de los puntos de los que se constituyó cada línea. (Gómez Marcial, 2012)

En muchas ocasiones se utilizan solo como referencia valores generales de resistividades de terreno promedio, esto es valores realizados por estudios previos, pero que no son únicos. En la Tabla N° 15 se muestran algunos de ellos.

Tabla N° 15. Resistividad general de tipos de terreno

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM METRO
-Terreno pantanoso	Hasta 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas de jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Caliza blanda	100 a 300
Caliza compacta	1000 a 5000
Caliza agrietada	500 a 1000
Pizarra	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granito y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granito y gres muy alterados	100 a 600

Fuente: Gómez Marcial

La tierra representa generalmente un mal conductor (gran contenido de óxido de silicio y óxido de aluminio que son altamente resistivos) pero gracias al amplio volumen

disponible, se puede lograr a través de ella los niveles conductivos necesarios para su utilización auxiliar. (Gómez Marcial, 2012)

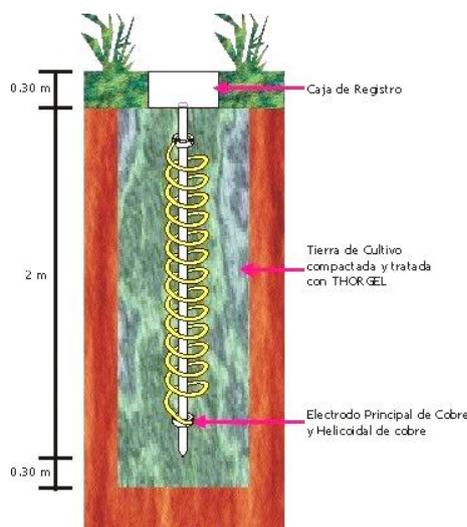
Factores que determinan la resistividad de los suelos.

- Naturaleza de los suelos.
- La humedad.
- La temperatura del terreno.
- La concentración de sales disueltas.
- La compactación del terreno.
- La estratificación del terreno

2.2.2.14. Pozos A Tierra

Los Pozos a Tierra son instalaciones eléctricas que se utilizan en el suelo para dispersar diferentes tipos de corrientes. Constan de un pozo tubular que luego es relleno por un electrodo tierra de cultivo y minerales que hacen del pozo un conductor con poca resistencia, esto se hace para que los equipos en caso de experimentar algún tipo de inconveniente en su sistema de alimentación, derive directamente al pozo y así el equipo es protegido contra esos defectos. Como se ve en la Figura 16 (CasaGrande, 2013)

Figura 16. Pozo a tierra con bobina



Fuente: CasaGrande

Utilidad del pozo a tierra.

- Garantiza la integridad física de aquellos que operan con equipos eléctricos.
- Evitar voltajes peligrosos entre estructuras, equipos y el terreno durante fallas o en condiciones normales operación.
- Dispersar las pequeñas corrientes provenientes de los equipos electrónicos.
- Dispersar a tierra las corrientes de falla y las provenientes de sobretensiones ocasionadas por rayos, descargas en líneas o contactos no intencionales con la estructura metálica de un equipo eléctrico.

a. MEJORAMIENTO DE SUELOS

En muchas ocasiones no basta con instalar solamente electrodos en el terreno con tierra de cultivo, ya que con esto se tendría que instalar varios electrodos a tierra para bajar la resistencia. Para evitar esto se opta por el mejoramiento de suelos, el cual consiste en aditivos químicos para mejorar la conductividad del terreno hasta en un 97%, entre estos aditivos se tiene:

1. THOR-GEL.

El THOR-GEL es un compuesto de naturaleza compleja que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus 2 componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal y forma una malla tridimensional de iones positivos y negativos, cuyos espacios vacíos pueden ser atravesados por ciertas moléculas, pero no por otras. (PARA-RAYOS, 2014)

Esto lo convierte en una membrana semipermeable, que facilita el movimiento de ciertos iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u otro sentido. De este modo, este sería un verdadero conductor eléctrico. El propósito del tratamiento químico de las puestas a tierra es el de asegurar en todo momento, una baja resistencia al paso de cualquier corriente de falla, sin corroer los electrodos y demás elementos del sistema. (PARA-RAYOS, 2014)

- ***Rendimiento de una dosis de THOR-GEL***

La aplicación del THOR-GEL es de 1 a 3 dosis por m^3 según sea la resistividad natural del terreno y la resistencia final deseada. Un estudio de la resistividad del terreno asegura un resultado óptimo de reducción de resistencia, si este no está a su alcance puede guiarse por la Tabla N° 16.

Tabla N° 16. Aplicación del THOR-GEL en pozos verticales

Naturaleza del Terreno	Resistividad ($\Omega - m$)	Dosis THOR-GEL por m^2
Terrenos cultivables y fértiles	50	1
Terraplenes compactos y húmedos	50	1
Terrenos cultivables poco fértiles Terraplenes fofos	500	De 1 a 2
Suelos pedregosos desnudos, arena seca permeable	3000	2
Suelos rocosos fraccionados	6000	De 2 a 3
Suelos rocosos compactos	14000	3

Fuente: Para-Rayos

Además, aplicando THOR-GEL se tiene que: 1 dosis por m^3 da una reducción de 80%, 2 dosis por m^3 de una reducción de 85%, 3 dosis por m^3 da una reducción de 90%.

b. *Cemento Conductivo*

El cemento conductivo se distingue del típico cemento por tener entre su composición ciertos aditivos que incrementan en gran proporción su conductividad eléctrica. Además que reduce la resistencia de la varilla hasta en un 40%. (Inga Zapata, 2017)

1. **Aplicación del cemento conductivo.**

Su aplicación en el diseño de puesta a tierra es muy fácil. Los conductores con Cemento Conductivo son instalados en una zanja en torno a un conductor tirado a lo largo de la zanja horizontal. Cuando es rellenada con el Cemento Conductivo absorbe la humedad del suelo circundante y se endurece para convertirse en un conductor sólido, la superficie del electrodo aumenta considerablemente, la resistencia a tierra se reduce sustancialmente y la impedancia se reduce significativamente. (Inga Zapata, 2017)

2. **Propiedades eléctricas**

Debido a su naturaleza única, el cemento conductivo tiene la habilidad de conducir electricidad en forma mucho más eficiente que el cemento regular, la conducción ocurre tanto por medios electrolíticos como iónicos. Asimismo, muestra también propiedades capacitivas, las cuales reducen dramáticamente la impedancia y mejora el comportamiento de los sistemas de tierras físicas sometidos a condiciones de altas descargas. (Inga Zapata, 2017)

3. **Propiedades capacitivas**

La mezcla que lo constituye le proporciona una naturaleza capacitiva, el material tiene la habilidad de almacenar y liberar energía en la misma forma que un capacitor almacenará energía hasta que sea disipada en calor o se le permita liberar dicha energía

dentro de un circuito eléctrico. El cemento conductivo absorbe rápidamente altas cantidades de energía eléctrica evitando un aumento en el potencial del sistema de puesta a tierras para el caso, por ejemplo, de un evento atmosférico. (Inga Zapata, 2017)

4. Resistencia a la corrosión electrolítica

Mediante experimentos desarrollados se verificó que un conductor de cobre embebido soporta mucho más la corrosión que un conductor desnudo. Se probaron dos láminas de cobre desnudo, el primero normal y el segundo con cemento conductivo. Ambos conductores fueron probados bajo compresión y condiciones de hidratación por el terreno natural. Los resultados de la prueba demostraron que sin la presencia del cemento conductivo un electrodo se corroe más rápido. El material reduce la corrosión electrolítica en un 86% comparándolo con un conductor desnudo de cobre. (Inga Zapata, 2017)

5. Cantidad de cemento conductivo necesario

La Cantidad estimada de sacos de cemento conductivo para rellenar el hueco alrededor de los electrodos del sistema de tierra a una densidad 1.018 Kg/cm^3 , con un peso por saco de 11.36 Kg , se muestra en la Tabla N° 17.

Tabla N° 17. Cantidad estimada de sacos de cemento conductivo

Diámetro del agujero (cm)	Profundidad del agujero (m)						
	1.8 m	2.1 m	2.4 m	2.8 m	5.2 m	5.8 m	6.1 m
7.5	2	2	2	2	4	4	4
10.0	2	3	3	3	6	7	7
12.7	3	4	4	5	9	10	10
15.2	5	5	6	7	13	14	15
17.8	6	7	8	9	17	19	20
20.3	8	9	11	12	22	25	26
22.9	10	12	13	15	28	31	32
25.4	12	14	16	18	34	38	40

Fuente: Recuperado de <http://www.eecol.com.pe/pdfs/CEMENTO%20CONDUCTIVO.pdf>

c. ***Cloruro de Sodio***

El cloruro de sodio es uno de los minerales más conductivos que existen en la naturaleza, al aplicarlo a pozos a tierra en forma de preparación al terminar la excavación del pozo, esto mejora la conductividad. Además reduce la resistencia de la varilla de cobre hasta en un 50%. La preparación se puede dar de dos formas: 1. mezclar el cloruro de sodio con una determinada cantidad de agua y vertiéndola sobre el pozo, 2. echando directamente la sal al pozo. (Osinergmin, 2014)

2.2.2.15. **Problemas de Suministro Eléctrico**

Muchos de los misterios de las fallas de los equipos, el tiempo de inactividad, el daño de software y de los datos, son resultado de una fuente de alimentación problemática. También existe un problema común para describir de forma estándar los problemas en el suministro eléctrico. Este informe interno describirá los tipos más comunes de perturbaciones energéticas, qué las provoca, qué pueden hacer a sus equipos de misión crítica y cómo proteger sus equipos, utilizando los estándares del IEEE para describir problemas de calidad del suministro. (Seymour & Terry, 2015)

La tecnología inteligente exige un suministro libre de interrupciones o perturbaciones. Las consecuencias de los incidentes en el suministro a gran escala están bien documentadas. Un estudio reciente en los Estados Unidos ha demostrado que las firmas industriales y comerciales digitales están perdiendo 45.700 millones de dólares por año a consecuencia de interrupciones en el suministro. En todos los sectores comerciales, se calcula que se pierden entre 104.000 a 164.000 millones de dólares a consecuencia de las interrupciones, y otros 15.000 a 24.000 millones de dólares a consecuencia de otros problemas de calidad del suministro. En los procesos industriales automatizados, líneas enteras de producción pueden descontrolarse, creando situaciones riesgosas para el

personal de planta y costoso desperdicio de materiales. La pérdida de procesamiento en una gran corporación financiera puede costar miles de dólares irre recuperables por minuto de tiempo de inactividad, así como muchas horas posteriores de tiempo de recuperación. El daño de programas y datos causado por una interrupción en el suministro puede provocar problemas en las operaciones de recuperación de software que puede llevar semanas resolver. (Seymour & Terry, 2015)

Muchos problemas en el suministro se originan en la red de suministro eléctrico comercial, que, con sus miles de millas de líneas de transmisión, está sometida a condiciones climáticas como huracanes, tormentas con rayos, nieve, hielo e inundaciones, junto con fallas de los equipos, accidentes de tráfico y grandes operaciones de conexión. Asimismo, los problemas en el suministro que afectan a los equipos tecnológicos actuales frecuentemente se generan en forma local dentro de una instalación a partir de diversas situaciones, como construcción local, grandes cargas de arranque, componentes defectuosos de distribución e incluso el típico ruido eléctrico de fondo. (Seymour & Terry, 2015)

Las perturbaciones en la calidad del suministro definidas por el estándar del IEEE e incluidas en este informe han sido organizadas en siete categorías, según la forma de la onda:

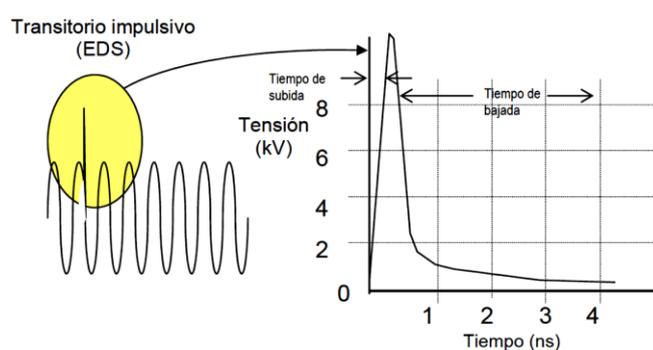
1. Transitorios

Los transitorios, que son potencialmente el tipo de perturbación energética más perjudicial, se dividen en dos subcategorías:

a) Impulsivos (picos)

Los Picos de voltaje son eventos repentinos de cresta alta que elevan la tensión y/o los niveles de corriente en dirección positiva o negativa, ver Figura 17. Estos tipos de eventos pueden clasificarse más detenidamente por la velocidad a la que ocurren (rápida, media y lenta). Los transitorios impulsivos pueden ser eventos muy rápidos (5 nanosegundos [ns] de tiempo de ascenso desde estado estable hasta la cresta del impulso) de una duración breve (menos de 50 ns). (Seymour & Terry, 2015)

Figura 17. Pico de voltaje positivo

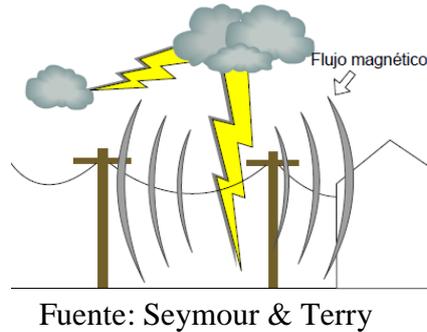


Fuente: Seymour & Terry

El transitorio impulsivo es a lo que se refiere la mayoría de la gente cuando dice que ha ocurrido una sobretensión prolongada o transitoria. Se han utilizado muchos términos diferentes, como caída de tensión, imperfección técnica, sobretensión breve o prolongada, para descubrir transitorios impulsivos. (Seymour & Terry, 2015)

Las causas de los transitorios impulsivos incluyen rayos, puesta a tierra deficiente encendido de cargas inductivas, liberación de fallas de la red eléctrica y descarga electrostática, los resultados pueden ir desde la pérdida (o daño) de datos, hasta el daño físico de los equipos, de todas estas causas, el rayo es probablemente el más perjudicial. El campo magnéticos creado por la caída de un rayo se muestra en la Figura 18 (Seymour & Terry, 2015)

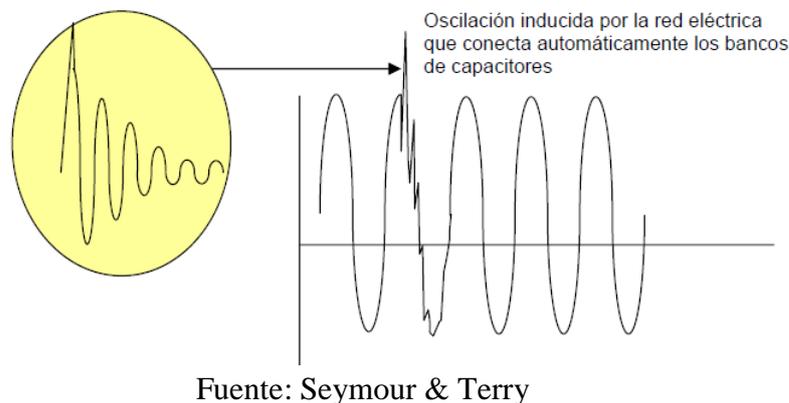
Figura 18. Campo magnético creado por una caída de rayo



b) Oscilatorios

Un transitorio oscilatorio es un cambio repentino en la condición de estado estable de la atención o de la corriente de una señal, o de ambas, tanto en los límites positivo como negativo de la señal, que oscila a la frecuencia natural del sistema. En términos simples, el transitorio hace que la señal de suministro produzca un aumento de tensión y luego una bajada de tensión en forma alternada y muy rápida. Los transitorios oscilatorios suelen bajar a cero dentro de un ciclo (oscilación descendente), como se ven en la Figura 19. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 19. Transitorio Oscilatorio



Estos transitorios ocurren cuando uno conmuta una carga inductiva o capacitiva, como un motor o un banco de capacitores. El resultado es un transitorio oscilatorio porque la carga resiste el cambio. Esto es similar a lo que ocurre cuando uno cierra de repente un caño de agua que fluía con rapidez y oye un golpeteo en la cañería el agua que fluye se

resiste al cambio, y ocurre el equivalente en fluido a un transitorio oscilatorio. (Seymour & Terry, 2015)

Un sistema de distribución eléctrica grande puede actuar como un oscilador cuando se conecta o desconecta el suministro, dado que todos los circuitos poseen alguna inductancia inherente y capacitancia distribuida que brevemente se registra en forma descendente. (Seymour & Terry, 2015)

El problema más reconocido asociado con la conexión de capacitores y su transitorio oscilatorio es el disparo de controles de velocidad automático. El transitorio relativamente lento provoca una elevación en la tensión de enlace de corriente continua (la tensión que controla la activación del ASD. Que hace que el mecanismo dispare fuera de línea con una indicación de sobretensión. (Seymour & Terry, 2015)

2. Interrupciones

Una interrupción se define como la pérdida total de tensión o corriente. Según su duración, una interrupción se clasifica como instantánea, momentánea, temporal o sostenida, ver Figura 20. El rango de duración para tipos de interrupciones es el siguiente:

Instantánea	0.5 a 30 ciclos
Momentánea	30 ciclos a 2 segundos
Temporal	2 segundos a 2 minutos
Sostenida	mayor a 2 minutos

Figura 20. Interrupción momentánea



Fuente: Seymour & Terry

Las causas de las interrupciones pueden variar, pero generalmente son el resultado de algún tipo de daño a la red de suministro eléctrico, como caídas de rayos, animales, árboles, accidentes vehiculares, condiciones atmosféricas destructivas (vientos fuertes, gran cantidad de nieve o hielo sobre las líneas, etc.) falla de los equipos disparo de disyuntor básico. Mientras que la infraestructura de la red eléctrica está diseñada para compensar automáticamente muchos de estos problemas, no es infalible.

3. Bajada de tensión/subtensión

Una bajada de tensión, es una reducción de la tensión de CA a una frecuencia dada una duración de 0.5 ciclos a un minuto. Las bajadas de tensión suelen ser provocadas por fallas del sistema, y frecuentemente también son el resultado de entender cargas con altas demandas de corriente de arranque, se tiene un ejemplo en la Figura 21.

Figura 21. Bajada de tensión



Fuente: Seymour & Terry

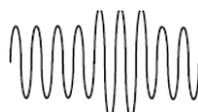
Las causas comunes de las bajadas de tensión incluyen el encendido de grandes cargas (como la que se puede ver cuando se activa por primera vez una unidad grande de aire acondicionado) y la liberación remota de fallas por parte de los equipos de la red eléctrica. En forma similar, el arranque de grandes motores dentro de una planta industrial puede dar como resultado una caída significativa de atención (bajada de tensión). Con motor puede consumir seis veces su corriente nominal, o más, al momento del arranque. La creación de una gran carga eléctrica repentina como esta seguramente cause la caída significativa de tensión en el resto del circuito en que recibe. Imagine si una persona abriera todos los caños de agua de su casa mientras usted se está bañando. El agua

probablemente saldría fría y bajarían la presión del agua, obviamente para solucionar este problema, podría tener un segundo calentador de agua sólo para la lucha, lo mismo se aplica a los circuitos con grandes cargas de arranque que crean un gran consumo de corriente de entrada. (Seymour & Terry, 2015)

4. Aumento de tensión/sobretensión

Un aumento de tensión es la forma inversa de una bajada de tensión, y tiene un aumento en la tensión de CA con una duración de 0.5 ciclos a 1 minuto. En el caso de los aumentos de tensión, son causas comunes, las conexiones neutras de alta impedancia, las reducciones repentinas de carga (especialmente de cargas grandes) y una falla monofásica sobre un sistema trifásico, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22. Aumento de tensión



Fuente: Seymour & Terry

El resultado puede ser errores de datos, parpadeo de luces, degradación de contactos eléctricos, daño a semiconductores en equipos electrónicos y degradación del aislamiento. Los acondicionadores de línea de suministro, los sistemas UPS, en los transformadores de control ferresonante son soluciones comunes. (Seymour & Terry, 2015)

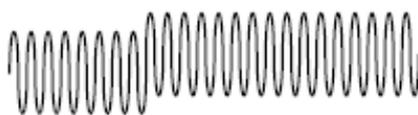
5. Distorsión de la forma de onda

Existen cinco tipos principales de distorsión de forma de onda:

Desplazamiento por CC

La corriente continua (CC) puede inducirse a un sistema de distribución de CA, frecuentemente a consecuencia de la falla de rectificadores dentro de las diversas tecnologías de conversión CA a CC que proliferado en los equipos modernos. La CC puede trasponer el sistema de suministro de CA y agregar corriente indeseada a dispositivos que ya están funcionando a su nivel nominal. El sobrecalentamiento y la saturación de los transformadores pueden ser el resultado de la circulación de corrientes CC. Cuando un transformador se satura no solamente se calienta, sino que además es incapaz de entregar toda su potencia a la carga, y la subsiguiente distorsión de forma de onda puede crear una mayor inestabilidad en los equipos de carga electrónica. Un desplazamiento de CC se ilustra en la Figura 23: (Seymour & Terry, 2015)

Figura 23. Desplazamiento por CC



Fuente: Seymour & Terry

Armónicas

En la distorsión armónica, es la corrupción de la onda seno fundamental a frecuencias que son múltiplos de la fundamental (por ejemplo, 180 Hz es la tercera armónica de una frecuencia fundamental de 60 Hz). Los síntomas de problemas de las armónicas incluyen transformadores, conductores neutros y otros equipos de distribución eléctrica sobre calentados, así como el disparo de disyuntor es y la pérdida de sincronización en los circuitos de cronometraje que aprenden de un disparador de onda senoidal limpia en un punto de cruce por cero. En la Figura 24 se muestra una distorsión armónica típica de la forma de onda. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 24. Distorsión armónica típica de la forma de onda

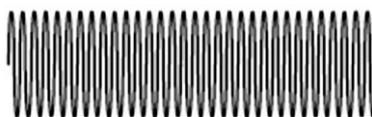


Fuente: Seymour & Terry

Interarmónica

La distorsión Interarmónica, es un tipo de distorsión de forma de onda que suele ser el resultado de la señal sobrepuesta en la señal de tensión por equipos eléctricos como convertidores de frecuencia estáticos, motores de inducción y dispositivos de generación de arco, ver Figura 25. El efecto más notable de la Interarmónica es el parpadeo visual de monitores y luces incandescentes, además de causar un posible calentamiento e interferencia en las comunicaciones. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 25. Distorsión interarmónica de la forma de onda



Fuente: Seymour & Terry

Corte Intermitente

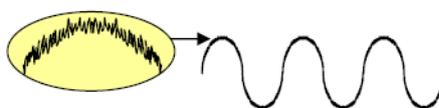
El corte inherente, es una perturbación periódica de la tensión causada por dispositivos electrónicos, como controles de velocidad variable, entrenadores de luz y soldadores por arco durante el funcionamiento normal. Este problema podría describirse como un problema de impulso transitorio, pero dado que los cortes intermitentes son periódicos en cada medio ciclo, el corte intermitente se considera un problema de distorsión de la forma de onda, ver Figura 26. Las consecuencias usuales del corte intermitente son el paro total del sistema, la pérdida de datos y los problemas de transmisión de datos. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 26. Corte intermitente

Fuente: Seymour & Terry

Ruido

Ruido, es una tensión indeseada o corriente sobrepuesta en la atención de energía eléctrica forma de onda de la corriente. El ruido puede ser generado por dispositivos electrónicos alimentados eléctricamente, circuitos de control, soldadores por arco, fuentes de alimentación para conexiones, transmisores radiales, etcétera. Los sitios con conexiones de puesta a tierra deficiente hacen que el sistema sea susceptible ruido. El ruido puede causar problemas técnicos a los equipos como errores de datos, mal funcionamiento de los equipos, falla de componentes de largo plazo, falla de disco duro, y monitores convive o distorsionado, como muestra la Figura 27. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 27. Ruido

Fuente: Seymour & Terry

6. Fluctuaciones de tensión

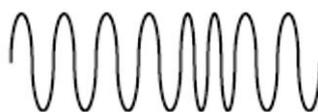
Dado que las fluctuaciones de tensión son fundamentalmente diferentes del resto de las anomalías de la forma de onda, se ubican en una categoría aparte. Una fluctuación de tensión, es una variación sistemática de la forma de onda de tensión o una serie de cambios aleatorios de tensión, de pequeñas dimensiones concretamente entre 95 y 105% del valor nominal de una frecuencia baja, en general por debajo del 25 Hz, ver Figura 28. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 28. Fluctuación de tensión

Fuente: Seymour & Terry

7. Variaciones de frecuencia

La variación de frecuencia, es muy poco común en sistemas estables de la red eléctrica, especialmente en sistemas interconectados a través de una red. Cuando dos sitios poseen generadores dedicados de reserva o una infraestructura pobre de alimentación, la variación de frecuencia es más común especialmente si el generador se encuentra muy cargado. Los equipos informáticos suelen ser tolerantes, y generalmente no se ven afectados por corrimientos menores en la frecuencia de generador local, lo que se vería afectado sería cualquier dispositivo con motor o dispositivo sensible que dependa del ciclado regular estable de la alimentación, un ejemplo se ve en la Figura 29. (Seymour & Terry, 2015)

Figura 29. Variaciones de frecuencia

Fuente: Seymour & Terry

2.2.2.16. Sistemas de Protección Eléctrica

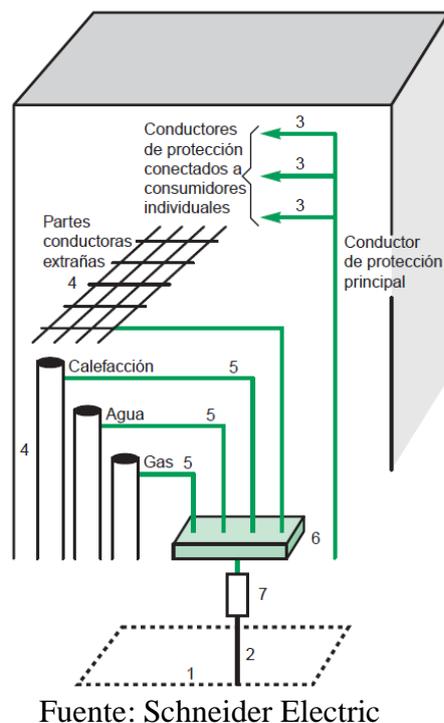
Los Sistemas de Protección se utilizan en los sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. Los sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un

incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes. (SchneiderElectric, 2013)

La función principal de un sistema de protección es fundamentalmente la de causar la pronta remoción del servicio cuando algún elemento del sistema de potencia sufre un cortocircuito, o cuando opera de manera anormal. Existe además una función secundaria la cual consiste en proveer indicación de la localización y tipo de falla. (SchneiderElectric, 2013)

Las normas nacionales e internacionales (IEC 60364) definen claramente los diversos elementos de las conexiones a tierra. En el sector y en las diversas publicaciones se emplean habitualmente los siguientes términos. Se tiene un ejemplo de bloque de pisos en la Figura 30. (SchneiderElectric, 2013)

Figura 30. Ejemplo de un bloque de pisos



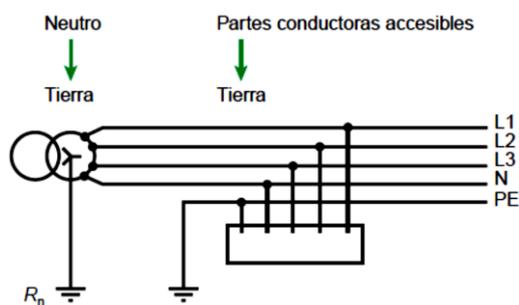
- Toma de tierra: un conductor o un grupo de conductores que se encuentran en estrecho contacto con tierra y proporcionan una conexión a tierra (véanse los detalles en el subapartado.
- Tierra: masa conductora de tierra, cuyo potencial eléctrico en cada punto se toma por convenio igual a cero.
- Electrodo de tierra eléctricamente independientes: electrodos de tierra separados entre sí una distancia tal, que la corriente máxima probable que puede fluir a través de uno de ellos no afecta significativamente al potencial de los demás.
- Resistencia de la toma de tierra: la resistencia de contacto de una toma de tierra con la tierra.
- Conductor de tierra: un conductor de protección que conecta el terminal principal de conexión a tierra de una instalación a una toma de tierra o a otro medio de conexión a tierra (p. ej., esquemas TN).
- Masa, parte conductora accesible: parte conductora de los equipos que se puede tocar y que no se encuentra en tensión, pero que puede estarlo en condiciones de defecto.
- Conductor de protección: conductor obligatorio para determinadas medidas de protección contra los choques eléctricos y destinado a conectar eléctricamente algunas de las partes que se indican a continuación:
 - Masas.
 - Conductores.
 - El terminal principal de conexión a tierra.

- Electrodo de tierra.
- El punto conectado a tierra de la fuente o de un conductor neutro artificial.
- Parte conductora extraña: una parte conductora que puede introducir un potencial, por lo general un potencial de tierra, y que no forma parte de la instalación eléctrica. Por ejemplo: v Suelos o paredes no aislados, estructuras metálicas de edificios.
- Conductos y tuberías de metal (que no forman parte de la instalación eléctrica) utilizados para la canalización de agua, gas, calefacción, aire comprimido, etc., y los materiales metálicos asociados a los mismos.
- Conductor de conexión: un conductor de protección que proporciona una conexión equipotencial.
- Terminal principal de conexión a tierra: el terminal o la barra que se utiliza para conectar al medio de conexión a tierra la conexión de los conductores de protección, incluidos los conductores de conexión equipotencial, y los conductores de conexión a tierra funcional, si los hubiera.

c. SISTEMA TT (Conductor neutro conectado a tierra)

Un punto de la fuente de alimentación se conecta directamente a tierra. Todas las partes conductoras accesibles y extrañas se conectan a una toma de tierra independiente de la instalación. Este electrodo puede o no ser eléctricamente independiente del electrodo de la fuente. Ambas zonas de influencia pueden solaparse sin que se vea afectado el funcionamiento de los dispositivos de protección. se muestra un esquema clásico TT en la Figura 31 (SchneiderElectric, 2013)

Figura 31. Esquema TT



Fuente: Schneider Electric

b. SISTEMA TN (Partes conductoras accesibles conectadas al conductor neutro)

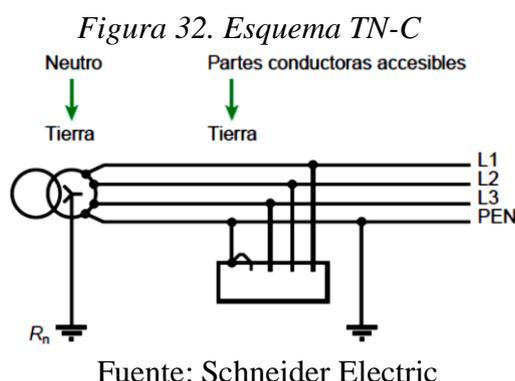
La fuente se conecta a tierra de la misma manera que con el esquema TT descrito anteriormente. En la instalación, todas las partes conductoras accesibles y extrañas se conectan al conductor neutro. A continuación, se muestran las diversas versiones de esquemas TN. (SchneiderElectric, 2013)

- **Esquema TN-C**

El conductor neutro también se utiliza como un conductor de protección y se denomina conductor PEN (neutro y puesta a tierra de protección). Este sistema no está permitido para conductores de menos de 10 mm² ni para equipos portátiles. El esquema TN-C requiere un entorno equipotencial eficaz en la instalación, con electrodos de tierra dispersos y separados a intervalos que sean lo más regulares posible, puesto que el conductor PEN es el conductor neutro y también conduce corrientes con desequilibrios de fases, así como corrientes armónicas de tercer orden (y sus múltiplos). (SchneiderElectric, 2013)

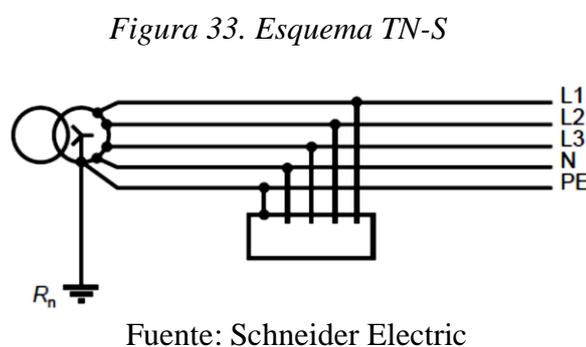
Por tanto, el conductor PEN debe conectarse a una serie de electrodos de tierra en la instalación. Puesto que el conductor neutro también es el conductor de protección,

cualquier corte en el conductor representa un riesgo para las personas y los bienes. En la Figura 32 se muestra un esquema tipo TN-C. (SchneiderElectric, 2013)



- **Esquema TN-S**

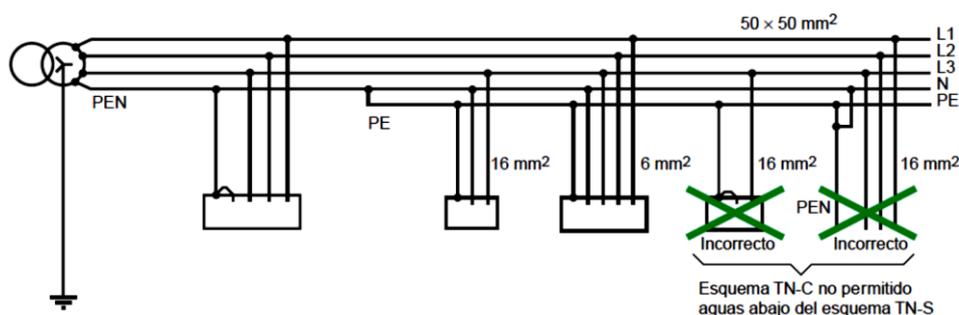
El esquema TN-S (5 hilos) es obligatorio para los equipos portátiles con circuitos con secciones transversales inferiores a 10 mm^2 . El conductor de protección y el conductor neutro son independientes. En los sistemas de cables subterráneos en los que existen cables forrados de plomo, el conductor de protección es por lo general el revestimiento de plomo. El uso de conductores PE y N independientes (5 hilos) es obligatorio para los equipos portátiles con circuitos con secciones transversales inferiores a 10 mm^2 , se muestra un esquema tipo TN-S en la Figura 33. (SchneiderElectric, 2013)



- *Esquema TN-C-S*

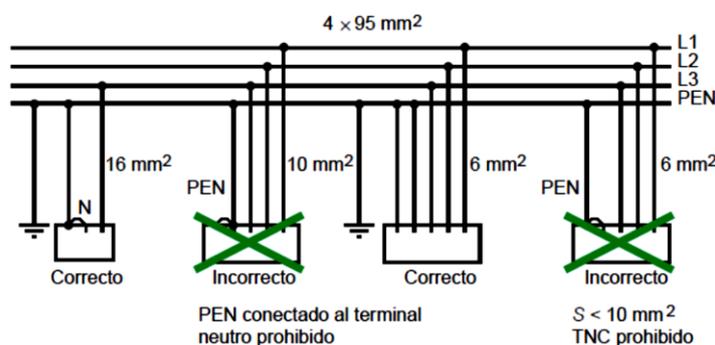
Los esquemas TN-C y TN-S se pueden utilizar en la misma instalación. En el esquema TN-C-S, el esquema TN-C (4 hilos) nunca se debe utilizar aguas abajo del esquema TN-S (5 hilos), puesto que cualquier interrupción accidental en el conductor neutro en la parte aguas arriba provocaría una interrupción en el conductor de protección en la parte aguas abajo y, por tanto, presentaría un peligro. Se tiene un ejemplo de un esquema TN-C-S en la Figura 34 y una conexión del conductor PEN en la Figura 35 (Schneider Electric, 2013)

Figura 34. Esquema TN-C-S



Fuente: Schneider Electric

Figura 35. Conexión del conductor PEN en el esquema TN-C



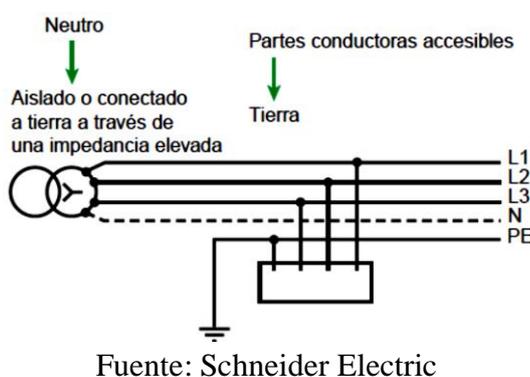
Fuente: Schneider Electric

c. **SISTEMA IT (Neutro aislado o neutro impedante)**

- **Esquema IT (neutro aislado)**

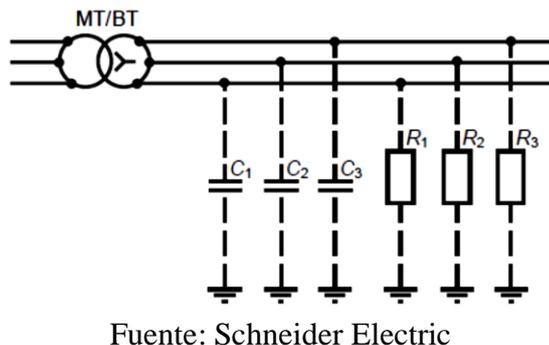
No se realiza ninguna conexión entre el punto neutro de la fuente de alimentación y tierra, ver Figura 36.

Figura 36. Esquema IT (neutro aislado)



Las partes conductoras accesibles y extrañas de la instalación se conectan a una toma de tierra. En la práctica, todos los circuitos tienen una impedancia de fuga a tierra, puesto que ningún aislamiento es perfecto. En paralelo con esta ruta de fuga resistiva (distribuida) se encuentra la ruta de la corriente capacitiva distribuida, y juntas constituyen la impedancia de fuga normal a tierra, como se muestra en la Figura 37. (SchneiderElectric, 2013)

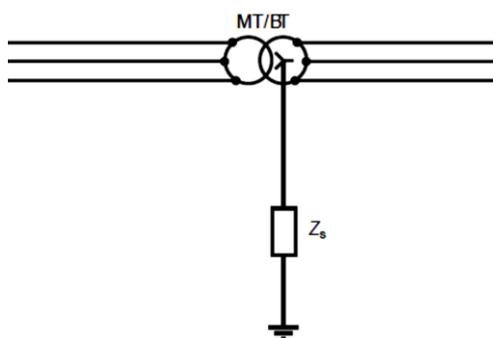
Figura 37. Esquema IT (neutro aislado)



- **Esquema IT (neutro con conexión a tierra de impedancia)**

Una impedancia Z_s (de entre 1.000 y 2.000 Ω) se conecta de forma permanente entre el punto neutro del devanado de baja tensión del transformador y tierra, como se muestra en la Figura 38.

Figura 38. Esquema IT (neutro impedante: conectado a tierra a través de una impedancia elevada)



Fuente: Schneider Electric

Todas las partes conductoras accesibles y extrañas se conectan a una toma de tierra. Lo que se pretende con esta forma de conectar la fuente de alimentación a tierra es fijar el potencial de una red pequeña con respecto a tierra (Z_s es pequeña en comparación con la impedancia de fuga) y reducir el nivel de sobretensiones, como las que se transmiten desde los devanados de alta tensión, las cargas estáticas, etc., con respecto a tierra. Sin embargo, tiene el efecto de aumentar ligeramente el nivel de corriente para el primer defecto. (SchneiderElectric, 2013)

d. Sistema eléctrico a utilizar

Según el reglamento del código nacional de electricidad, para sistemas de baja tensión, se procederá a explicar las normas de seguridad que se tomará en cuenta. Para el presente proyecto se diseñará un sistema IT, aplicable a sistemas que tienen todas las partes activas

aisladas de tierra o que tienen un punto conectado a través de una impedancia y masas conectadas directamente a tierra. (SchneiderElectric, 2013)

El suministro a quirófanos debe de ser trifásico con neutro y conductor de protección a través de un transformador de aislamiento (por cada quirófano) para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse. El transformador más aconsejable para utilizar en esta instalación, es un transformador trifásico con primario en estrella y secundario en triángulo, porque evita cargar el neutro de la instalación y contribuye al mejor reparto de cargas. De este modo sobre el neutro de la instalación no hay ningún tipo de carga y las diferencias de cargas en el secundario se transmiten al primario de forma compensada para cada fase sin producir sobreexcitación de ninguna de ellas. Además, el transformador trifásico aumenta la seguridad de la instalación, puesto que en el caso de fallo transitorio de una cualquiera de las fases. (SchneiderElectric, 2013)

Objetivos de las protecciones

Los objetivos generales de un sistema de protección se resumen así:

- Proteger efectivamente a las instalaciones.
- Reducir la influencia de las fallas sobre las líneas y los equipos.
- Cubrir de manera ininterrumpida el Sistema Eléctrico, estableciendo vigilancia el 100% del tiempo.
- Detectar condiciones de falla monitoreando continuamente las variables del SP

2.2.2.17. **Protección de Equipos Eléctricos**

e. Protección de generadores

Un generador eléctrico es una máquina rotatoria que gira gracias a la energía mecánica aplicada a su eje o flecha. La energía mecánica aplicada a este eje debe poseer la fuerza o torque adecuado para lograr un giro adecuado en el generador lo que se convertirá finalmente en energía eléctrica a través del fenómeno de inducción, donde luego se destinará esa energía a los centros de consumo. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

b. Protecciones de transformadores

Se dice que el transformador es el alma de un sistema de potencia, ya que es éste el que se encuentra en cada uno de los puntos donde las tensiones cambian de valor. Siempre están dispuestos en una subestación, ya sea de interconexión, elevación, o reducción. El tipo de protección más comúnmente utilizado es la diferencial de corriente. Se basa en la aplicación de la ley de Kirchoff, según la cual el sumatorio de las corrientes entrantes y salientes debe ser igual a cero. En nuestro caso el relé de protección es alimentado por los transformadores de corriente instalados en los devanados principales (ya sean estos dos, tres o incluso más). Para eliminar posibles errores en la medición tanto de fase como de ángulo se le aplica un frenado a la protección. Este frenado se basa en la corriente a frecuencia fundamental, pero también en los armónicos: segundo y quinto, para de ese modo evitar transitorios durante la excitación del transformador que se protege. (Wikipedia, Wikipedia, 2017)

c. Protecciones de barrajes

Los barrajes o barras de colección son un conjunto de elementos mecánicos (estructuras metálicas), destinados a la estabilidad mecánica de los centros de

interconexión de los demás elementos eléctricos que comprenden el sistema de potencia.

(Wikipedia, Wikipedia, 2017)

2.2.2.18. Daños Ocasionados A Equipos Biomédicos

Los daños ocasionados pueden variar desde el mal funcionamiento de los equipos hasta daños físicos permanentes, estos son ocasionados por variaciones en la forma de onda de corriente AC, estos daños son:

- Pérdida de datos
- Parpadeo de pantallas
- Mala transmisión de datos
- Daños a discos duros
- Daños a fuentes de voltaje CC
- Descargas Eléctricas

2.2.2.19. Daños Ocasionados A Personas por Falta de Protección Eléctrica

Según el tiempo de exposición y la dirección de paso de la corriente eléctrica para una misma intensidad pueden producirse lesiones graves, tales como: asfixia, fibrilación ventricular, quemaduras, lesiones secundarias a consecuencia del choque eléctrico, tales como caídas de altura, golpes, etc., cuya aparición tiene lugar dependiendo de los valores, como se muestra en la Tabla N° 18. (SPRL, 2012)

Tabla N° 18. Efectos de la intensidad de corriente sobre el organismo

INTENSIDAD (mA) $V = 220 v$				EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
c.c.		c.a. (50 Hz)		
Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	
1	0.6	0.4	0.3	Ninguna sensación
5.2	3.5	1.1	0.7	Umbral de percepción
76	5.1	16	10.5	Umbral de intensidad límite
90	60	23	15	Choque doloroso y grave (contracción muscular y dificultad respiratoria)
200	170	50	35	Principio de fibrilación ventricular
1300	1300	1000	1000	Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Corta duración (hasta 0.03 segundos)
500	500	100	100	Fibrilación ventricular posible en choques cortos: Duración 3 segundos

Fuente: SPRL

2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS

- (1) **AISLAMIENTO:** Este componente es la parte que recubre el conductor, se encarga de que la corriente eléctrica no se escape del cable y sea transportada de principio a fin por el conductor.
- (2) **AUMENTO DE TENSION:** Es un aumento en la magnitud de la tensión.
- (3) **BAJA TENSION:** Voltaje con que la energía eléctrica pasa de un cuerpo a otro.
- (4) **BAJADA DE TENSION:** Es una reducción en la magnitud de la tensión.
- (5) **CAMPO MAGNÉTICO:** Magnitud vectorial que representa la intensidad de la fuerza magnética.
- (6) **CAPACITANCIA ELÉCTRICA:** es la propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica.
- (7) **CATEGORÍA DE HOSPITALES:** Clasificación que caracteriza a los establecimientos de salud, en base a niveles de complejidad y a características funcionales comunes, para lo cual cuentan con Unidades Productoras de Servicios de salud (UPSS)

que en conjunto determinan su capacidad resolutive, respondiendo a realidades socio sanitarias similares y diseñadas para enfrentar demandas equivalentes.

(8) **CATEGORIZACIÓN DE HOSPITALES:** Proceso que conduce a clasificar los diferentes establecimientos de salud, en base a niveles de complejidad y a características funcionales que permitan responder a las necesidades de salud de la población que atiende.

(9) **CONDUCTOR ELÉCTRICO:** Es la parte del cable que transporta la electricidad y puede estar constituido por uno o más hilos de cobre o aluminio.

(10) **CORRIENTE ELÉCTRICA (I):** La corriente eléctrica es el flujo de carga eléctrica que recorre un material. Se debe al movimiento de las cargas (normalmente electrones) en el interior del mismo.

(11) **DESCARGA ELÉCTRICA:** es un fenómeno electrostático que hace que circule una corriente eléctrica repentina y momentáneamente entre dos objetos de distinto potencial eléctrico.

(12) **ELECTRICIDAD:** es una forma de energía que se manifiesta por una fuerza de atracción independiente de la gravedad.

(13) **EQUIPO BIOMÉDICO:** Un equipo biomédico es cualquier dispositivo usado para diagnosticar, curar o tratar una enfermedad o para prevenirla.

(14) **FRECUENCIA ELÉCTRICA (Hz):** constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y puede abarcar desde uno hasta millones de ciclos por segundo o Hertz.

(15) **HOSPITAL:** Establecimiento destinado a proporcionar todo tipo de asistencia médica, incluidas operaciones quirúrgicas y estancia durante la recuperación o tratamiento, y en el que también se practican la investigación y la enseñanza médica.

(16) **INTERRUPCIÓN:** Se define como la pérdida total de tensión o corriente.

- (17) **MALLA EQUIPOTENCIAL:** malla diseñada de material conductor para protección de descargas eléctricas, y que derivan en un pozo a tierra.
- (18) **MEDIA TENSIÓN:** Media tensión eléctrica es el término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas con tensión nominal de entre 1 y 30 *kV*.
- (19) **NBAI:** Nivel básico de aislamiento.
- (20) **NIVEL DE ATENCIÓN EN SALUD:** Conjunto de Establecimientos de Salud con niveles de complejidad necesaria para resolver con eficacia y eficiencia necesidades de salud de Diferente magnitud y severidad.
- (21) **PARARRAYO:** Instrumento de protección eléctrica que está diseñado para recepción de descargas atmosféricas.
- (22) **POTENCIA ELÉCTRICA (W):** La potencia eléctrica es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado. La unidad en el Sistema Internacional de Unidades es el vatio o watt.
- (23) **POZO A TIERRA:** es un pozo tubular de ciertas dimensiones, que tiene como eje un electrodo, y este relleno de material conductor.
- (24) **PUESTA A TIERRA:** La puesta a tierra es una instalación de cables de protección de color verde-amarillo que van desde cada uno de los enchufes (o partes metálicas) de la instalación, hasta la tierra (el terreno). En el terreno habrá clavada una "pica" o "electrodo".
- (25) **RESISTENCIA ELÉCTRICA:** Oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica.
- (26) **RESISTIVIDAD:** Resistencia proporcional de un material conductor según su longitud y anchura.

- (27) **SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA:** Sistema diseñado para protección de dispositivos eléctricos y personas cercanas a estos.
- (28) **SISTEMA ELÉCTRICO:** Es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos conectados entre sí.
- (29) **SUMINISTRO ELÉCTRICO:** está formado por el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.
- (30) **TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA:** diseñado para la distribución de energía eléctrica en distintos ambientes de una edificación. Tensión de voltaje inferior a los 650 voltios.
- (31) **TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO:** Transformador fabricado para protección de descargas, cortos circuitos, etc.
- (32) **TRANSITORIO ELÉCTRICO:** Se llama régimen transitorio, o solamente "transitorio", a aquella respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo.
- (33) **UPS (electricidad):** Sistema de alimentación ininterrumpida, con estabilizador de tensión eléctrica.
- (34) **UPS (unidad productora de servicios):** Es la unidad básica funcional del establecimiento de salud constituida por el conjunto de recursos humanos y tecnológicos en salud.
- (35) **UPSS (unidad productora de servicios de salud)** Es la UPS organizada para desarrollar funciones homogéneas y producir determinados servicios de salud.
- (36) **VOLTAJE (V):** sin. Tensión. La tensión eléctrica o diferencia de potencial, es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. Formulación de la Hipótesis

Debido a la aprobación que se tiene de realizar un Hospital de Tipo IV en la región de Puno y a la existencia de diseños no del todo adecuados de sistemas de protección eléctrica en los Hospitales ya existentes en la región, es que se plantea esta investigación tomando como eje principal las condiciones tanto geográficas como climáticas existentes en la ciudad de Puno.

Es por esto que se realiza un diseño adecuado a estas condiciones específicas de la región, para poder tener un sistema de protección eléctrica más adecuado que logra proteger a los equipos biomédicos de daños que se pudiesen dar por cambios bruscos de energía eléctrica, sobrecargas, estática, etc.

2.4.2. Hipótesis General

El diseño de un sistema de protección eléctrica aporta al cuidado de los equipos biomédicos en un Hospital tipo IV para la ciudad de Puno

2.4.3. Hipótesis Específicas

- a. El diseño de un sistema de protección eléctrica mejora significativamente en el cuidado de los equipos biomédicos en el área de Quirófano.
- b. El diseño de un sistema de protección eléctrica mejora significativamente en el cuidado de los equipos biomédicos en la Unidad de Cuidados Intensivos.
- c. El diseño de un sistema de protección eléctrica mejora significativamente en el cuidado de los equipos biomédicos en el área de Hospitalización.

2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.5.1. Variable Dependiente

Equipos biomédicos para una Hospital tipo IV, específicamente equipos de los ambientes de UCI, quirófano y hospitalización. Cada equipo tiene un nivel de protección eléctrica necesaria específica que ayudara a su mejor rendimiento.

2.5.2. Variable Independiente

Sistema de protección eléctrica, estos sistemas son necesarios para proteger a los equipos de daños ocasionados por descarga eléctrica, cortocircuitos, mal funcionamiento del fluido eléctrico, etc. Además, que ayudan a proteger a los pacientes y personal que manipulan los equipos de posibles descargas eléctricas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación utilizada en la tesis es de tipo exploratoria, esto debido a que este tema aun no fue abordado de forma específica en las condiciones que presenta la región de Puno.

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es de tipo aplicativo, esto porque en la investigación se quiere lograr un conocimiento destinado a solucionar problemas prácticos; y experimental ya que estudia y descubre factores que produce o afectan la ocurrencia de un fenómeno.

3.1.3. Modelo de Investigación

En el modelo se tendrá la medición hecha en los diversos hospitales existentes en la región de Puno, y su consiguiente síntesis y análisis para poder desarrollar un diseño

eficaz de un sistema de protección eléctrica que necesitan los equipos biomédicos en los Hospitales tipo IV, a su vez se tendrá en cuenta para la realización del diseño las normas existentes para electrificación en general y en hospitales.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL A INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población

La población objeto de estudio en la investigación son los hospitales de tipo IV existentes en el país, y vistos desde la geografía de la región Puno, esto debido a la existencia un proyecto para la realización de un Hospital de tipo IV en nuestra región.

3.2.2. Muestra

La muestra tomada para esta investigación son tres áreas de suma importancia en los hospitales: Unidad de Cuidados Intensivos, Quirófano y Hospitalización.

Esto debido a que en estas áreas se encuentra una variedad de equipos biomédicos, los mismos que merecen especial atención para su implementación ya que requieren condiciones específicas que ayuden a un mejor rendimiento y funcionamiento.

3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN

3.3.1. Descripción de la población

Se eligió la ciudad de Puno, esto debido a que la realización del proyecto de un Hospital de tipo IV se desarrollara en esta ciudad. Las características tomadas de clima y geográficas son referenciales para la realización del sistema de protección eléctrica de equipos biomédicos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para esta investigación fue la de observación, mediciones, revisión de artículos web y expedientes técnicos.

Estos datos serán de suma importancia para la realización del diseño de sistema de protección eléctrica, que este de acorde a la protección necesaria para cada equipo biomédico.

3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

- Recolección de datos en hospitales existentes en la región.
- Revisión de normas establecidas para realizar dicho diseño.
- Obtener los datos buscados
- Observar las reglas con las que se compara

3.6. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS

Consta de los siguientes pasos

- Establecer valores mínimos y máximos que debe de contar la red central de alimentación según normas existente.
- Establecer el tipo de conductor que se utilizara para el diseño, en caso de alimentación y de puesta a tierra.
- Realizar planos tentativos de distribución eléctrica de los ambientes señalados.
- Realizar simulaciones con software informático.
- Obtener datos de simulaciones y darle un tratamiento estadístico.

3.7. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS - EQUIPO MEDICOS

Los cálculos fueron realizados con referencia de la mayor distancia posible existente.

Las formulas aplicadas serán las siguientes:

- Intensidad total que circulara por la instalación está dada por la ecuación 1:

$$I_{TOTAL} = \frac{P}{U * \cos \varphi} \quad (\text{Ec. 1})$$

- Caída de tensión en circuitos monofásicos está dada por la ecuación 2:

$$\Delta U = \frac{2 * P * l}{\gamma * S * U} \quad (\text{Ec. 2})$$

- Caída de tensión en porcentaje está dada por la ecuación 3:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U} \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

P	: Potencia
U	: Tensión en voltios
$\cos \varphi$: Factor de potencia
l	: Longitud en metros
γ	: Conductividad de cobre
S	: Sección en mm^2
U	: Tensión en voltios

3.7.1. Cálculos para el Área de Quirófano

3.7.1.1. Intensidad total

En la *Tabla N° 19*, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de quirófano, dichos cálculos se realizan con la ecuación 1.

Tabla N° 19. Intensidad total en equipos de quirófano

EQUIPO	DATOS	INTENSIDAD TOTAL
Aspirador de secreciones rodable	$P = 76 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{76}{220 * 0.85} = 0.41 A$
Bomba de infusión de 2 canales	$P = 110 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{110}{220 * 0.85} = 0.58 A$
Bombas de infusión de jeringa	$P = 25 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{25}{220 * 0.85} = 0.13 A$
Calentador de sangre y fluidos	$P = 900 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{900}{220 * 0.85} = 4.81 A$
Coche de paro equipado	$P = 200 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{200}{220 * 0.85} = 1.07 A$
Electro Bisturí Mono polar/Bipolar digital con pinza hemostática de vasos	$P = 170 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{170}{220 * 0.85} = 0.91 A$
Equipo de recuperación sanguínea	$P = 300 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{300}{220 * 0.85} = 1.6 A$
Monitor multi-parámetro	$P = 400 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{400}{220 * 0.85} = 2.13 A$
Lámpara Quirúrgica de techo de alta intensidad	$P = 210 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{210}{220 * 0.85} = 1.12 A$
Lámpara quirúrgica rodable	$P = 90 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{90}{220 * 0.85} = 0.48 A$
Máquina de anestesia con monitoreo avanzado	$P = 160 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{160}{220 * 0.85} = 0.86 A$
Mesa de operaciones hidráulica eléctrica	$P = 300 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{300}{220 * 0.85} = 1.6 A$
Monitor grado medico	$P = 180 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{180}{220 * 0.85} = 0.96 A$

Continua...

Negatoscopio de 2 campos	$P = 25 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{25}{220 * 0.85} = 0.13 A$
Ecógrafo DOPPLER Color 3d	$P = 510 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{510}{220 * 0.85} = 2.73 A$

Elaboración: Propia

3.7.1.2. Caída de tensión

En la Tabla N° 20, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de quirófano, dichos cálculos se realizan con la ecuación 2.

Tabla N° 20. Caída de tensión en equipos de quirófano

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN
Aspirador de secreciones rodable	$P = 76 W$ $l = 17 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 76 * 17}{56 * 4 * 220} = 0.05 V$
Bomba de infusión de 2 canales	$P = 110 W$ $l = 16 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 110 * 16}{56 * 4 * 220} = 0.07 V$
Bombas de infusión de jeringa	$P = 25 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 25 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.02 V$
Calentador de sangre y fluidos	$P = 900 W$ $l = 16 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 900 * 16}{56 * 4 * 220} = 0.58 V$
Coche de paro equipado	$P = 200 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 200 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.146 V$

Continúa...

Electro Bisturí Mono polar/Bipolar digital con pinza hemostática de vasos	$P = 170 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 170 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.124 V$
Equipo de recuperación sanguínea	$P = 300 W$ $l = 16 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 300 * 16}{56 * 4 * 220} = 0.19 V$
Monitor multi-parámetro	$P = 400 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 400 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.3 V$
Lámpara Quirúrgica de techo de alta intensidad	$P = 210 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 210 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.12 V$
Lámpara quirúrgica rodable	$P = 90 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 90 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.07 V$
Máquina de anestesia con monitoreo avanzado	$P = 160 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 160 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.12 V$
Mesa de operaciones hidráulica eléctrica	$P = 300 W$ $l = 15 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 300 * 15}{56 * 4 * 220} = 0.19 V$
Monitor grado medico	$P = 180 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 180 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.14 V$
Negatoscopio de 2 campos	$P = 25 W$ $l = 18 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 25 * 18}{56 * 4 * 220} = 0.15 V$

Continúa...

Ecógrafo DOPPLER Color 3d	$P = 510 W$ $l = 19 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 510 * 19}{56 * 4 * 220} = 0.41 V$
----------------------------------	---	---

Elaboración: Propia

3.7.1.3. Caída de tensión en porcentaje

En la Tabla N° 21, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de quirófano, dichos cálculos se realizan con la ecuación 3.

Tabla N° 21. Caída de tensión en porcentaje, en equipos de quirófano

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN EN PORCENTAJE
Aspirador de secreciones rodable	$\Delta U = 0.05 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.05}{220} = 0.02\%$
Bomba de infusión de 2 canales	$\Delta U = 0.07 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.07}{220} = 0.03\%$
Bombas de infusión de jeringa	$\Delta U = 0.02 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.02}{220} = 0.01\%$
Calentador de sangre y fluidos	$\Delta U = 0.58V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.58}{220} = 0.26\%$
Coche de paro equipado	$\Delta U = 0.146V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.146}{220} = 0.06\%$
Electro Bisturí Mono polar/Bipolar digital con pinza hemostática de vasos	$\Delta U = 0.124 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.124}{220} = 0.05\%$
Equipo de recuperación sanguínea	$\Delta U = 0.19 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.19}{220} = 0.08\%$
Monitor multi-parámetro	$\Delta U = 0.3 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.3}{220} = 0.14\%$
Lámpara Quirúrgica de techo de alta intensidad	$\Delta U = 0.12 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.12}{220} = 0.05\%$
Lámpara quirúrgica rodable	$\Delta U = 0.07 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.07}{220} = 0.03\%$
Máquina de anestesia con monitoreo avanzado	$\Delta U = 0.12 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.12}{220} = 0.05\%$

Continua...

Mesa de operaciones hidráulica eléctrica	$\Delta U = 0.19 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.19}{220} = 0.08\%$
Monitor grado medico	$\Delta U = 0.14 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.14}{220} = 0.06\%$
Negatoscopio de 2 campos	$\Delta U = 0.15 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.15}{220} = 0.06\%$
Ecógrafo DOPPLER Color 3d	$\Delta U = 0.41 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.41}{220} = 0.19\%$
NOTA: Si la caída de tensión en porcentaje es menor a 5%, es aceptable		

Elaboración: Propia

3.7.1.4. Cálculos generales para Quirófano

La potencia en demanda máxima es la suma de las potencias individuales especificadas para cada uno de los equipos médicos en la Tabla N° 9, en el área de quirófano es:

$$P_T = 6952 W$$

La intensidad total en quirófano está dada por la ecuación 4:

$$I_{TOTAL} = \frac{P_T}{\sqrt{3} * U * \cos \phi} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$I_{TOTAL} = \frac{6952 W}{\sqrt{3} * 220 V * 0.85} = 21.5 A$$

El tipo de conductor elegido para el diseño es NH-80, que tiene un sección de 70 mm^2 y una distancia probable de 100 m entre el transformador de aislamiento y el tablero de distribución eléctrica de cada ambiente.

La caída de tensión (ecuación 2) para el área de quirófano, está dada por:

$$\Delta U = \frac{6952 W * 100 m}{54 * 70 \text{ mm}^2 * 220 V} = 0.84 V$$

La caída de tensión en porcentaje (ecuación 3) para el área de quirófano está dada por:

$$\Delta U\% = \frac{0.84 V}{220 V} = 0.38\%$$

Con un valor de caída de tensión menor al 5%, el conductor elegido es viable para el diseño.

3.7.2. Cálculos para la Unidad de Cuidados Intensivos

3.7.2.1. Intensidad total

En la *Tabla N° 22*, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), dichos cálculos se realizan con la ecuación 1:

Tabla N° 22. Intensidad total por equipo en UCI

EQUIPO	DATOS	INTENSIDAD TOTAL
Analizador de Electrolitos y gases de sangre portátil	$P = 80 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{80}{220 * 0.85} = 0.43 A$
Aspirador de secreciones rodable	$P = 76 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{76}{220 * 0.85} = 0.41 A$
Bomba de infusión de 2 canales	$P = 110 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{110}{220 * 0.85} = 0.58 A$
Calentador Corporal	$P = 600 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{600}{220 * 0.85} = 3.21 A$
Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI	$P = 255 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{225}{220 * 0.85} = 1.36 A$
Coche de paro equipado	$P = 200 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{200}{220 * 0.85} = 1.07 A$
Destructor de agujas hipodérmicas	$P = 150 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{150}{220 * 0.85} = 0.8 A$

Continua...

Ecógrafo Portátil	$P = 40 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{40}{220 * 0.85} = 0.21 A$
Electrocardiógrafo	$P = 30 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{30}{220 * 0.85} = 0.16 A$
Equipo calentador de fluidos	$P = 900 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{900}{220 * 0.85} = 4.81 A$
Monitor de funciones vitales de 8 parámetros	$P = 400 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{400}{220 * 0.85} = 2.14 A$
Negatoscopio de 2 campos	$P = 25 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{25}{220 * 0.85} = 0.13 A$
Monitor multiparámetro	$P = 400 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{400}{220 * 0.85} = 2.14 A$
Transiluminador de vasos sanguíneos	$P = 250 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{250}{220 * 0.85} = 1.34 A$
Ventilador mecánico adulto	$P = 300 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{300}{220 * 0.85} = 1.6 A$
Ventilador de transporte	$P = 90 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{90}{220 * 0.85} = 0.48 A$

Elaboración: Propia

3.7.2.2. Caída de tensión

En la Tabla N° 23, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en la Unidad de Cuidados Intensivos, dichos cálculos se realizan con la ecuación 2.

Tabla N° 23. Caída de tensión en equipos de UCI

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN
Analizador de Electrolitos y gases de sangre portátil	$P = 80 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 80 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.047 V$
Aspirador de secreciones rodable	$P = 76 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 76 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.04 V$
Bomba de infusión de 2 canales	$P = 110 W$ $l = 16 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 110 * 16}{56 * 4 * 220} = 0.07 V$
Calentador Corporal	$P = 600 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 600 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.35 V$
Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI	$P = 255 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 255 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.15 V$
Coche de paro equipado	$P = 200 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 200 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.18 V$
Destructor de agujas hipodérmicas	$P = 150 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 150 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.089 V$
Ecógrafo Portátil	$P = 40 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 40 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.02 V$

Continua...

Electrocardiógrafo	$P = 30 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 30 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.02 V$
Equipo calentador de fluidos	$P = 900 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 900 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.53 V$
Monitor de funciones vitales de 8 parámetros	$P = 400 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 400 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.24 V$
Negatoscopio de 2 campos	$P = 25 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 25 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.01 V$
Monitor multiparámetro	$P = 400 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 400 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.24 V$
Transiluminador de vasos sanguíneos	$P = 250 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 250 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.15 V$
Ventilador mecánico adulto	$P = 300 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 300 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.18 V$

Elaboración: Propia

3.7.2.3. Caída de tensión en porcentaje

En la Tabla N° 24, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en la Unidad de Cuidados Intensivos, dichos cálculos se realizan con la ecuación 3.

Tabla N° 24. Caída de tensión en equipos de UCI

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN EN PORCENTAJE
Analizador de Electrolitos y gases de sangre portátil	$\Delta U = 0.047 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.047}{220} = 0.02\%$
Aspirador de secreciones rodable	$\Delta U = 0.04 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.04}{220} = 0.02\%$
Bomba de infusión de 2 canales	$\Delta U = 0.07 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.07}{220} = 0.03\%$
Calentador Corporal	$\Delta U = 0.35 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.35}{220} = 0.16\%$
Cama camilla multipropósito eléctrica tipo UCI	$\Delta U = 0.15 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.15}{220} = 0.07\%$
Coche de paro equipad	$\Delta U = 0.18 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.18}{220} = 0.08\%$
Destructor de agujas hipodérmica	$\Delta U = 0.089 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.089}{220} = 0.04\%$
Ecógrafo Portátil	$\Delta U = 0.02 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.02}{220} = 0.01\%$
Electrocardiógrafo	$\Delta U = 0.02 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.02}{220} = 0.01\%$
Equipo calentador de fluidos	$\Delta U = 0.53 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.53}{220} = 0.002\%$
Monitor de funciones vitales de 8 parámetros	$\Delta U = 0.24 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.24}{220} = 0.11\%$
Negatoscopio de 2 campos	$\Delta U = 0.01 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.01}{220} = 0.005\%$
Monitor multiparámetro	$\Delta U = 0.3 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.3}{220} = 0.14\%$
Transiluminador de vasos sanguíneos	$\Delta U = 0.15 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.15}{220} = 0.07\%$
Ventilador mecánico adulto	$\Delta U = 0.18 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.18}{220} = 0.08\%$

Elaboración: Propia

3.7.2.4. Cálculos generales para UCI

La potencia en demanda máxima es la suma de las potencias individuales especificadas para cada uno de los equipos médicos en la Tabla N° 10, en Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) es:

$$P_T = 13324 W$$

La intensidad total en UCI está dada por la ecuación 4:

$$I_{TOTAL} = \frac{13324 W}{\sqrt{3} * 220 V * 0.85} = 41.14 A$$

El tipo de conductor elegido para el diseño es NH-80, que tiene un sección de 70 mm^2 y una distancia probable de 100 m entre el transformador de aislamiento y el tablero de distribución eléctrica de cada ambiente.

La caída de tensión (ecuación 2) para la UCI, está dada por:

$$\Delta U = \frac{13324 W * 100 m}{54 * 70 \text{ mm}^2 * 220 V} = 1.6 V$$

La caída de tensión en porcentaje (ecuación 3) para el área de quirófano está dada por:

$$\Delta U\% = \frac{1.6 V}{220 V} = 0.73\%$$

Con un valor de caída de tensión menor al 5%, el conductor elegido es viable para el diseño.

3.7.3. Cálculos para el Área de Hospitalización

3.7.3.1. Intensidad total

En la *Tabla N° 25*, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de quirófano, dichos cálculos se realizan con la ecuación 1:

Tabla N° 25. Intensidad total en equipos de hospitalización

EQUIPO	DATOS	INTENSIDAD TOTAL
Negoscopio de 2 campos	$P = 25 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{25}{220 * 0.85} = 0.13 A$
Cama camilla multipropósito eléctrica	$P = 255 W$ $U = 220 V$ $\cos \varphi = 0.85$	$I_{TOTAL} = \frac{255}{220 * 0.85} = 1.36 A$

Elaboración: Propia

3.7.3.2. Caída de tensión

En la Tabla N° 26, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de quirófano, dichos cálculos se realizan con la ecuación 2.

Tabla N° 26. Caída de tensión en equipos de hospitalización

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN
Negoscopio de 2 campos (25 W)	$P = 25 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 25 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.005 V$
Cama camilla multipropósito eléctrica (255 W)	$P = 255 W$ $l = 14 m$ $\gamma = 56$ $S = 4 mm^2$ $U = 220 V$	$\Delta U = \frac{2 * 255 * 14}{56 * 4 * 220} = 0.15 V$

Elaboración: Propia

3.7.3.4. Caída de tensión en porcentaje

En la Tabla N° 27, se muestran los cálculos para encontrar la intensidad total requerida por los equipos biomédicos necesarios en el área de hospitalización, dichos cálculos se realizan con la ecuación 3:

Tabla N° 27. Caída tensión en porcentaje, en equipos hospitalización

EQUIPO	DATOS	CAÍDA DE TENSIÓN EN PORCENTAJE
Negoscopio de 2 campos	$\Delta U = 0.01 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.01}{220} = 0.005\%$
Cama camilla multipropósito eléctrica	$\Delta U = 0.15 V$ $U = 220 V$	$\Delta U\% = \frac{0.15}{220} = 0.07\%$
NOTA: Si la caída de tensión en porcentaje es menor al 5% es aceptable		

Elaboración: Propia

3.7.3.5. Cálculos generales para Hospitalización

La potencia en demanda máxima es la suma de las potencias individuales especificadas para cada uno de los equipos médicos en la Tabla N° 11, en el área de hospitalización es:

$$P = 20240 W$$

La intensidad total en el área de hospitalización está dada por la ecuación 4:

$$I_{TOTAL} = \frac{20240 W}{\sqrt{3} * 220 V * 0.85} = 62.5 A$$

El tipo de conductor elegido para el diseño es NH-80, que tiene un sección de 70 mm^2 y una distancia probable de 100 m entre el transformador de aislamiento y el tablero de distribución eléctrica de cada ambiente.

La caída de tensión (ecuación 2) para el área de hospitalización, está dada por:

$$\Delta U = \frac{20240 W * 100 m}{54 * 70 \text{ mm}^2 * 220 V} = 2.43 V$$

La caída de tensión en porcentaje (ecuación 3) para el área de hospitalización está dada por:

$$\Delta U\% = \frac{2.43 V}{220 V} = 1.1\%$$

Con un valor de caída de tensión menor al 5%, el conductor elegido es viable para el diseño.

3.8. SELECCIÓN DE TRANSFORMADOR

El transformador debe cumplir con ciertas características que se adecuen a un buen funcionamiento en nuestra región.

Debido a que el transformador a elegir debe ser para un tablero con una tensión de 10 kV, se selecciona uno del tipo seco – inductivo, para esto se hace el cálculo de: factor de corrección por altitud, tensión nominal primaria, tensión nominal secundaria, frecuencia nominal, capacidad de aislamiento, valor de carga designada, precisión y elevación de temperatura.

3.8.1. Factor de corrección por altitud

En este caso, para una altitud de 3800 *msnm*, la norma ANSI C57.13 no establece factores de corrección en instalaciones mayores a 1000 *msnm*. Se debe consultar al fabricante para conocer si se requiere de un factor de ajuste en la capacidad.

El factor por el cual se debe afectar el nivel básico de aislamiento debido a la altitud, se obtiene de la Tabla N° 28:

*Tabla N° 28. Factores de corrección del esfuerzo dieléctrico para transformadores instalados a alturas mayores de 1000 *msnm**

METROS DE ALTITUD	FACTOR DE CORRECCIÓN POR ALTITUD PARA ESFUERZO DIELECTRICO
1000	1.00
1200	0.98
1500	0.95
1800	0.92

Continua...

2100	0.89
2400	0.86
2700	0.83
3000	0.80
3600	0.75
4200	0.70
4500	0.67

Fuente: ANSI C57.13

Con la guía de la Tabla N° 28, encontramos que para una altura de 3800 *msnm*, el factor de corrección por altitud a utilizar es: $F_C = 0.70$

3.8.2. Tensión nominal primaria

La tensión nominal para un TP en base a la tensión nominal del sistema, que para nuestro caso es:

$$V_p = 10000 \text{ V} \quad (\text{Ec. 5})$$

3.8.3. Tensión nominal secundaria

La tensión nominal secundaria del TP, se calcula de acuerdo a la relación igual ha 45: 1, por lo tanto la tensión en el secundario es:

$$V_s = \frac{1000}{45} = 222.2 \text{ V} \quad (\text{Ec. 6})$$

3.8.4. Frecuencia nominal

La frecuencia nominal se selecciona igual a la del sistema, es decir 60 *Hz*.

3.8.5. Capacidad de aislamiento

El valor de NBAI correspondiente a la tensión nominal en el primario, se obtiene de la Tabla N° 29:

Tabla N° 29. Niveles de aislamiento fase-fase, normalizados para los equipos con tensiones máximo $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 300 \text{ kV}$

Tensión Máxima Del Equipo U_m (kV) Eficaz	Tensión Nominal Soportada Al Impulso Tipo Rayo (kV) Pico	Tensión Nominal Soportada A Frecuencia Industrial (kV) Eficaz
52	250	95
72.5	325	140
123	450	185
	550	230
145	450	230
	550	230
	650	275
170	550	275
	650	275
	750	325
245	650	360
	750	360
	850	360
	950	395
	1050	460

Fuente: IEC

Entonces de la tabla N° 29: $NBAI = 95 \text{ kV eficaz}$

Además, el valor corregido por la altitud será:

$$NBAI' = NBAI * F_c \quad (\text{Ec.7})$$

$$NBAI' = 95 * 0.70 = 66.5 \text{ kV pico}$$

3.8.6. Valor de carga designada

Con la guía de la Tabla N° 30:

Tabla N° 30. Valores estandarizados de carga para TPs

VALORES ESTÁNDAR DE CARGA			VALORES EN 120 V BASE			VALORES EN 69.3 V BASE		
Designación	VA	Factor de potencia	Resistencia (Ω)	Inductancia	Impedancia (Ω)	Resistencia (Ω)	Inductancia	Impedancia (Ω)
W	12.5	0.10	115.2	3.0400	1152	38.4	1.0100	384
X	25.0	0.70	403.2	1.0900	576	134.4	0.3640	192
M	35.0	0.20	82.3	1.0700	411	27.4	0.3560	137
Y	75.0	0.85	163.2	0.2680	192	54.4	0.0894	64
Z	200.0	0.85	61.2	0.1010	72	20.4	0.0335	24
ZZ	400.0	0.85	30.6	0.0503	36	10.2	0.0168	12

Fuente: ANSI C57.13

Como el valor de factor de potencia utilizado es 0.85, entonces la selección de carga y designación es:

$$Y = 75 \text{ kV}$$

3.8.7. Precisión

La clase de precisión se selecciona de acuerdo al servicio que darán los aparatos conectados y a la precisión de los mismos. Seleccionamos entonces una clase 1.2 que es recomendada para: voltímetros indicadores, voltímetros registradores, medidos de factor de potencia, wathorímetros de uso general, relevadores de uso general, etc. Por lo tanto, la clase de precisión es: 1.2 Y

3.8.8. Elevación de temperatura

De la Tabla N° 31:

Tabla N° 31. Límites de elevación de temperatura

Tipo de transformador de instrumento	30°C ambiente		55°C ambiente	
	Aumento medio de la temperatura de bobinado determinado por el método de resistencia (°C)	Aumento de la temperatura del bobinado del punto más caliente (°C)	Aumento medio de la temperatura de bobinado determinado por el método de resistencia (°C)	Aumento de la temperatura del bobinado del punto más caliente (°C)
Subida de 55°C	55	65	30	40
Subida de 66°C	65	80	40	55
Subida de 35°C de tipo seco	80	110	55	85

Fuente: ANSI C57.13

El valor del límite de elevación de temperatura de selección igual a 65°C, basado en la norma ANSI C 57.13 para un temperatura ambiente de 30°C

3.8.9. Intensidad de Corriente en Cortocircuito

La intensidad I_{cc} se establece siguiendo un régimen transitorio en función de las reactancias X y de las resistencias R que son las componentes de la impedancia Z_{cc} (de Metz-Noblat, Dumas, & Thomasset, 2015):

$$Z_{cc} = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (\text{Ec. 8})$$

a. Cortocircuito trifásico.

Es el defecto que corresponde a la unión de las tres fases. La intensidad de cortocircuito está dada por la ecuación 9:

$$I_{cc3} = \frac{U}{\sqrt{3} * Z_{cc}} \quad (\text{Ec. 9})$$

Para los cálculos necesarios en cuanto al transformador, se toma como referencia los datos existentes en la Tabla N° 12, en donde se tienen los siguientes valores:

$$R = 0.268 \Omega/km \quad X = 0.124 \Omega/km$$

Ya que el valor a trabajar es de 100 m se tiene los valores:

$$R = 0.0268 \quad X = 0.0124$$

La impedancia en cortocircuito (ecuación 8) está dada por:

$$Z_{cc} = \sqrt{0.0268^2 + 0.0124^2} = 0.0295$$

Entonces la intensidad máxima en cortocircuito trifásico (ecuación 9) es:

$$I_{cc_3} = \frac{220}{\sqrt{3} * 0.0295} = 4.302 \text{ kA}$$

Como el transformador tiene una potencia de 50 kVA o 42.5 kW, la corriente máxima entregada por el transformador es 0.19 kA, lo cual nos indica que en caso de contacto directo de fases no habrá daño de los conductores, evitando así potenciales incendios.

3.8.10. General

Debido a las exigencias calculadas para cada ambiente, sumando la potencia en demanda total:

Para quirófano : $P_{quirófano} = 6952 \text{ W}$

Para UCI : $P_{UCI} = 13324 \text{ W}$

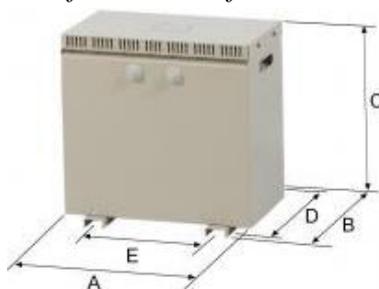
Para hospitalización : $P_{hospitalización} = 20240 \text{ W}$

El resultado total de potencia es $P = 40516 \text{ W}$ ó 47665.8 kVA

Debido al sobrepaso de 40000 W se pasa a la siguiente cantidad comercial existente, con las siguientes características, ver Figura 41:

Potencia	:	50 kVA
Aislantes	:	Clase H - 180°C a partir de 63 kVA Clase F - 155°C Hasta 50 kVA
Bobinado	:	Clase HC - 200°C
Envolvente	:	En caja metálica, pintado epoxi poliéster
Frecuencia	:	60 Hz
Tensión de entrada	:	10 kV
Tensión de salida	:	220 V - 230 V
Grado de protección	:	IP 23
Refrigeración	:	ANAN
Temperatura ambiente	:	15°C

Figura 41. Transformador trifásico de aislamiento



Fuente: Recuperado de

http://www.polylux.com/familia/ttw_transformadores_de_aislamiento_trifasicos_ip_23

3.9. SELECCIÓN DE UPS

3.9.1. Quirófano

Teniendo en cuenta la potencia de demanda máxima de quirófano:

$$P = 6952 W \text{ ó } 8179 VA$$

Se busca un UPS comercial con las siguientes características, ver Figura 42:

Potencia : 8.5 kW / 10 kVA

Entrada : 220V – 230V

Salida : 220 V

Tiempo de autonomía a media carga : 22 minutos

Tiempo de autonomía a carga completa : 8 minutos

Figura 42. UPS elegido para quirófano



Fuente: Recuperado de <http://www.apc.com/shop/id/en/products/APC-Smart-UPS-RT-20kVA-RM-230V/P-SURT20KRMXLI>

3.9.2. Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

Teniendo en cuenta la potencia de demanda máxima de UCI:

$$P = 13324 W \text{ ó } 15775 VA$$

Se busca un UPS comercial con las siguientes características, ver Figura 43:

Potencia : 15 kW / 17.5 kVA

Entrada : 220V – 230V

Salida : 220 V

Tiempo de autonomía a media carga : 22 minutos

Tiempo de autonomía a carga completa : 8 minutos

Figura 43. UPS elegido para UCI



Fuente: Recuperado de <http://www.apc.com/shop/id/en/products/APC-Smart-UPS-RT-20kVA-RM-230V/P-SURT20KRMXLI>

3.10. CÁLCULO DE TIPO DE CONDUCTOR PARA MALLA EQUIPOTENCIAL

3.10.1. Resistividad del Suelo

Para el cálculo de la resistividad, se toman los valores encontrados en el campo (ANEXO 01), teniendo como valor promedio 26 Ω . Entonces teniendo en cuenta la fórmula de resistividad se tiene la ecuación 10:

$$\rho = 2\pi * R * l \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde:

ρ : Resistividad
 R : Resistencia
 l : Longitud

Teniendo una longitud de 5 m tomada de estaca a estaca y con la resistencia del suelo de 26 Ω , con ayuda de la ecuación 10 se tiene la resistividad del suelo que es:

$$\rho = 2\pi * 26 * 5 = 817$$

3.10.2. Formulas a Usar

Para el cálculo de los datos necesarios para el diseñado de mallas, se toma como guía el artículo intitulado “Calculo de la Malla de Puesta a Tierra de una Subestación” (Asdrúbal Herrera & Castro Hernandez, 2003)

3.10.2.1. Tensión de Paso

En la diferencia de potencial entre dos puntos de un terreno que pueden ser tocados simultáneamente por una persona su valor permisible está dado por la ecuación 11:

$$E_p = \frac{165 + \rho_S}{\sqrt{t}} \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

- E_p : Tensión de Paso Permisible en voltios
- ρ_S : Resistividad de la superficie del terreno en ($\Omega - m$)
- t : Duración máxima de falla en segundos

3.10.2.2. Tensión de Contacto

Es la diferencia de potencial entre un punto en la superficie del terreno y cualquier otro punto que pueda ser tocado simultáneamente por una persona, su valor permisible está dado por la ecuación 12:

$$E_t = \frac{165 + 0.25\rho_S}{\sqrt{t}} \quad (\text{Ec. 12})$$

3.10.2.3. Selección del Conductor de la Malla

Para calcular la sección del conductor se aplica la ecuación 13:

$$Ac = I \left(\frac{33t}{\log\left(\frac{Tm-Ta}{234+Ta} + 1\right)} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

- Ac : Sección del conductor (cm)
- I : Corriente máxima de falla (Amp)
- Tm : Temperatura máxima en los nodos de la malla ($450^{\circ}C$ con soldadura)
- Ta : Temperatura ambiente ($^{\circ}C$)

3.10.2.4. Tensiones Reales de Paso y de Contacto

La tensión de paso real en una subestación está dada por la ecuación 14:

$$E_p = k_s * k_i * \frac{\rho I}{L} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

- E_p : Tensión de paso real en voltios
- k_s : Coeficiente que tiene en cuenta la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.
- k_i : Coeficiente de irregularidad del terreno
- ρ : Resistividad del suelo ($\Omega - m$)
- I : Corriente máxima de falla (Amp)
- L : Longitud total del conductor (m)

La tensión de contacto real está dada por la ecuación 15:

$$E_t = k_m * k_i * \frac{\rho I}{L} \quad (\text{Ec. 15})$$

Donde:

- E_t : Tensión de contacto en voltios
- k_m : Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla.

3.10.2.5. Determinación de los coeficiente k_m , k_i , k_S

La longitud total del conductor está dada por la ecuación 16:

$$L = n * A + m * B \quad (\text{Ec. 16})$$

Para la determinación de los coeficientes se tienen las ecuaciones 17, 18 y 19.

Donde:

- A : Longitud de la malla (m)
- B : Ancho de la malla (m)
- L : Longitud total del conductor (m)
- n : Número de conductores en paralelo de longitud A
- m : Número de conductores en paralelo de longitud B
- D : Espaciamiento entre conductores (m)
- h : Profundidad de enterramiento (m)
- d : Diámetro del conductor (m)

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{D^2}{16hd} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\underbrace{\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} * \dots}_{n-2 \text{ términos}} \right) \quad (\text{Ec. 17})$$

$$k_i = \begin{cases} 0.65 + 0.172n & n \leq 7 \\ 2.0 & n > 7 \end{cases} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$k_S = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right) \quad (\text{Ec. 19})$$

3.10.2.6. Resistencia de la Malla

Para el cálculo de la resistencia en malla para cada área, se tienen las ecuaciones 20, 21, 22 y 23.

$$V = L * A * 0.5 m \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

- L : Largo de la estructura
- A : Ancho de la estructura

$$R_{hor} = 0.2 * \frac{\rho}{V} \quad (\text{Ec. 21})$$

$$R_c = 2 * \frac{\rho}{L} \quad (\text{Ec. 22})$$

$$R_T = \frac{R_{hor} * R_c}{R_{hor} + R_c} \quad (\text{Ec. 23})$$

Donde:

- R_{hor} : Resistencia de hormigón (Ω)
- V : Volumen (m^3)
- ρ : Resistividad del suelo ($\Omega - m$)
- R_c : Resistencia de conductor (Ω)
- L : Longitud total del conductor (m)
- R_T : Resistencia total (Ω)

3.10.3. Área de Quirófano

Calculo de la malla de tierra en el área de quirófanos del Hospital Tipo IV, con los datos mostrados en la Tabla N° 32.

Tabla N° 32. Datos generales para quirófano

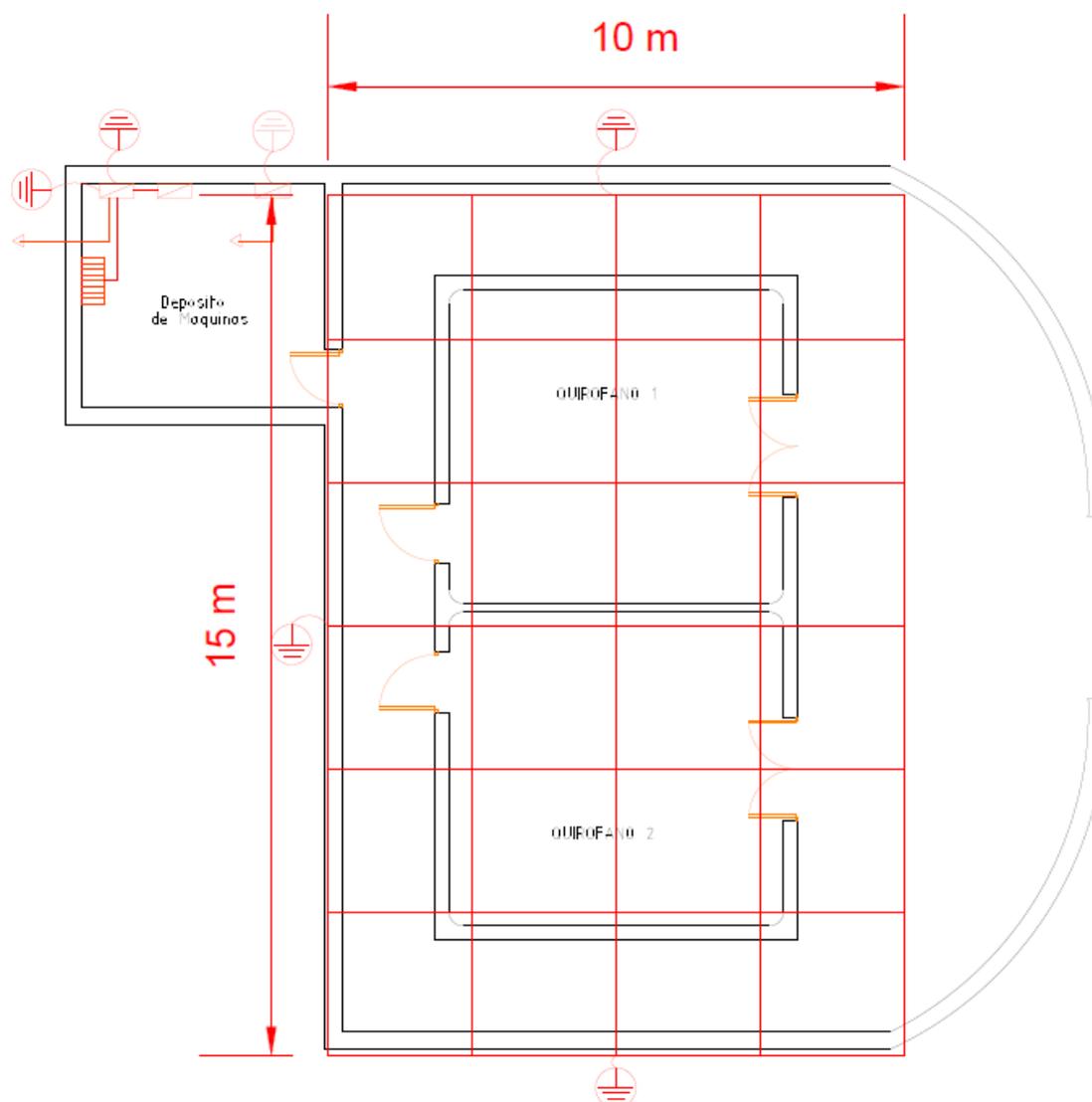
DESCRIPCIÓN	VALOR
Dimensiones de quirófano:	$10 \times 15m^2$
Corriente máxima de falla:	100 A
Nivel de tensión:	220 V
Resistividad del suelo:	817 Ω
Resistividad de la superficie:	2000 ($\Omega - m$)
Tiempo máximo de falla:	1 seg

Elaboración: Propia

3.10.3.1. Modelado de mallas para el área de Quirófano

En la Figura 44 se tiene el diseño del modelado de malla equipotencial para el área de Quirófano, según el plano del ANEXO 02.

Figura 44. Modelado de mallas en quirófano



Elaboración: Propia

3.10.3.2. Selección de conductor

De la ecuación 13, sea: $T_a = 10^\circ C$ $T_m = 450^\circ$

$$A_c = 100 \left(\frac{33 * 1}{\log \left(\frac{450 - 10}{234 + 10} + 1 \right)} \right)^{1/2} = 857.5 \text{ cm}$$

Además,

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm} \rightarrow 5 * 10^{-4} \text{ mm}^2 \\ 857.5 \text{ cm} \rightarrow S \end{array} \quad S = 0.428 \text{ mm}^2$$

Entonces, para una sección circular de 0.428 mm^2 como valor mínimo, se tiene un diámetro de conductor $d = 4.67 \text{ mm}$. Para el diseño se hará uso de un cable de 16 mm para tener una mejor conductividad de corriente.

3.10.3.3. Elección de la Malla

Para el área de quirófano se tiene cuadrados de 2.5 m , además el conductor se debe enterrar a una profundidad de 40 cm y el diámetro del conductor es de 4.67 mm , por lo tanto:

$$A = 15 \text{ m} \quad B = 10 \text{ m} \quad n = 5 \quad m = 7 \quad D = 2.5 \text{ m} \quad h = 0.4 \text{ m} \quad d = 0.00467$$

De la ecuación 16, se tiene:

$$L = (5 * 15) + (7 * 10) = 145$$

De la ecuación 17, se tiene:

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{2.5^2}{16 * 0.4 * 0.00467} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} \right) = 0.66$$

De la ecuación 18, se tiene:

$$k_i = 0.65 + (0.172 * 5) = 1.51$$

De la ecuación 19, se tiene:

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.4} + \frac{1}{2.5 + 0.4} + \frac{1}{2 * 2.5} + \frac{1}{3 * 2.5} + \frac{1}{4 * 2.5} \right) = 0.65$$

Calculo de las tensiones permisibles de paso (ecuación 11) y contacto (ecuación 12):

$$E_p = \frac{165 + 2000}{\sqrt{1}} = 2165 V$$

$$E_t = \frac{165 + 0.25 * 2000}{\sqrt{1}} = 665 V$$

Los valores reales de tensión de paso (ecuación 14) y contacto (ecuación 15):

$$E_p = 0.65 * 1.51 * \frac{817 * 100}{145} = 553.02 V < 2165V$$

$$E_t = 0.66 * 1.51 * \frac{817 * 100}{145} = 561.53 < 665V$$

Por lo tanto, el diseño realizado para la malla es aceptable, porque los voltajes de paso y contacto están dentro del margen permisible.

3.10.3.4. Resistencia de la malla

Para encontrar el volumen de la estructura (ecuación 20), se tiene:

$$V = 18.29 * 15.4 * 0.5 = 140.833$$

Además: $\rho = 817$ $L = 145$

Para la resistencia hormigón (ecuación 21) se tiene:

$$R_{hor} = 0.2 * \frac{817}{140.833} = 1.16 \Omega$$

Para la resistencia de conductor (ecuación 22) se tiene:

$$R_c = 2 * \frac{817}{145} = 11.27 \Omega$$

La resistencia total (ecuación 23) es igual a la resistencia en paralelo de las anteriores, entonces:

$$R_T = \frac{1.16 * 11.27}{1.16 + 11.27} = 1.05 \Omega$$

Debido a que el valor de la resistencia total es menor a 5Ω , dado en el CNE, este valor es considerable y cumple con lo establecido.

3.10.4. Unidad de Cuidados Intensivos

Calculo de la malla de tierra en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital Tipo IV, que contiene los datos dados en la Tabla N° 33.

Tabla N° 33. Datos generales para UCI

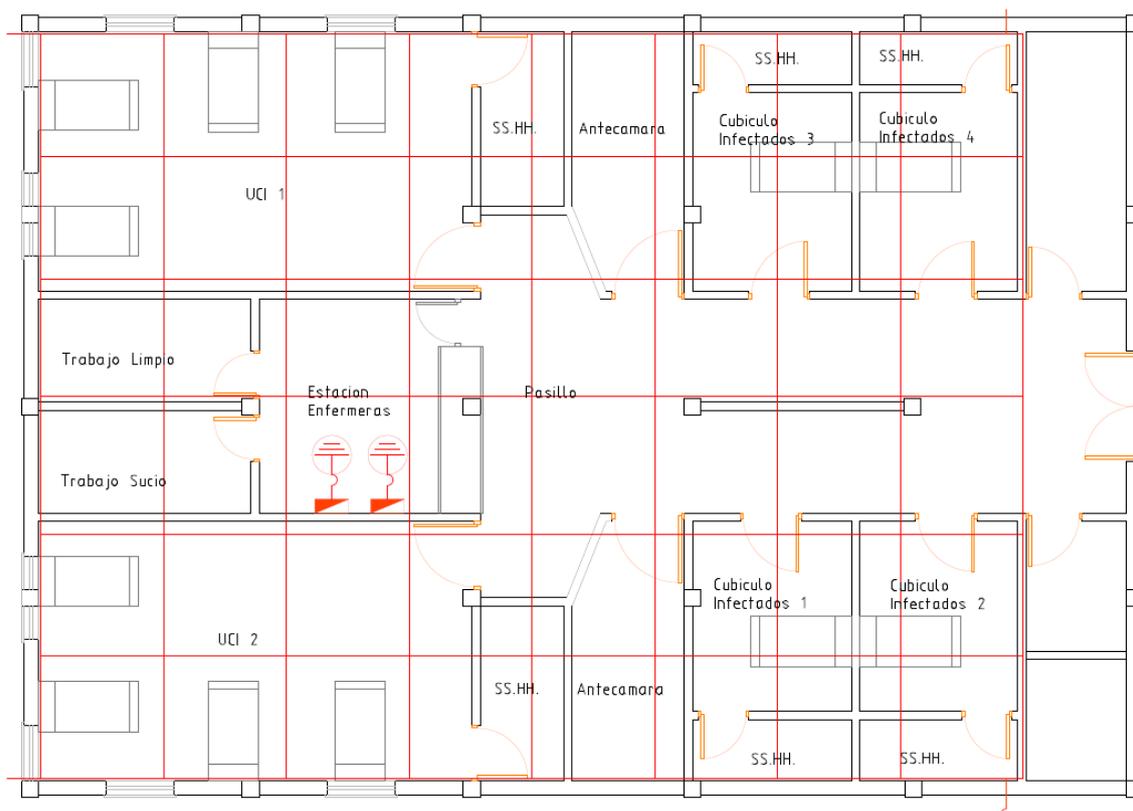
DESCRIPCIÓN	VALOR
Dimensiones de UCI:	$17.6 \times 13.4m^2$
Corriente máxima de falla:	100 A
Nivel de tensión:	220 V
Resistividad del suelo:	817 Ω
Resistividad de la superficie:	2000 ($\Omega - m$)
Tiempo máximo de falla:	1 seg

Elaboración: Propia

3.10.4.1. Modelado de mallas para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

En la Figura 45 se tiene el diseño del modelado de malla equipotencial para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), según el plano del ANEXO 02.

Figura 45. Modelado de mallas en UCI



Elaboración: Propia

3.10.4.2. Selección de conductor

De la ecuación 13, sea: $T_a = 10^{\circ}C$ $T_m = 450^{\circ}C$

$$A_c = 100 \left(\frac{33 * 1}{\log \left(\frac{450 - 10}{234 + 10} + 1 \right)} \right)^{1/2} = 857.5 \text{ cm}$$

Además,

$$\begin{matrix} 1 \text{ cm} & \rightarrow & 5 * 10^{-4} \text{ mm}^2 \\ 857.5 \text{ cm} & \rightarrow & S \end{matrix} \quad S = 0.428 \text{ mm}^2$$

Entonces, para una sección circular de 0.428 mm^2 como valor mínimo, se tiene un diámetro de conductor $d = 4.67 \text{ mm}$. Para el diseño se hará uso de un cable de 16 mm para tener una mejor conductividad de corriente.

3.10.4.3. Elección de la Malla

Para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) se tiene cuadrados de 2.2 m, además el conductor se debe enterrar a una profundidad de 40 cm y el diámetro del conductor es de 4.67 mm, por lo tanto:

$$A = 17.6 \text{ m} \quad B = 13.4 \text{ m} \quad n = 7 \quad m = 9 \quad D = 2.2 \text{ m} \quad h = 0.4 \text{ m} \quad d = 0.00467$$

De la ecuación 16, se tiene:

$$L = (7 * 17.6) + (9 * 13.4) = 243.8$$

De la ecuación 17, se tiene:

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{2.2^2}{16 * 0.4 * 0.00467} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} * \frac{5}{6} * \frac{7}{8} * \frac{9}{10} * \frac{11}{12} \right) = 0.56$$

De la ecuación 18, se tiene:

$$k_i = 0.65 + (0.172 * 7) = 1.85$$

De la ecuación 19, se tiene:

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.4} + \frac{1}{2.2 + 0.4} + \frac{1}{2 * 2.2} + \frac{1}{3 * 2.2} + \frac{1}{4 * 2.2} + \frac{1}{5 * 2.2} + \frac{1}{6 * 2.2} \right) = 0.73$$

Calculo de las tensiones permisibles de paso (ecuación 11) y contacto (ecuación 12):

$$E_p = \frac{165 + 2000}{\sqrt{1}} = 2165 \text{ V}$$

$$E_t = \frac{165 + 0.25 * 2000}{\sqrt{1}} = 665 \text{ V}$$

Los valores reales de tensión de paso (ecuación 14) y contacto (ecuación 15):

$$E_p = 0.73 * 1.85 * \frac{817 * 100}{243.8} = 452.57 V < 2165V$$

$$E_t = 0.56 * 1.85 * \frac{817 * 100}{243.8} = 347.17 V < 665V$$

Por lo tanto, el diseño realizado para la malla es aceptable, porque los voltajes de paso y contacto están dentro del margen permisible.

3.10.4.4. Resistencia de la malla

Para encontrar el volumen de la estructura (ecuación 20), se tiene:

$$V = 14.1 * 20.1 * 0.5 = 141.7$$

Además: $\rho = 817$ $L = 243.8$

Para la resistencia hormigón (ecuación 21) se tiene:

$$R_{hor} = 0.2 * \frac{817}{141.7} = 1.15 \Omega$$

Para la resistencia de conductor (ecuación 22) se tiene:

$$R_c = 2 * \frac{817}{243.8} = 6.7 \Omega$$

La resistencia total (ecuación 23) es igual a la resistencia en paralelo de las anteriores, entonces:

$$R_T = \frac{1.15 * 6.7}{1.15 + 6.7} = 0.98 \Omega$$

Debido a que el valor de la resistencia total es menor a 5Ω , dado en el CNE, este valor es considerable y cumple con lo establecido.

3.10.5. Área de Hospitalización

Calculo de la malla de tierra en el Área de Hospitalización del Hospital Tipo IV, que contiene los datos de la Tabla N° 34:

Tabla N° 34. Datos generales para hospitalización

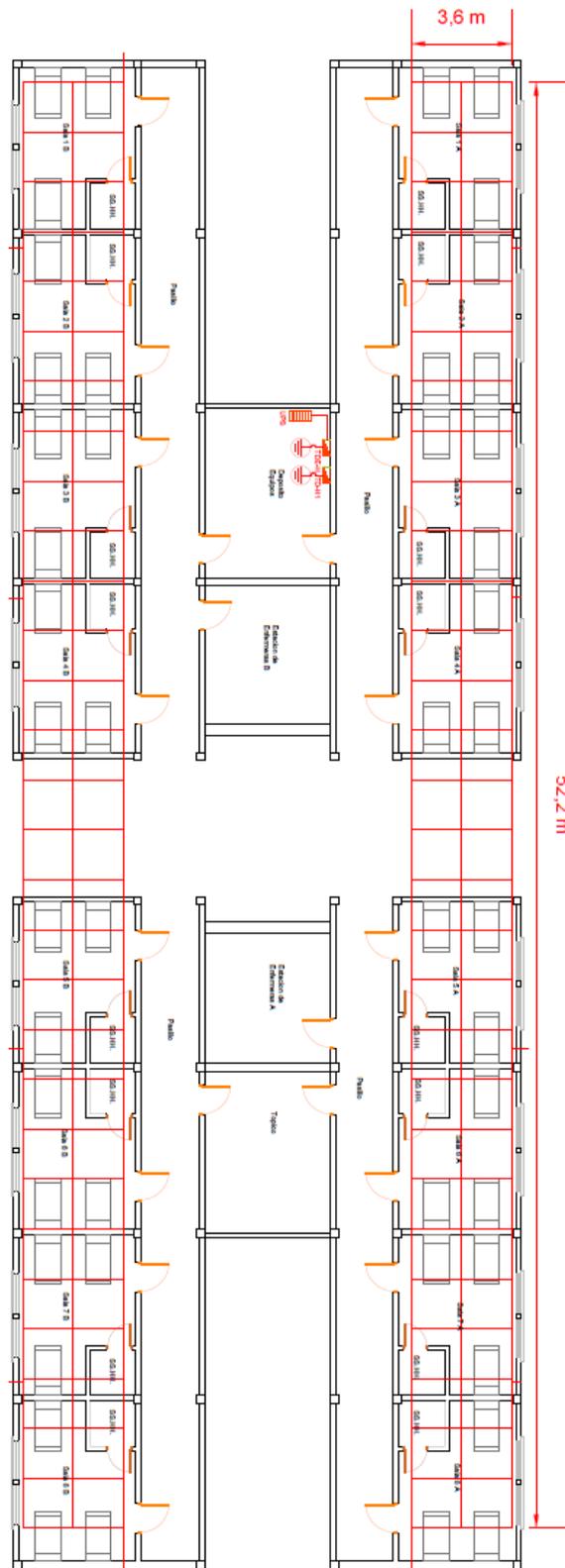
DESCRIPCIÓN	VALOR
Dimensiones de hospitalización:	$52.2 \times 3.6m^2$
Corriente máxima de falla:	100 A
Nivel de tensión:	220 V
Resistividad del suelo:	817 Ω
Resistividad de la superficie:	2000 ($\Omega - m$)
Tiempo máximo de falla:	1 seg

Elaboración: Propia

3.10.5.1. Modelado de mallas para el área de Hospitalización

En la Figura 46 se tiene el diseño del modelado de malla equipotencial para el área de Hospitalización, según el plano del ANEXO 02.

Figura 46. Modelado de mallas en Hospitalización



Elaboración: Propia

3.10.5.2. Selección de conductor

Según la ecuación 13; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se tiene

$$T_a = 10^\circ C \quad T_m = 450^\circ C$$

$$A_c = 100 \left(\frac{33 * 1}{\log \left(\frac{450 - 10}{234 + 10} + 1 \right)} \right)^{1/2} = 857.5 \text{ cm}$$

Además,

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad 5 * 10^{-4} \text{ mm}^2 \\ 857.5 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad S \end{array} \quad S = 0.428 \text{ mm}^2$$

Entonces, para una sección circular de 0.428 mm^2 como valor mínimo, se tiene un diámetro de conductor $d = 4.67 \text{ mm}$. Para el diseño se hará uso de un cable de 16 mm para tener una mejor conductividad de corriente.

3.10.5.3. Elección de la Malla

Para el área de Hospitalización se tiene cuadrados de 1.8 m , además el conductor se debe enterrar a una profundidad de 40 cm y el diámetro del conductor es de 4.67 mm , por lo tanto:

$$A = 17.6 \text{ m} \quad B = 13.4 \text{ m} \quad n = 3 \quad m = 30 \quad D = 1.8 \text{ m} \quad h = 0.4 \text{ m} \quad d = 0.00467$$

De la ecuación 16, se tiene:

$$L = (3 * 52.2) + (30 * 3.6) = 264.6$$

De la ecuación 17, se tiene:

$$k_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left(\frac{1.8^2}{16 * 0.4 * 0.00467} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \right) = 0.65$$

De la ecuación 18, se tiene:

$$k_i = 0.65 + (0.172 * 3) = 1.17$$

De la ecuación 19, se tiene:

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.4} + \frac{1}{1.8 + 0.4} + \frac{1}{2 * 1.8} \right) = 0.63$$

Calculo de las tensiones permisibles de paso (ecuación 11) y contacto (ecuación 12):

$$E_p = \frac{165 + 2000}{\sqrt{1}} = 2165 \text{ V}$$

$$E_t = \frac{165 + 0.25 * 2000}{\sqrt{1}} = 665 \text{ V}$$

Los valores reales de tensión de paso (ecuación 14) y contacto (ecuación 15):

$$E_p = 0.63 * 1.17 * \frac{817 * 100}{264.6} = 227.59 \text{ V} < 2165 \text{ V}$$

$$E_t = 0.65 * 1.17 * \frac{817 * 100}{264.6} = 234.82 \text{ V} < 665 \text{ V}$$

Por lo tanto, el diseño realizado para la malla es aceptable, porque los voltajes de paso y contacto están dentro del margen permisible.

3.10.5.4. Resistencia de la malla

Para encontrar el volumen de la estructura (ecuación 20), se tiene:

$$V = 6.85 * 54.5 * 0.5 = 186.66$$

Además: $\rho = 817$ $L = 264.6$

Para la resistencia hormigón (ecuación 21) se tiene:

$$R_{hor} = 0.2 * \frac{817}{186.66} = 0.88 \Omega$$

Para la resistencia de conductor (ecuación 22) se tiene:

$$R_c = 2 * \frac{817}{264.6} = 6.18 \Omega$$

La resistencia total (ecuación 23) es igual a la resistencia en paralelo de las anteriores, entonces:

$$R_T = \frac{0.88 * 6.18}{0.88 + 6.18} = 0.77 \Omega$$

Debido a que el valor de la resistencia total es menor a 5Ω , dado en el CNE, este valor es considerable y cumple con lo establecido.

3.11. SELECCIÓN DE PARARRAYOS

3.11.1. Condiciones

Los pararrayos de alta tensión se seleccionan de acuerdo a la tabla donde necesitamos calcular los parámetros Um y Ur .

Um : Es el voltaje *r.m.s.* máximo fase-fase el cual ocurre bajo condiciones de operación normal en cualquier instante y en cualquier punto del sistema y puede ser estimado del 5% al 10% del valor máximo de tensión nominal.

Uc : Tensión permisible que puede ser aplicado continuamente entre los terminales del pararrayo y es igual a $Um/\sqrt{3}$.

Un : Tensión nominal

$$K_e = \begin{matrix} 1.4 & \text{sistemas solidamente puestos a tierra} \\ 1.73 & \text{sistemas con neutro aislado} \end{matrix} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$K_o = 0.8 \quad \text{valor depende del fabricante} \quad (\text{Ec. 25})$$

$$K_t = \begin{matrix} 1.15 & \text{para 1 seg} \\ 1.06 & \text{para 10 seg} \\ 0.95 & \text{para 2 horas} \end{matrix} \quad (\text{Depende del tiempo de duración de la sobretensión temporal})$$

$$(\text{Ec. 26})$$

Debido a la regulación del transformador:

$$U_{max} = Un + 2 * 2.5\% KV \quad (\text{Ec. 27})$$

$$U_{max} = 10 + 2 * 2.5\% KV = 10.05 KV$$

$$U_{min} = Un - 2 * 2.5\% KV \quad (\text{Ec. 28})$$

$$U_{min} = 10 - 2 * 2.5\% KV = 9.95 KV$$

Además, el voltaje máximo rms de fase a fase está dado por:

$$U_m = k_t * U_{max} \quad (\text{Ec. 29})$$

$$U_m = 1.06 * 10.05 = 10.653 KV$$

$$U_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \quad (\text{Ec. 30})$$

$$U_c = \frac{10.653}{\sqrt{3}} = 6.15 KV$$

$$TOV = K_e * U_c \quad (\text{Ec. 31})$$

$$TOV = (1.4)(6.15) = 8.61 KV$$

Sobretensión continua de operación afectado por el factor de diseño del pararrayo:

$$R_o = \frac{U_c}{K_o} \tag{Ec. 32}$$

$$R_o = \frac{6.15}{0.8} = 7.69 \text{ KV}$$

Sobretensión temporal afectado por el factor de capacidad del pararrayo:

$$R_e = \frac{TOV}{K_t} \tag{Ec. 33}$$

$$R_e = \frac{8.61}{1.06} = 8.12 \text{ KV}$$

Tensión nominal del pararrayo

$$R = R_e * 1.05 \tag{Ec. 34}$$

$$R = (8.12)(1.05) = 8.53 \text{ KV}$$

3.12. CÁLCULO DE CABLE PARA PUESTA TIERRA

Para la elección de los conductores del tablero, malla y pararrayos a su respectiva puesta a tierra, se toma en consideración la Tabla N° 35 según su amperaje:

Tabla N° 35. 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 sobre corriente 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

Continua...

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
1000	67.44	2/0	107.21	4/0
1200	85.02	3/0	126.67	250 <i>kcmil</i>
1600	107.21	4/0	177.34	350 <i>kcmil</i>
2000	126.67	250 <i>kcmil</i>	202.68	400 <i>kcmil</i>
2500	177.34	350 <i>kcmil</i>	304.02	600 <i>kcmil</i>
3000	202.68	400 <i>kcmil</i>	304.02	600 <i>kcmil</i>
4000	253.25	500 <i>kcmil</i>	405.36	800 <i>kcmil</i>
5000	354.69	700 <i>kcmil</i>	608.04	1200 <i>kcmil</i>
6000	405.36	800 <i>kcmil</i>	608.04	1200 <i>kcmil</i>

Fuente: NTC2050 y la NEC

Primero se calcula la intensidad para cada ambiente utilizando la ecuación 35:

$$I = \frac{P}{V} \quad (\text{Ec. 35})$$

$$I_{\text{quirófano}} = \frac{P_{\text{quirófano}}}{V} = \frac{6952 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 31.6 \text{ A}$$

$$I_{UCI} = \frac{P_{UCI}}{V} = \frac{13324 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 60.56 \text{ A}$$

$$I_{\text{hospitalización}} = \frac{P_{\text{hospitalización}}}{V} = \frac{20240 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 92 \text{ A}$$

- Para el área de quirófano y con la guía de la tabla anterior, el conductor a usar es 8 AWG o 8.36 mm², en un valor comercial de 10 mm² que es el mínimo requerido.

- Para el la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y con la guía de la tabla anterior, el conductor a usar es 6 AWG o 13.29 mm^2 , en un valor comercial de 16 mm^2 que es el mínimo requerido.
- Para el área de hospitalización y con la guía de la tabla anterior, el conductor a usar es 6 AWG o 13.29 mm^2 , en un valor comercial de 16 mm^2 que es el mínimo requerido.
- Para el pararrayos se tiene una intensidad de 600 A, y con la guía de la tabla anterior el conductor a usar es: 2/0 o 67.44 mm^2 en un valor comercial de 75 mm^2 que es el mínimo requerido.

3.13. DISEÑO DE POZO A TIERRA

3.13.1. Resistencia de electrodos verticales a tierra

Según las normas dadas por (Osinermin, 2014), se tiene la siguiente formula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left(\frac{L}{a} \sqrt{\frac{3L+4t}{L+4t}} \right) \quad (\text{Ec. 36})$$

Donde:

- a : Radio de la barra (m)
- R : Resistencia a tierra de la barra (Ω)
- L : Longitud de la barra (m)
- ρ : Resistividad equivalente del terreno ($\Omega - m$)
- t : Longitud desde NTP hasta la base del pozo (m)

Para el diseño se trabaja con una barra de 3/4" que tiene un diámetro de 0.09 m y un radio de 0.0095 m , además se cuenta con los siguientes valores:

$$L = 2.4 \quad t = 0.3 \quad a = 0.0095 \quad \rho = 817$$

De la ecuación 36, se tiene:

$$R = \frac{817}{2\pi * 2.4} \ln \left(\frac{2.4}{0.0095} \sqrt{\frac{3 * 2.4 + 4 * 0.3}{2.4 + 4 * 0.3}} \right) = 322.67 \cong 323 \Omega$$

3.13.2. Mejoramiento de suelo

Como la resistencia es 323 Ω y la permitida por el CNE es 5Ω, entonces para evitar colocar más electrodos en paralelo (20 o más) se procede a realizar el mejoramiento del suelo. Teniendo en cuenta los siguientes valores de reducción de la Tabla N° 36:

Tabla N° 36. Valores de reducción

ADITIVOS	% DE MEJORAMIENTO
THOR-GEL	85%
Cemento conductor	40%
Tierra de cultivo	60%
Cloruro de sodio	60%

Fuente: Valores establecidos en el marco teórico

Lo primero que se debe hacer es una disminución de la resistencia, para lo cual trabajamos con los porcentajes antes mostrados, y suponiendo que 323 Ω es el 100%.

1° disminución porcentual de la resistencia con tierra de cultivo.

Mejorado: 30%

Por mejorar: 100% – 30% = 70%

2° disminución porcentual de la resistencia agregando THOR-GEL

Mejorado: 85%(70%) = 59.5%

Por mejorar: 70% – 59.5% = 10.5%

3° disminución porcentual de la resistencia agregando cemento conductivo

$$\text{Mejorado:} \quad 40\%(10.5\%) = 4.2\%$$

$$\text{Por mejorar:} \quad 10.5\% - 4.2\% = 6.3\%$$

4° disminución porcentual de la resistencia agregando cloruro de sodio

$$\text{Mejorado:} \quad 60\%(6.3\%) = 3.78\%$$

$$\text{Por mejorar:} \quad 6.3\% - 3.78\% = 2.52\%$$

PROCEDIMIENTO Y CÁLCULOS DE MEJORAMIENTO

1. Se calcula el volumen de tierra de cultivo a utilizar, se tiene un pozo de 3m de profundidad y 1m de diámetro, el volumen está dado por:

$$V = \left(\frac{D}{2}\right)^2 * \pi * l = \left(\frac{1}{2}\right)^2 * \pi * 3 = 2.36 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec. 37})$$

2. La cantidad de THOR-GEL a agregar, depende directamente de la cantidad de tierra de cultivo utilizada, viendo la tabla 17 por 2 dosis de THOR-GEL la resistencia reduce en un 85%, se calcula la cantidad necesaria para el volumen de tierra a utilizar:

$$\begin{array}{l} 2 \text{ dosis} \rightarrow 1 \text{ m}^3 \\ x \text{ dosis} \rightarrow 2.36 \text{ m}^3 \end{array} \quad x = 4.72 \cong 5 \text{ dosis}$$

3. La cantidad de cemento conductivo a agregar depende de: el agujero donde se encuentra la varilla de cobre será moldeado por un tubo de 3" que equivale a 7.5 cm de diámetro. Según el cuadro 18 se tiene para una profundidad de 2.8 m en donde entra 2 bolsas de cemento, entonces:

$$\begin{array}{l} 2.8 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ bolsas} \\ 3 \text{ m} \rightarrow x \text{ bolsas} \end{array} \quad x = \frac{2 * 3}{2.8} = 2.14 \text{ bolsas}$$

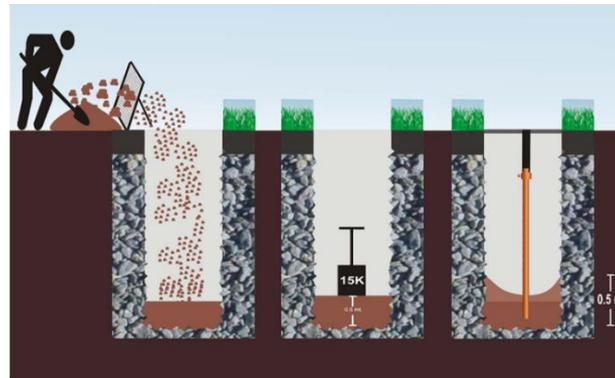
Esto se debe redondear con el entero próximo superior, por lo que se utilizarán 3 bolsas de las que se tiene un sobrante de 9.74 Kg.

4. Para agregar el cloruro de sodio, Osinergmin recomienda un peso de 25 Kg lo cual se hará en 40 litros de agua de la siguiente manera:

- Un día antes del relleno: Mezclar 25 Kg de cloruro de sodio en 40 litros de agua y echarlo al pozo a tierra.

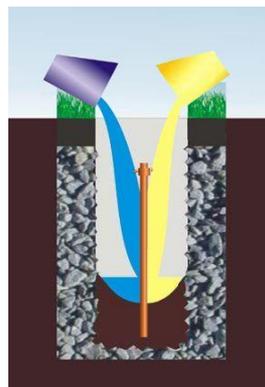
- El día de relleno: echar 15 Kg de cloruro de sodio junto con el cemento conductor sobrante. Esto disminuirá la resistencia aún más.

Figura 47. Llenado de pozo a tierra



Fuente: Recuperado de <https://www.para-rayos.com/index.php/productos/puesta-a-tierra/26-productos/puesta-a-tierra/36-thor-gel>

Figura 48. Llenado de pozo a tierra



Fuente: Recuperado de <https://www.para-rayos.com/index.php/productos/puesta-a-tierra/26-productos/puesta-a-tierra/36-thor-gel>

Con este tratamiento al pozo a tierra se logra una reducción de la resistencia total de la varilla con respecto a la tierra, siendo el nuevo valor:

Resistencia sin mejoramiento del suelo: $R = 323 \Omega \rightarrow 100\%$

Resistencia con mejoramiento del suelo: $R' \rightarrow 3.15\%$

$$R' = \frac{323 \Omega * 2.52\%}{100\%} = 8.14 \Omega$$

De acuerdo a la norma específica esta resistencia a de ser menor a 5Ω , para lograrlo se utilizaran 2 pozos a tierra en paralelo, entonces:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R'} \quad (\text{Ec. 38})$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{8.14} + \frac{1}{8.14} = \frac{2}{8.14} \quad R_{eq} = 4.07 \Omega$$

Esta nueva resistencia equivalente es menos a 5Ω , por lo tanto cumple con la norma. Por lo tanto, se utilizarán 2 pozos a tierra por tablero eléctrico, 2 pozos a tierra por malla equipotencial.

Además, el pararrayo debe tener una menos resistencia a la encontrada anteriormente, entonces:

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R'} + \frac{1}{R'} \quad (\text{Ec. 39})$$

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{8.14} + \frac{1}{8.14} + \frac{1}{8.14} = \frac{3}{8.14} \quad R'_{eq} = 2.71$$

Este valor de resistencia también está dentro de los parámetros admisibles.

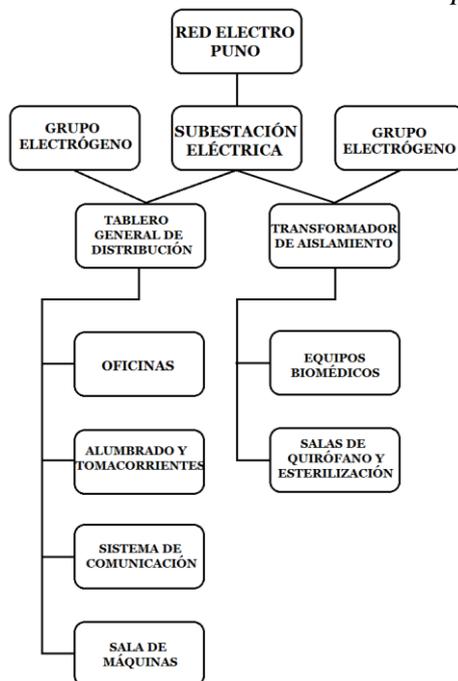
CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN HOSPITALES

En la Figura 49. Distribución eléctrica en hospitales se muestra un diseño de distribución eléctrica en hospitales.

Figura 49. Distribución eléctrica en hospitales

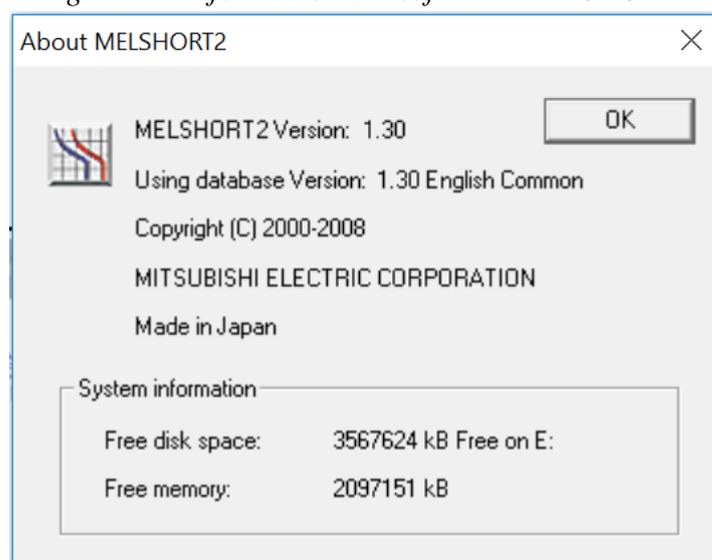


Elaboración: Propia

4.2. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE TI DEL TRANSFORMADOR Y CAÍDA DE TENSIÓN

La simulación para el transformador y la caída de tensión se realizó mediante el software de simulación MELSHORT 2, el mismo que nos da resultados cuasi exactos e iguales a los que se darían en un ámbito real. Las especificaciones del programa se dan en la Figura 50:

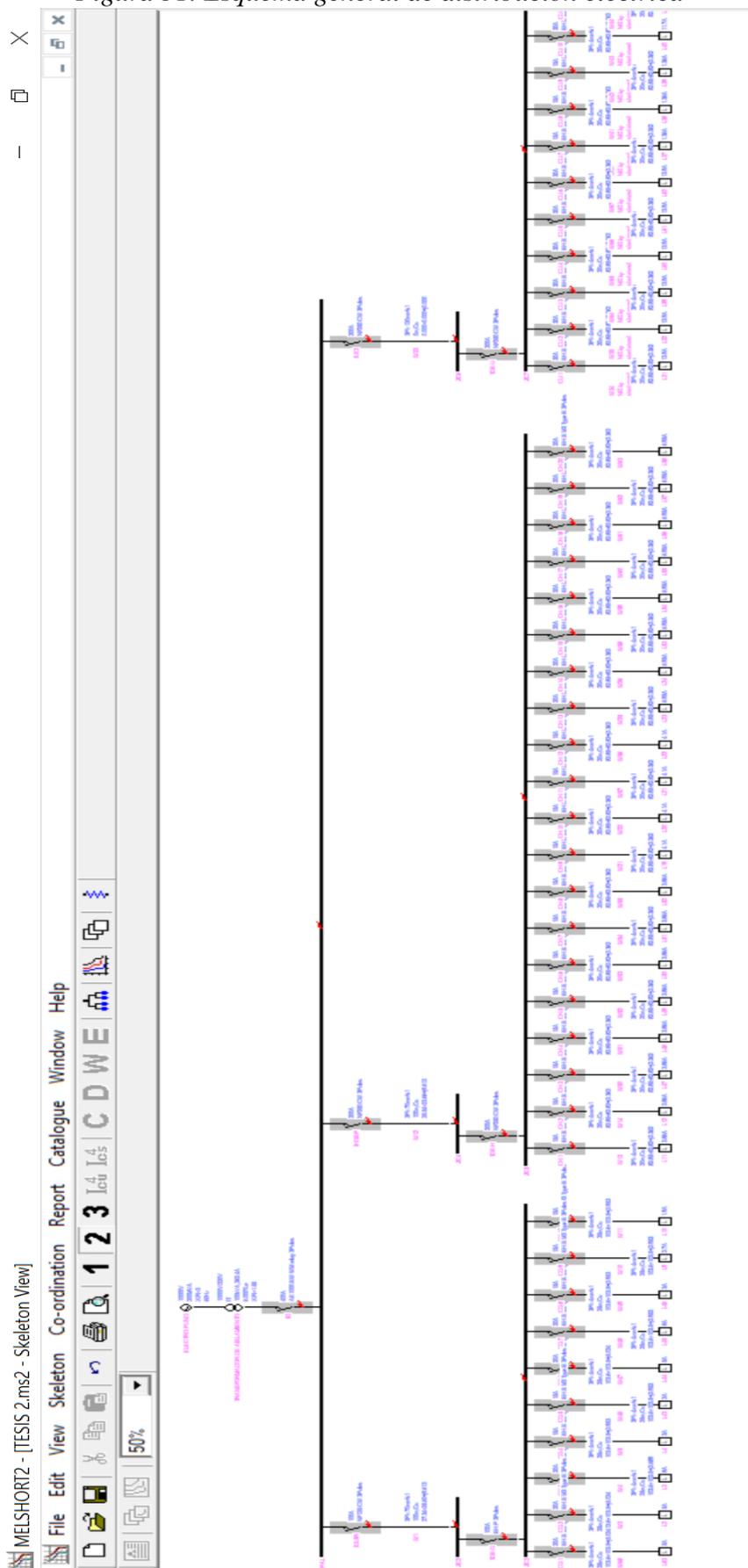
Figura 50. Información del software MELSHORT2



Fuente: MELSHORT

Se muestra el esquema diseñado según las especificaciones de los planos en el anexo 02, la Figura 51 muestra la configuración desde la acometida pasando por el transformador y llegando a los tableros de distribución de cada ambiente.

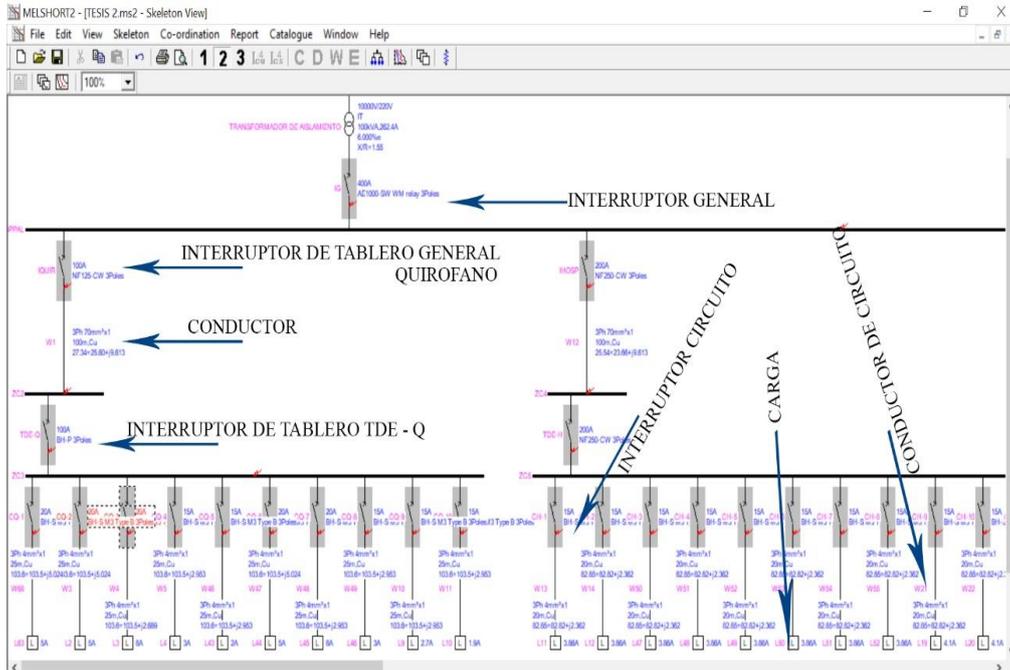
Figura 51. Esquema general de distribución eléctrica



Elaboración: Propia

En la *Figura 52* se muestra la descripción de los componentes utilizados para la simulación.

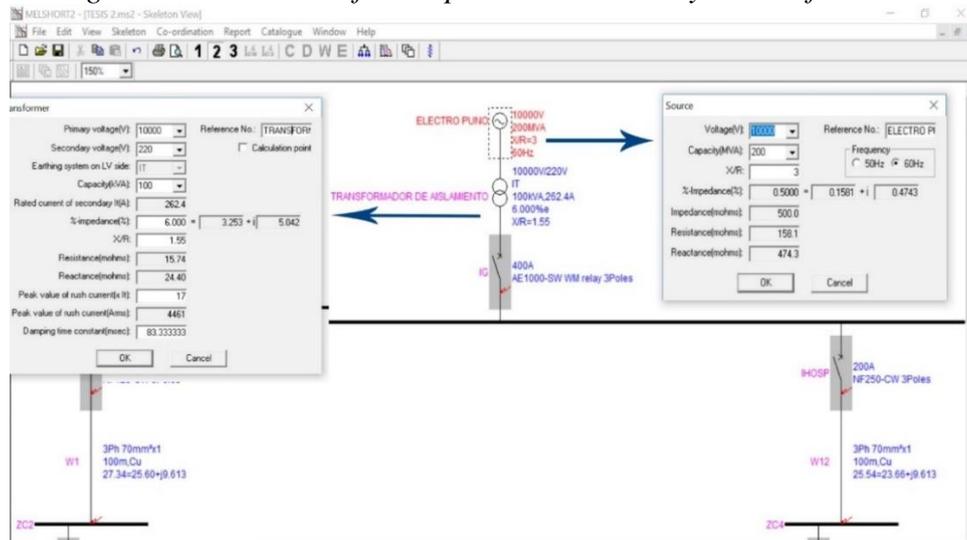
Figura 52. Señalización del sistema



Elaboración: Propia

Se procede a ingresar los datos solicitados por el software con los valores calculados en el capítulo III, y valores dados por la empresa Electro Puno S. A., se tiene la *Figura 53* para la acometida y el transformador de aislamiento:

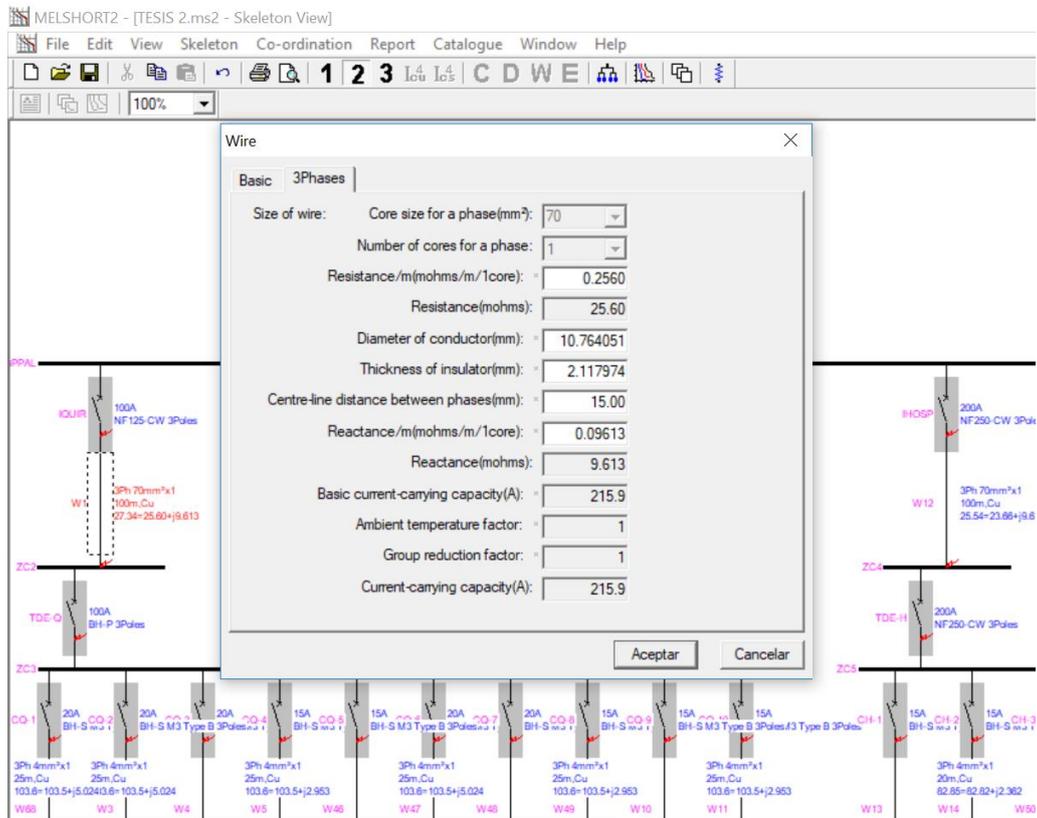
Figura 53. Datos en software para la acometida y el transformador



Elaboración: Propia

En la Figura 54 se muestran los datos ingresados para el cable desde el tablero general al tablero de cada ambiente, según la longitud y dimensiones encontradas y mencionadas en el capítulo III.

Figura 54. Datos en software para el cable del tablero general al tablero de cada ambiente



Elaboración: Propia

En la Figura 55 se muestra la caída de tensión se obtiene automáticamente en el cuadro, partiendo de las especificaciones del cable: longitud, sección transversal y corriente que va circular por el conductor.

Figura 55. Caída de tensión del tablero de cada ambiente

Elaboración: Propia

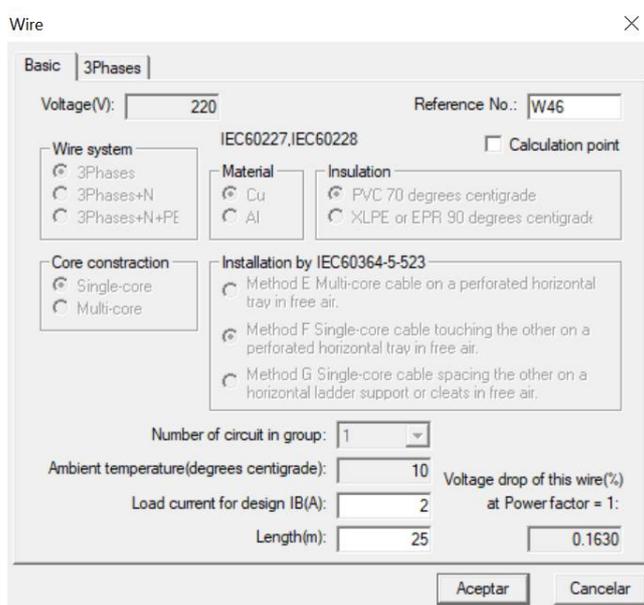
En la Figura 56 se muestra el ingreso de datos para el cable del tablero a los circuitos en ambientes, según los cálculos dados en el capítulo III, basados en espesor y longitud:

Figura 56. Datos en software para el cable del tablero a los circuitos

Elaboración: Propia

En la *Figura 57* se muestra la caída de tensión se obtiene automáticamente en el cuadro, partiendo de las especificaciones del cable: longitud, sección transversal y corriente que va circular por el conductor.

Figura 57. Caída de tensión de los circuitos



Elaboración: Propia

4.2.1. RESULTADOS DE LA SIMULACION EN EL TRANSFORMADOR

Teniendo los cálculos encontrados en el capítulo III con respecto a los planos del ANEXO 02 y la descripción de cada equipo biomédico a utilizar en el área de quirófano, Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) y hospitalización, además suponiendo una exigencia máxima y sobredemanda de cargas se muestra la Tabla N° 37, Tabla N° 38 y Tabla N° 39 con la caída de tensión existente en cada circuito según la simulación en el software MELSHORT2.

Tabla N° 37. Caída de tensión en cada circuito para área de Quirófano

QUIRÓFANO			
Circuito	Potencia (W)	Intensidad (Amp)	Caída de Tensión (%)
C1	236	1.07	0.08
C2	900	4.1	0.33
C3	1760	8	0.65
C4	600	2.73	0.22
C5	236	1.08	0.08
C6	900	4.1	0.33
C7	1760	8	0.65
C8	600	2.73	0.22
C9	600	2.73	0.22
C10	420	1.90	0.15

Elaboración: Propia

Tabla N° 38. Caída de tensión en cada circuito para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI)			
Circuito	Potencia (W)	Intensidad (Amp)	Caída de Tensión (%)
C1	3051	13.86	0.9
C2	3051	13.86	0.9
C3	3051	13.86	0.9
C4	3051	13.86	0.9
C5	3051	13.86	0.9
C6	3051	13.86	0.9
C7	300	1.36	0.08
C8	300	1.36	0.08
C9	300	1.36	0.08
C10	2565	11.66	0.76
C11	2565	11.66	0.76
C12	2565	11.66	0.76

Elaboración: Propia

Tabla N° 39. Caída de tensión en cada circuito para el área de Hospitalización

HOSPITALIZACION			
Circuito	Potencia (W)	Intensidad (Amp)	Caída de Tensión (%)
C1	850	3.86	0.25
C2	850	3.86	0.25
C3	850	3.86	0.25
C4	850	3.86	0.25
C5	850	3.86	0.25
C6	850	3.86	0.25
C7	850	3.86	0.25
C8	850	3.86	0.25
C9	900	4.1	0.26
C10	900	4.1	0.26
C11	900	4.1	0.26
C12	900	4.1	0.26
C13	1530	6.95	0.45
C14	1530	6.95	0.45
C15	1530	6.95	0.45
C16	1530	6.95	0.45
C17	1530	6.95	0.45
C18	1530	6.95	0.45
C19	1530	6.95	0.45
C20	1530	6.95	0.45

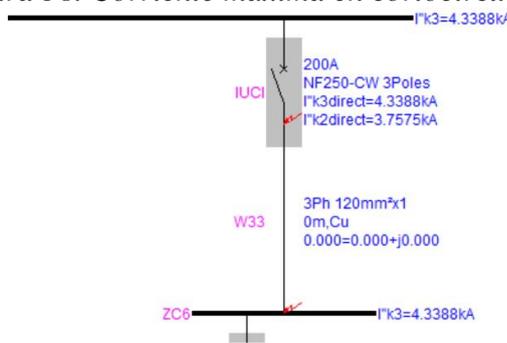
Elaboración: Propia

El cuadro muestra valores inferiores al 5% de pérdida de tensión lo cual es aceptable según las normas establecidas por el CNE

4.3. CORRIENTE MÁXIMA EN CORTO CIRCUITO

De la simulación realizada se tiene que la corriente máxima es 4.3388 kA en corto circuito como se ve en la Figura 58, este valor está dentro de los parámetros aceptables de la norma.

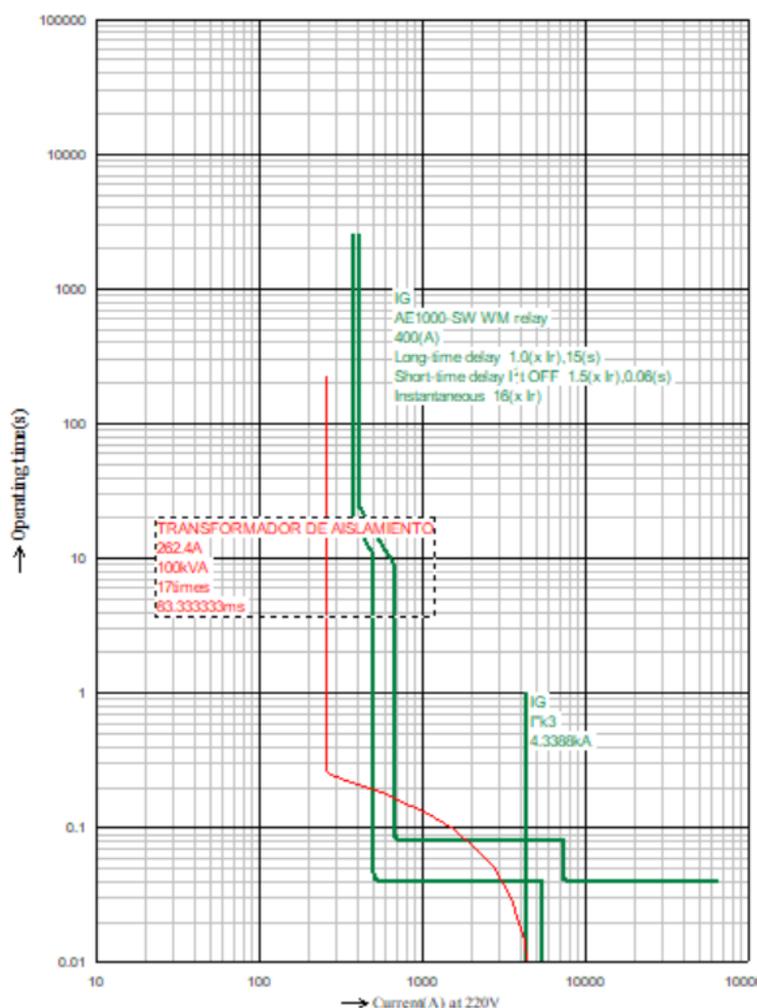
Figura 58. Corriente máxima en cortocircuito



Elaboración: Propia

En la Figura 59 se muestra el comportamiento del interruptor general y del transformador de aislamiento, se puede apreciar que el tiempo de reacción en caso de corto circuito es menor a 1 *segundo* lo cual es adecuado para evitar tragedias y/o incendios.

Figura 59. Comportamiento del interruptor general y transformador de aislamiento

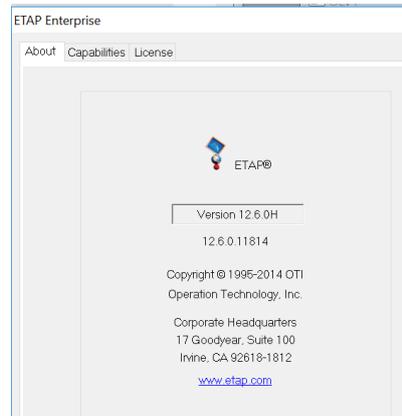


Elaboración: Propia

4.4. SIMULACIÓN DE LA MALLA EQUIPOTENCIAL

La simulación para la malla equipotencial se realizó mediante el software ETAP en su versión 12.6.0, el mismo que nos da resultados cuasi exactos e iguales a los que se darían en un ámbito real. Las especificaciones del programa se dan en la Figura 60:

Figura 60. Información del software ETAP

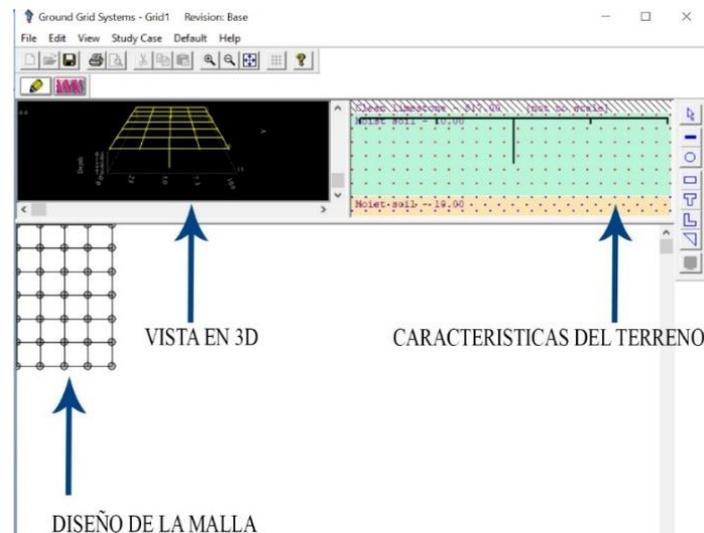


Fuente: Software ETAP

4.4.1. Diseño de la Malla para el Área de Quirófano

La Figura 61 muestra el diseño de la malla en el software según lo propuesto en los cálculos del capítulo III y los planos del ANEXO 02.

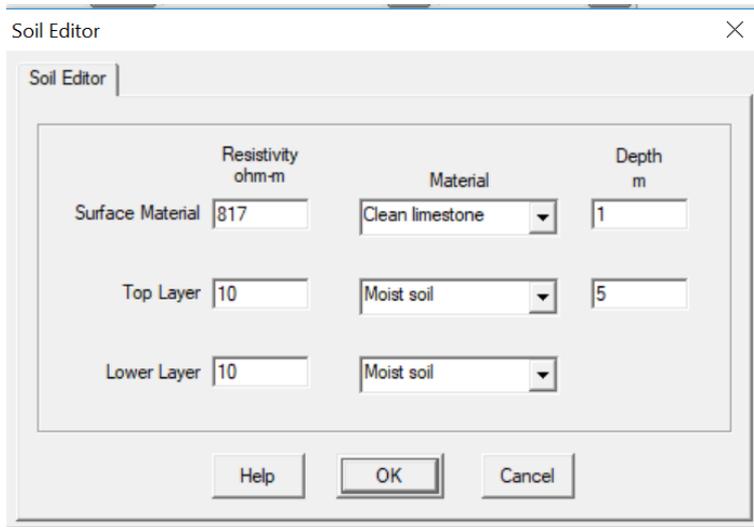
Figura 61. Diseño y señalización de la malla en Quirófano



Elaboración: Propia

La Figura 62 muestra los datos medidos y recolectados en el terreno de la zona estudiada y elegida para la creación del hospital tipo IV de Puno.

Figura 62. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software

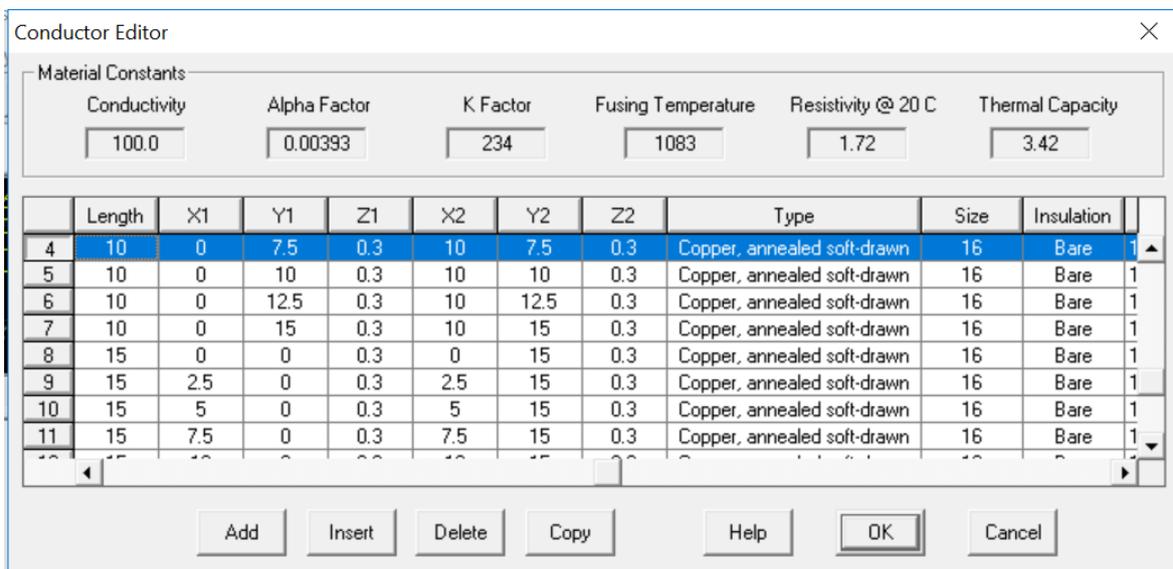


	Resistivity ohm-m	Material	Depth m
Surface Material	817	Clean limestone	1
Top Layer	10	Moist soil	5
Lower Layer	10	Moist soil	

Elaboración: Propia

En la Figura 63 se muestran los datos ingresados al software, concernientes al conductor de la malla equipotencial

Figura 63. Datos del conductor de la malla equipotencial

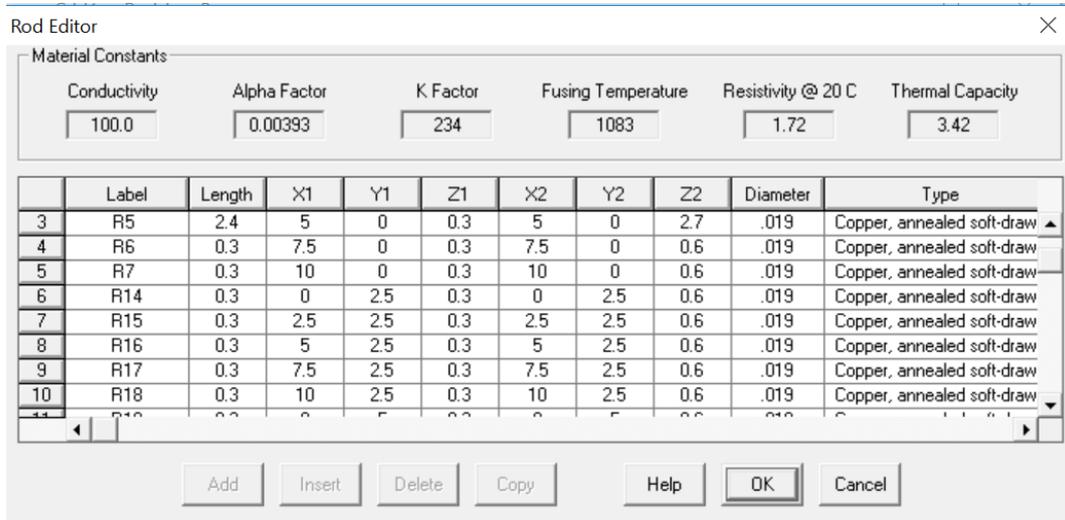


Material Constants										
Conductivity	Alpha Factor	K Factor	Fusing Temperature	Resistivity @ 20 C	Thermal Capacity					
100.0	0.00393	234	1083	1.72	3.42					
	Length	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Type	Size	Insulation
4	10	0	7.5	0.3	10	7.5	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
5	10	0	10	0.3	10	10	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
6	10	0	12.5	0.3	10	12.5	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
7	10	0	15	0.3	10	15	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
8	15	0	0	0.3	0	15	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
9	15	2.5	0	0.3	2.5	15	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
10	15	5	0	0.3	5	15	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare
11	15	7.5	0	0.3	7.5	15	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare

Elaboración: Propia

En la Figura 64 se muestran los datos ingresados al software, concernientes a las características de las estacas a utilizar en la malla equipotencial, también se muestra la ubicación de estas según sus coordenadas

Figura 64. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial

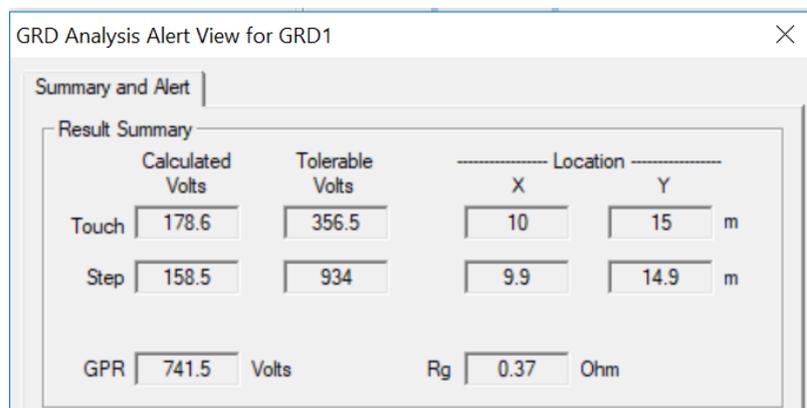


Elaboración: Propia

4.4.2. Resultados de la Simulación en Quirófano

En la Figura 65 se tiene los resultados de la tensión de contacto y de paso extraídos del software, por parte del diseño propuesto.

Figura 65. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto



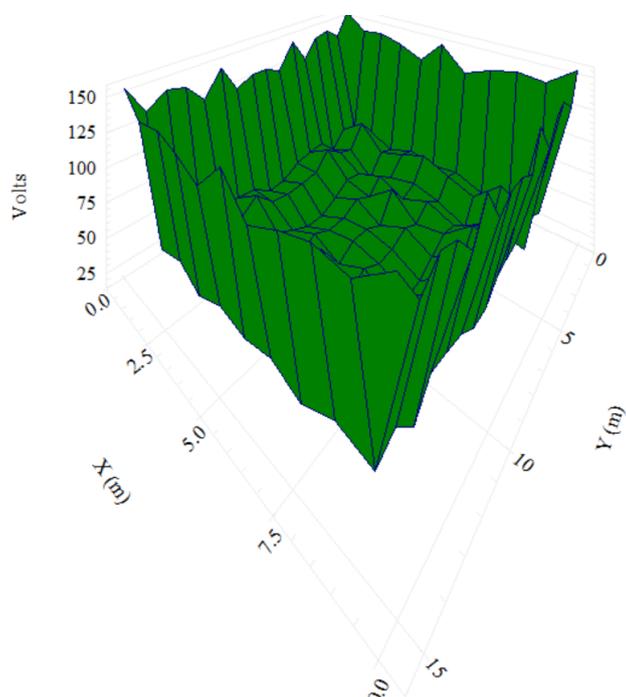
Elaboración: Propia

Como se puede observar los valores permisibles son mayores a los valores reales tanto para la tensión de contacto como para la tensión de paso, por ende, el diseño realizado para la malla en el área de quirófano cumple con las exigencias del sistema.

Así mismo se muestra la resistencia de la malla que contiene 2 pozos a tierra con un valor de 0.369Ω , la misma que es menor a 5Ω lo cual está dentro del rango aceptable por las normas, en conclusión el diseño realizado es apto.

En la Figura 66 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Quirófano.

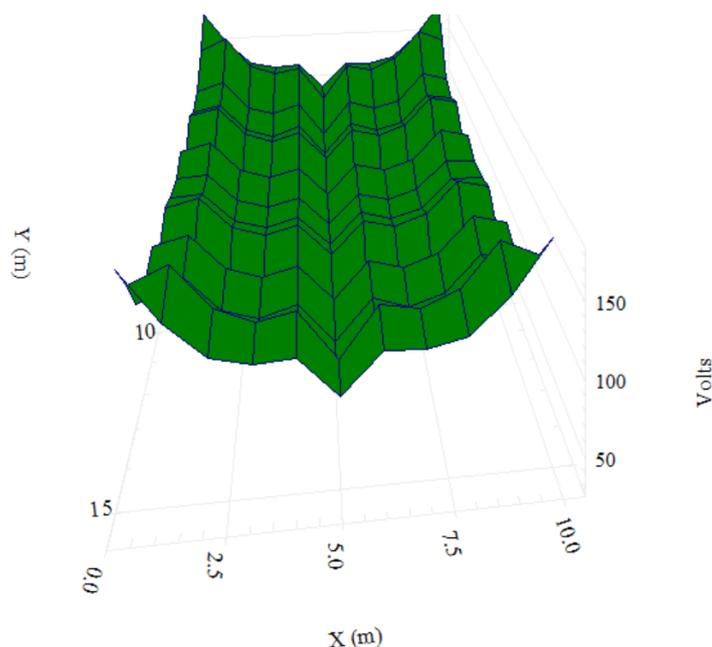
Figura 66. Voltaje de paso en Quirófano



Elaboración: Propia

En la Figura 67 se muestran los voltajes de contacto, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Quirófano,

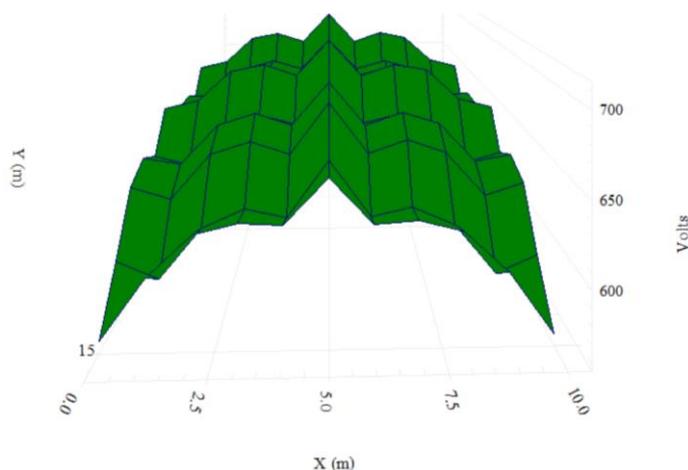
Figura 67. Voltaje de contacto en Quirófano



Elaboración: Propia

En la Figura 68 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Quirófano,

Figura 68. Aumento de potencial en Quirófano

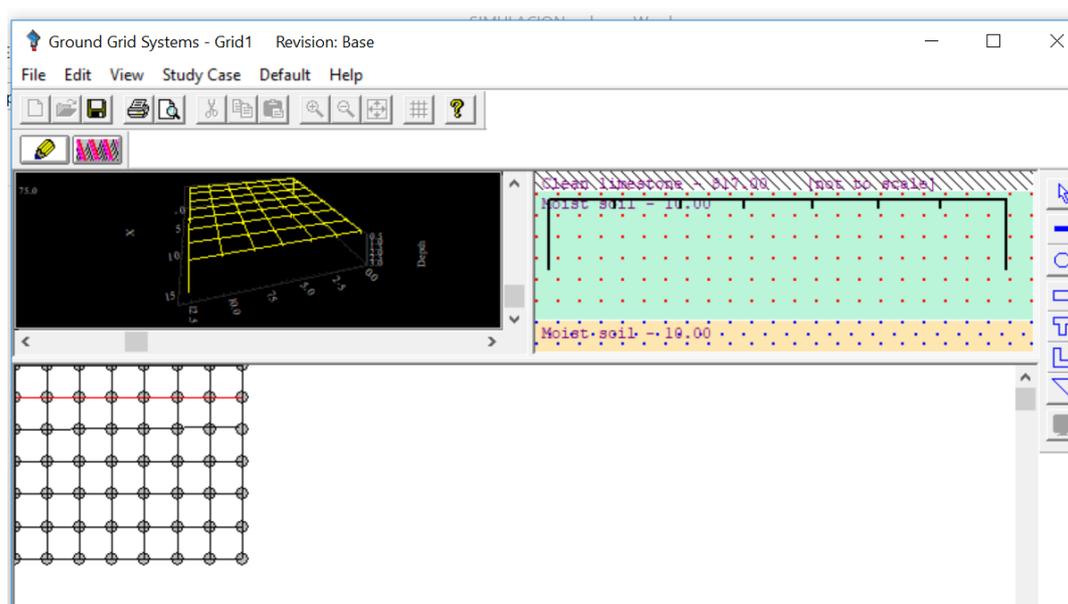


Elaboración: Propia

4.4.3. Diseño de la Malla en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

La Figura 69 muestra el diseño de la malla en el software según lo propuesto en los cálculos del capítulo III y los planos del ANEXO 02.

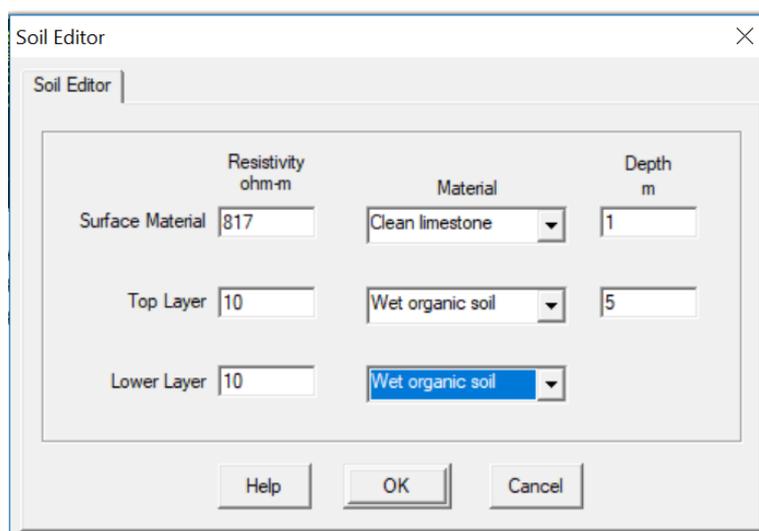
Figura 69. Diseño y señalización de la malla en UCI



Elaboración: Propia

La Figura 70 muestra los datos medidos y recolectados en el terreno de la zona estudiada y elegida para la creación del hospital tipo IV de Puno.

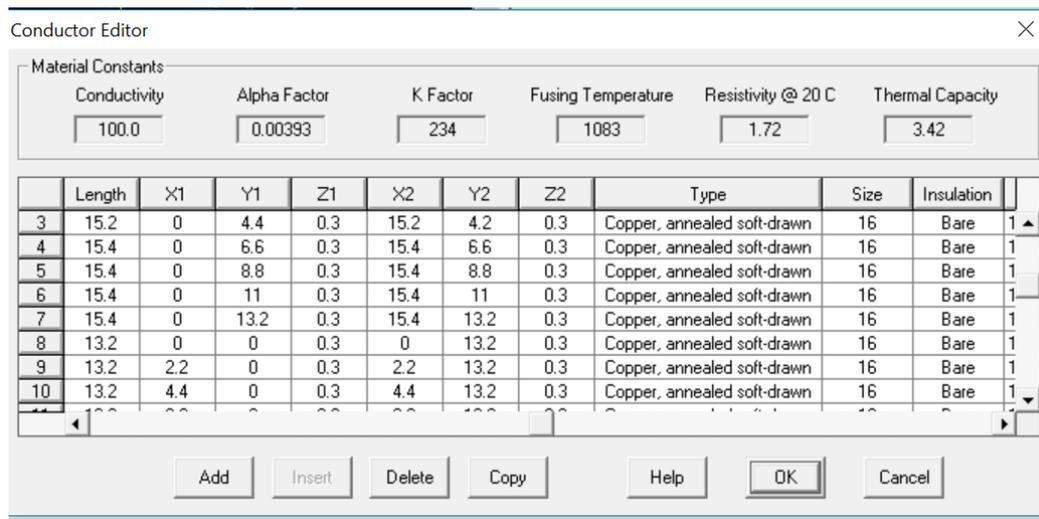
Figura 70. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software



Elaboración: Propia

En la Figura 71 se muestran los datos ingresados al software, concernientes al conductor de la malla equipotencial

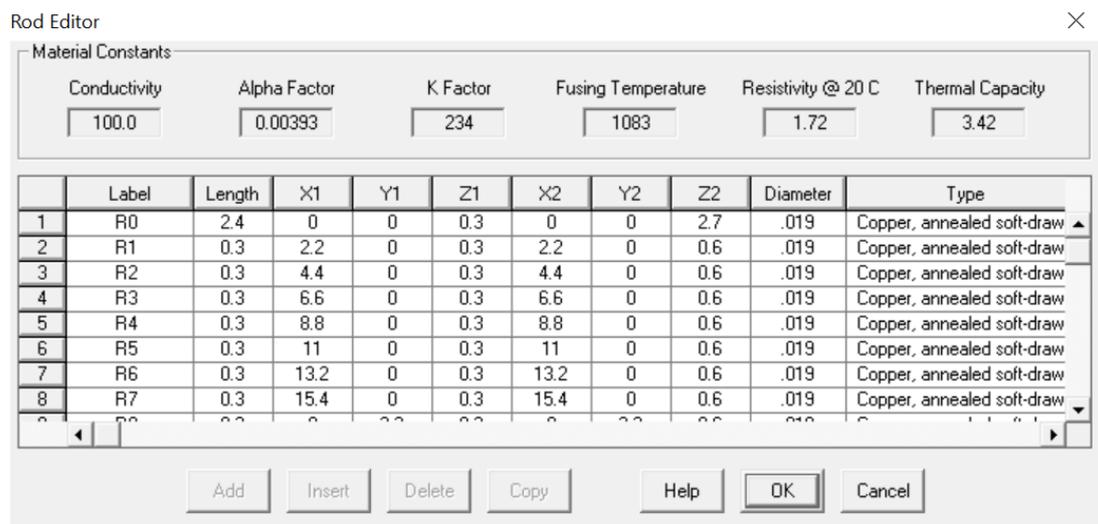
Figura 71. Datos del conductor de la malla equipotencial



Elaboración: Propia

En la Figura 72 se muestran los datos ingresados al software, concernientes a las características de las estacas a utilizar en la malla equipotencial, también se muestra la ubicación de estas según sus coordenadas

Figura 72. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial

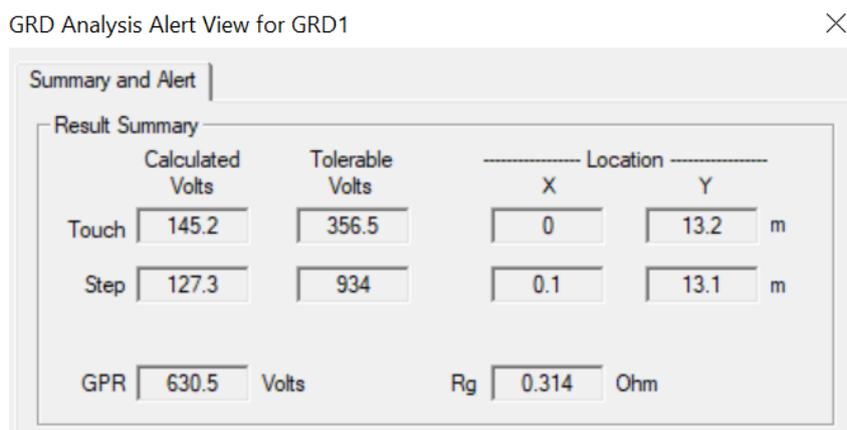


Elaboración: Propia

4.4.4. Resultados de la Simulación en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI)

En la Figura 73 se tiene los resultados de la tensión de contacto y de paso extraídos del software, por parte del diseño propuesto.

Figura 73. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto

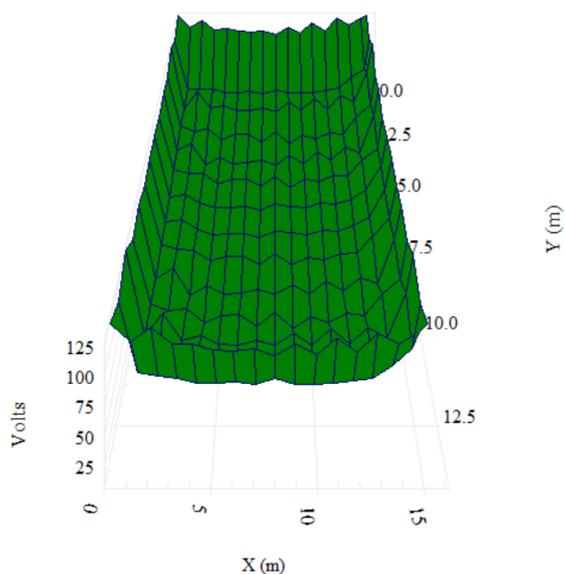


Elaboración: Propia

El sistema muestra un voltaje de contacto menor al tolerable lo cual muestra que es un sistema optimo, así mismo muestra un voltaje de paso inferior al tolerable, y un aumento de potencial de 629.1 V lo cual se verá expresado en el siguiente gráfico, y por último se muestra una resistencia de 0.314 Ω siendo menor de 5 Ω los cual cumple con los estándares del CNE

En la Figura 74 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Quirófano.

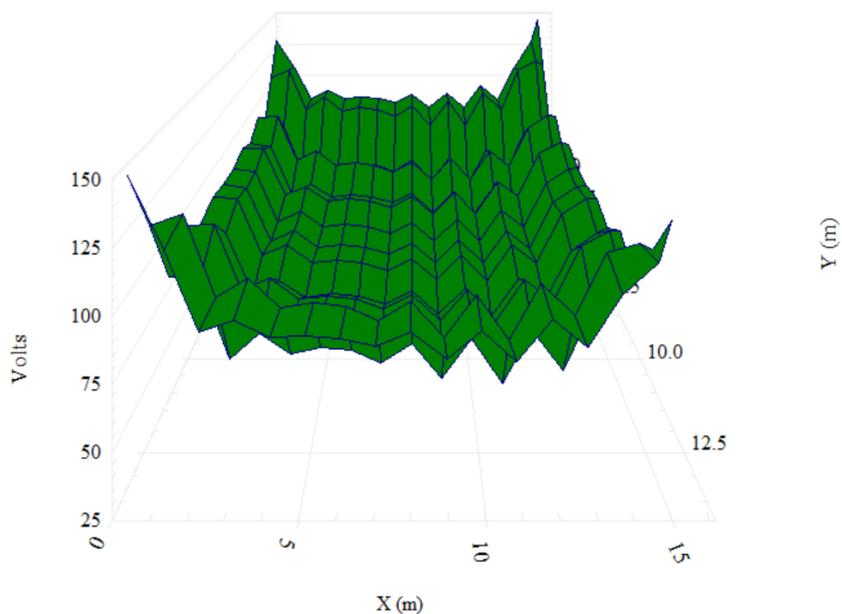
Figura 74. Voltaje de paso en UCI



Elaboración: Propia

En la Figura 75 se muestran los voltajes de contacto, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Hospitalización,

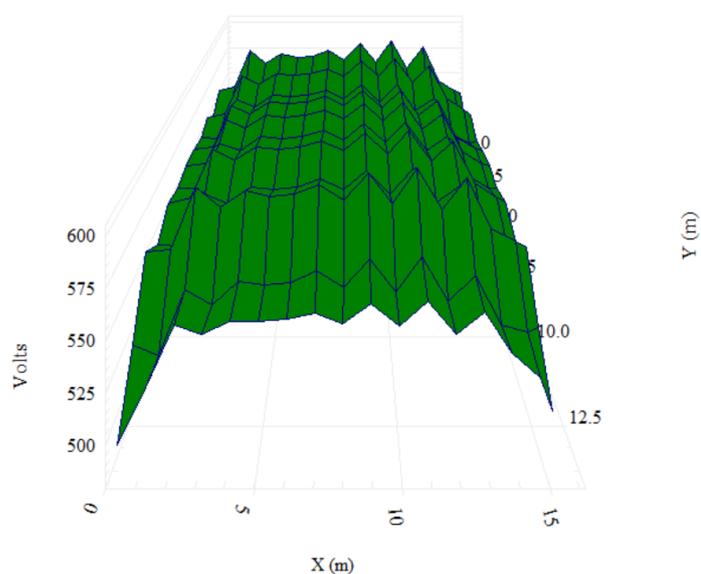
Figura 75. Voltaje de contacto en UCI



Elaboración: Propia

En la Figura 76 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en la Unidad de Cuidados Intensivos,

Figura 76. Aumento de potencial en UCI

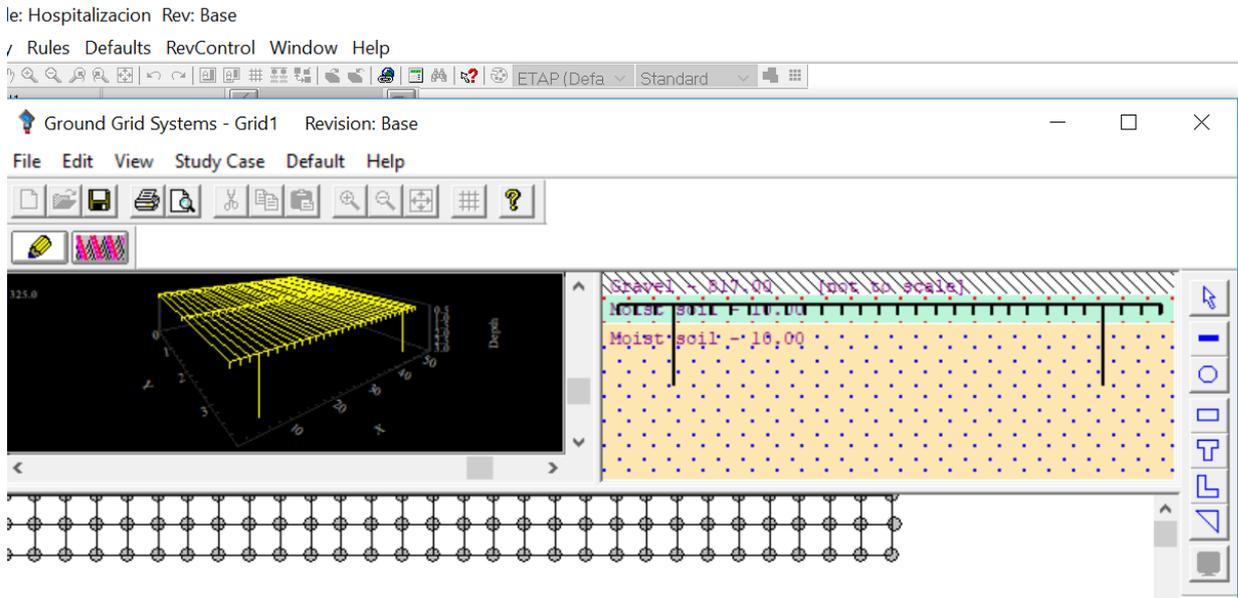


Elaboración: Propia

4.4.5. Diseño de la Malla en el área de Hospitalización

La Figura 77 muestra el diseño de la malla en el software según lo propuesto en los cálculos del capítulo III y los planos del ANEXO 02.

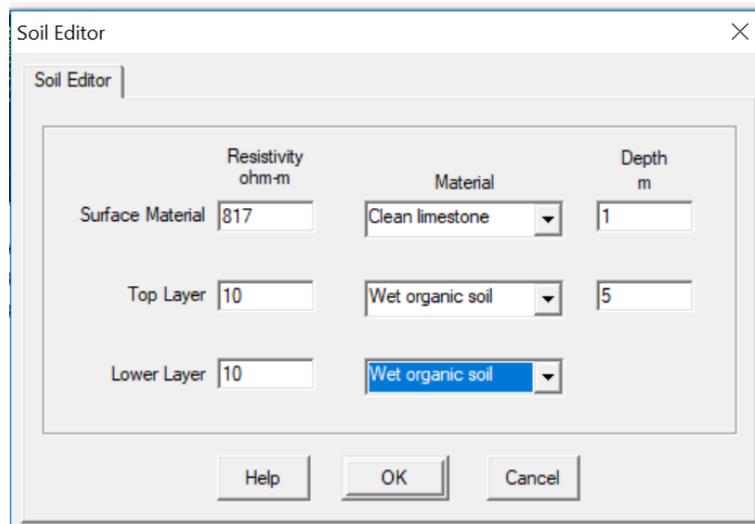
Figura 77. Diseño y señalización de la malla en Hospitalización



Elaboración: Propia

La Figura 78 muestra los datos medidos y recolectados en el terreno de la zona estudiada y elegida para la creación del hospital tipo IV de Puno.

Figura 78. Datos recolectados en el terreno ingresados en el software



Elaboración: Propia

En la Figura 79 se muestran los datos ingresados al software, concernientes al conductor de la malla equipotencial

Figura 79. Datos del conductor de la malla equipotencial

Conductor Editor

Material Constants						
Conductivity	Alpha Factor	K Factor	Fusing Temperature	Resistivity @ 20 C	Thermal Capacity	
100.0	0.00393	234	1083	1.72	3.42	

	Length	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Type	Size	Insulation	
1	52.2	0	0	0.3	52.2	0	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1 ▲
2	52.2	0	1.8	0.3	52.2	1.8	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
3	52.2	0	3.6	0.3	52.2	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
4	3.6	0	0	0.3	0	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
5	3.6	1.8	0	0.3	1.8	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
6	3.6	3.6	0	0.3	3.6	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
7	3.6	5.4	0	0.3	5.4	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1
8	3.6	7.2	0	0.3	7.2	3.6	0.3	Copper, annealed soft-drawn	16	Bare	1 ▼

Add Insert Delete Copy Help OK Cancel

Elaboración: Propia

En la Figura 80 se muestran los datos ingresados al software, concernientes a las características de las estacas a utilizar en la malla equipotencial, también se muestra la ubicación de estas según sus coordenadas

Figura 80. Datos de las estacas a utilizar en la malla equipotencial

Material Constants

Conductivity	Alpha Factor	K Factor	Fusing Temperature	Resistivity @ 20 C	Thermal Capacity	
100.0	0.00393	234	1083	1.72	3.42	

	Label	Length	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Diameter	Type	
78	R77	0.3	45	3.6	0.3	45	3.6	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	▲
79	R78	0.3	46.8	0	0.3	46.8	0	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	
80	R79	0.3	46.8	1.8	0.3	46.8	1.8	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	
81	R80	2.4	46.8	3.6	0.3	46.8	3.6	2.7	.019	Copper, annealed soft-draw	
82	R81	0.3	48.6	0	0.3	48.6	0	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	
83	R82	0.3	48.6	1.8	0.3	48.6	1.8	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	
84	R83	0.3	48.6	3.6	0.3	48.6	3.6	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	
85	R84	0.3	50.4	0	0.3	50.4	0	0.6	.019	Copper, annealed soft-draw	▼

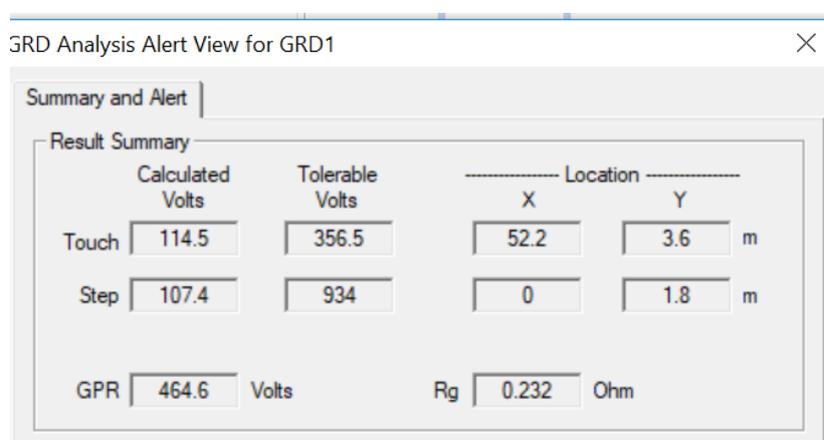
Add Insert Delete Copy Help OK Cancel

Elaboración: Propia

4.4.6. Resultados de la Simulación en Hospitalización

En la Figura 81 se tiene los resultados de la tensión de contacto y de paso extraídos del software, por parte del diseño propuesto.

Figura 81. Resultados extraídos por parte del diseño propuesto

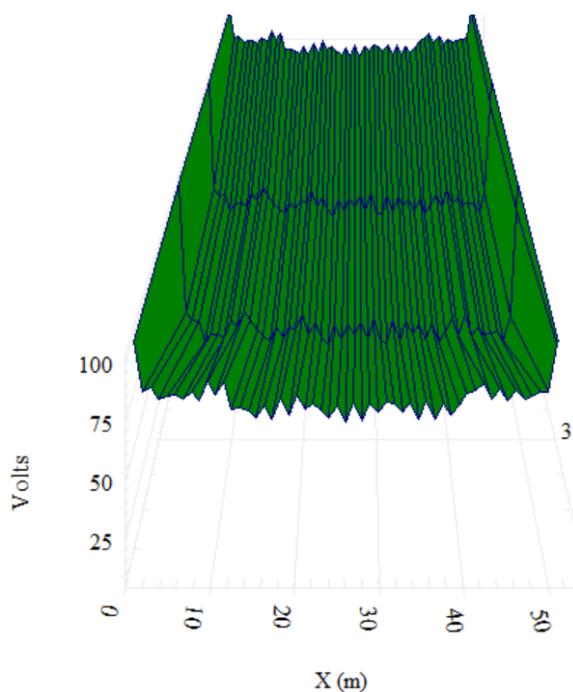


Elaboración: Propia

El sistema muestra un voltaje de contacto menor al tolerable lo cual muestra que es un sistema optimo, así mismo muestra un voltaje de paso inferior al tolerable, y un aumento de potencial de 464 V lo cual se verá expresado en el siguiente gráfico, y por último se muestra una resistencia de 0.231 Ω siendo menor de 5 Ω los cual cumple con los estándares del CNE.

En la Figura 82 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Quirófano,

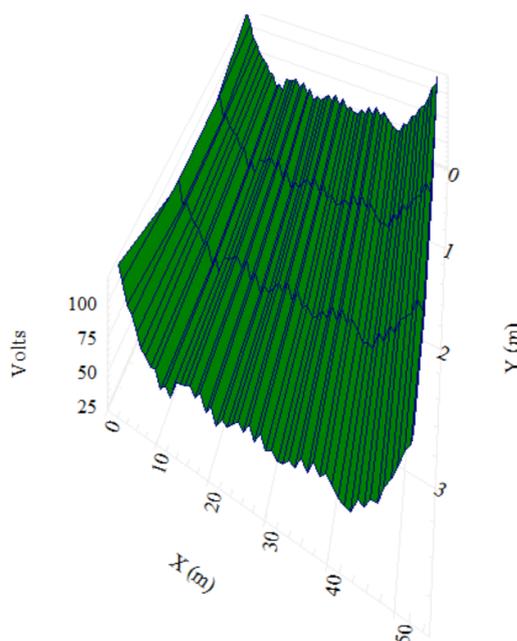
Figura 82. Voltaje de paso en Hospitalización



Elaboración: Propia

En la Figura 83 se muestran los voltajes de contacto, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Hospitalización.

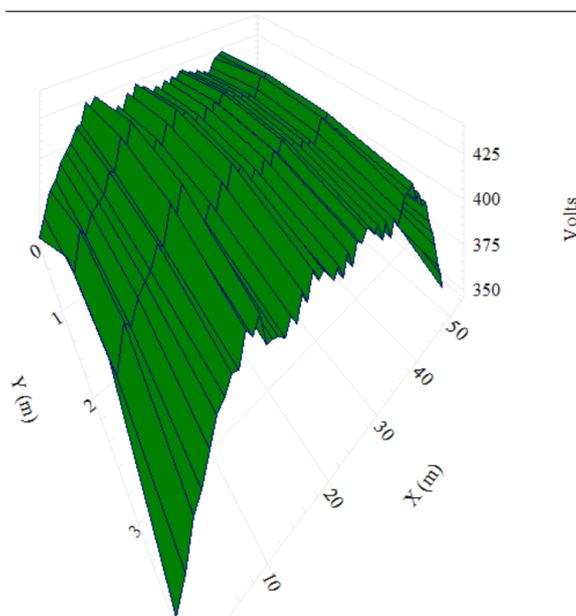
Figura 83. Voltaje de contacto en Hospitalización



Elaboración: Propia

En la Figura 84 se muestran los voltajes de paso, resultantes del diseño y elaboración de la malla equipotencial en el área de Hospitalización.

Figura 84. Aumento de potencial en Hospitalización



Elaboración: Propia

4.5. SIMULACIÓN DEL PARARRAYOS

Evaluación del riesgo según UNE 62.305:2/UNE 21186:2011/NFC 17-102:2011
(cálculos facilitados por www.ingesco.com)

1. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO Y CÁLCULO DEL NIVEL DE EFICIENCIA

1.1. Cálculo del índice riesgo según UNE 62.305:2/UNE 21186:2011/NFC 17-102:2011

Determinación del riesgo de daños de Sistema de Protección Eléctrica para Equipos Biomédicos de un Hospital Tipo IV, Puno, Perú.

Dimensiones de la estructura

Longitud de la estructura L (m): 210.0

Anchura de la estructura W (m): 206.0

Altura del plano del tejado h (m): 12.0

Altura del mayor saliente del tejado h' (m): 20.0

Área de captura equivalente A_d (m²): 77283.5041

Características de la estructura

Riesgo de incendio y daños físicos r_f : 0.001

Eficacia del apantallamiento de la estructura K_{S1} : 0.15

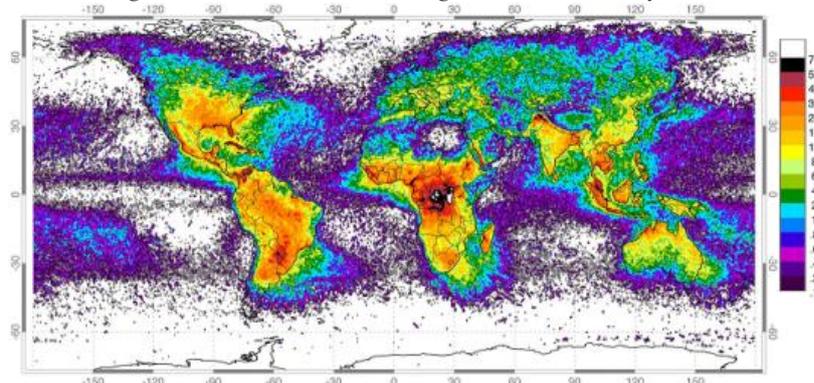
Influencias ambientales

Situación estructura C_d : 0.5

Nº de días de tormenta t_d : 300.0

Densidad anual equivalente de rayos N_g : 30.0

Figura 85. Tasa climatológica anual de rayos



Fuente: www.ingesco.com

Líneas de conducción eléctrica

Línea que llega a la estructura: Cable enterrado

Factor ambiental C_e : Urbano

Existencia de transformador MT/BT C_t : Transformador

Tipo de cable externo P_{LD0} : Apantallado

Tipo de cableado interno K_{S3} : No apantallado

Tipos de las pérdidas

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas

Riesgos especiales para la vida h_{z1} : 10.0

Por incendios L_{f1} : 0.1

Por sobretensiones L_{o1} : 0.001

Por personas en el exterior del edificio L_{t1} : 0.01

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales

Por incendios L_{f2} : 0.0

Por sobretensiones L_{o2} : 0.0

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural

Por incendios L_{f3} : 0.0

Tipo 4 - Pérdidas económicas

Riesgos económicos especiales h_{z4} : 1.0

Por incendios L_{f4} : 0.5

Por sobretensiones L_{o4} : 0.01

Por tensión de paso/contacto L_{t4} : 0.0

Medidas de protección

Clase de SPCR PB: Nivel IV

Protección contra incendios r_p : Sistemas automáticos

Protección contra sobretensiones P_{SPD} : Coordinadas según IEC62.305-4

Medidas de protección complementarias P_A : Aislamiento eléctrico de los conductores
Expuestos

Resultados de las áreas de captura y frecuencia anual de sucesos peligrosos:

Área de captura equivalente A_d (m^2): 77283.5041

Valor medio anual de sucesos peligrosos en una estructura: 1.1593

Superficie de captura de descargas cercanas a la estructura: 447609.5408

Densidad de descargas atmosféricas a tierra: 12.269

Superficie de captura de las descargas que impactan en las líneas de servicio:
21555.04

Superficie de captura de las descargas que impactan cerca del servicio: 559016.99

Valor medio anual de descargas en una línea de servicio: 0.0647

Cálculo de riesgo:

Tipo 1 - Pérdidas de vidas humanas

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1} \quad (\text{Ec. 40})$$

Tabla N° 40. Constantes de riesgo de daños que ocasionan pérdidas de vidas humanas

R_{A1}	Riesgo de daños en seres vivos, dentro y fuera de una estructura, producidos por impactos directos de rayo sobre la estructura:	$1.159253e - 06$
R_{B1}	Riesgo de daños físicos por incendio, en una estructura, a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura:	$4.6370102e - 05$
R_{C1}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura:	$1.1592526e - 05$
R_{M1}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo sobre la estructura:	0.000122690337
R_{U1}	Riesgo de daños en seres vivos dentro y fuera de una estructura, producidos por impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	$6.4665e - 08$
R_{V1}	Riesgo de daños físicos por incendio a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	$1.2933e - 07$
R_{W1}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	$6.46651e - 07$
R_{Z1}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo en las líneas de servicio:	$2.707451e - 06$

Fuente: www.ingesco.com

Tipo 2 - Pérdidas de servicios esenciales

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (\text{Ec. 41})$$

Tabla N° 41. Constantes de riegos de daños que ocasionan pérdidas de servicios esenciales

R_{B2}	Riesgo de daños físicos por incendio, en una estructura, a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura:	0.0
R_{C2}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura:	0.0
R_{M2}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo sobre la estructura:	0.0
R_{V2}	Riesgo de daños físicos por incendio a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	0.0
R_{W2}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	0.0
R_{Z2}	RZ2 Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo en las líneas de servicio:	0.0

Fuente: www.ingesco.com

Tipo 3 - Pérdidas de patrimonio cultural

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (\text{Ec. 42})$$

Tabla N° 42. constantes de riesgo de daños que ocasionan perdidas de patrimonio cultural

R_{B3}	Riesgo de daños físicos por incendio, en una estructura, a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura:	0.0
R_{V3}	RV3 Riesgo de daños físicos por incendio a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio:	0.0

Fuente: www.ingesco.com

Tipo 4 - Pérdidas económicas

$$R_4 = R_{A4} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (\text{Ec. 43})$$

Tabla N° 43. Constantes de riesgo de daños que ocasionan pérdidas económicas

R_{A4}	Riesgo de daños en seres vivos, dentro y fuera de una estructura, producidos por impactos directos de rayo sobre la estructura.	0.0
----------	---	-----

Continua...

R_{B4}	Riesgo de daños físicos por incendio, en una estructura, a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura.	2.3185051e – 05
R_{C4}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo sobre la estructura.	0.000115925256
R_{M4}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo sobre la estructura.	0.001226903366
R_{U4}	Riesgo de daños en seres vivos dentro y fuera de la estructura, producidos por impactos directos de rayo en las líneas de servicio.	0.0
R_{V4}	Riesgo de daños físicos por incendia a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio.	6.4665e – 08
R_{W4}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos directos de rayo en las líneas de servicio.	6.466512e – 06
R_{Z4}	Riesgo de fallos en los sistemas internos a causa de impactos indirectos de rayo en las líneas de servicio.	2.7074507e – 05

Fuente: www.ingesco.com

Tabla N° 44. Cuadro comparativo de riesgos tolerables

	Riesgo tolerable R_t	Riesgo directo R_d	Riesgo indirecto R_i	Riesgo R
Tipo 1 – pérdidas de vidas humanas	1.0e – 05	5.9e – 05	0.000126	0.000185
Tipo 2 – pérdidas de servicios esenciales	0.001	0.0	0.0	0.0
Tipo 3 – pérdidas de patrimonio cultural	0.001	0.0	0.0	0.0
Tipo 4 – pérdidas económicas	0.001	0.000139	0.001261	0.0014

Elaboración: Propia

1.2. Conclusiones. Calculo del nivel de protección

Una vez calculado el riesgo de daños según las normas IEC62305-2, UNE 21186, NFC17102, teniendo en cuenta:

- El número anual de descargas atmosféricas que afectan a una estructura o a un servicio.

- La probabilidad de daños debidos a una descarga atmosférica.
- El coste medio de las pérdidas correspondientes.

Se concluye que en las instalaciones de Sistema de Protección Eléctrica para Equipos Biomédicos de un Hospital Tipo IV, Puno, Perú, debe aplicarse las medidas de protección siguientes:

- Es preciso dotar a las instalaciones de un Sistema de Protección Externo contra el Rayo con un Nivel IV de protección.
- Es preciso dotar a las instalaciones de un Sistema de Protección Interno contra las Sobretensiones provisto de Coordinadas según IEC62.305-4.
- Es preciso dotar a las instalaciones de un Sistema de Protección contra incendios provisto de Sistemas automáticos.
- Es preciso dotar a las instalaciones de medidas de protección adicionales consistentes en Aislamiento eléctrico de los conductores expuestos.

1.3. Determinación de las medidas de protección

1.3.1. Protección Externa contra el Rayo

Para reducir la probabilidad PA de que una descarga produzca daños físicos sobre la estructura es preciso la implantación de un Sistema de Protección contra el rayo de Nivel IV.

- Cumple con los requerimientos de las normativas nacionales y europeas UNE-EN 62.305, UNE-EN 50.164/1, UNE 21.186:11, NFC 17.102 y CTE.
- Ensayo de evaluación del tiempo de cebado de pararrayos PDC (anexo C UNE 21.186).

- Certificado de corriente soportada según UNE-EN 50.164/1.
- Ensayos medioambientales y de corrosión según norma UNE-EN 50.164/1 para componentes de protección contra el rayo (CPCR).
- Certificado de producto nº ES043902-C emitido por la entidad de certificación Bureau Veritas.
- Pararrayos ecológico, no emite ningún tipo de residuo en el medio ambiente y no precisa ningún tipo de alimentación externa.

1.3.2. Protección Interna contra Sobretensiones.

Para reducir la probabilidad P_C de que una descarga en la estructura produzca fallos en los sistemas internos, se debe proceder a la instalación de protectores contra sobretensiones transitorias de forma coordinada acorde a la IEC62305-4, para conseguir un nivel de protección inferior a la tensión soportada a impulso, de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

1.3.3. Protección contra Incendios.

Para reducir las pérdidas por daños físicos en función de las medidas tomadas para reducir los efectos del fuego (r_p), es necesario proceder a la instalación de una de las siguientes medidas: instalaciones fijas de extinción automáticas, instalaciones automáticas de alarma (protegidas con protectores contra sobretensiones).

1.3.4. Medidas complementarias.

Para reducir la probabilidad PA de que una descarga sobre la estructura produzca daños a los seres vivos se realizará como medida de protección complementaria, la implantación de sistemas de aviso de tormentas y/o restricciones físicas a las zonas potencialmente peligrosas.

2. SISTEMA DE PROTECCIÓN EXTERNA CONTRA EL RAYO.

La instalación de pararrayos constará de tres partes diferenciadas:

- **Sistema de captación:** a modo de Sistema Terminal Aéreo, formando un elemento activo para captar y canalizar la descarga de rayo hasta el cable conductor. Los cabezales de los pararrayos son los elementos utilizados como puntos de sacrificio para recibir y soportar el impacto del rayo.
- **Bajantes:** serán los cables o conductores de bajada que conectarán el sistema de captación con el sistema de puesta a tierra, y serán las encargadas de canalizar la descarga del rayo hasta dicho sistema para disipar toda su energía. También serán utilizados para realizar las conexiones equipotenciales de las masas metálicas que así lo requieran.
- **Puesta a tierra:** cada uno de los derivadores de bajada deberá conectarse a una toma de tierra. Las tomas de tierra tienen como objeto neutralizar la descarga de la corriente del rayo haciendo conducir a tierra dicha corriente. Se ha de pensar que las corrientes de un rayo son corrientes de alta frecuencia, por lo que será de suma importancia el diseño de dichas puestas a tierra para la disipación de forma correcta en el terreno de esa clase de corrientes.

2.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN:

Estará formado por terminales aéreos INGESCO PDC, que se ubicarán en el exterior del edificio, y se colocarán en las partes que predominan con mayor altura.

Dichos terminales aéreos, son de acero inoxidable AISI 316, con un diámetro mínimo de 16mm y fabricados íntegramente en la Unión Europea. Irán roscados sobre una pieza de adaptación la cual permitirá el conexionado del cable y su sujeción mediante tornillos. Dicha pieza de adaptación servirá para acoplar el pararrayos a un mástil, de hierro

galvanizado, el cual a su vez irá anclado sobre la estructura o bien soportado sobre el tejado según corresponda.

El terminal de captación INGESCO se colocará sobre mástil o soporte de altura suficiente para superar en al menos dos metros cualquier elemento de la estructura a proteger.

2.2. RED CONDUCTORA:

Para de los bajantes de los pararrayos, podrá utilizarse los materiales indicados en la Norma UNE-EN 50164-2 (IEC 62.561:2011.Part.2), siendo los conductores más comunes el cable de cobre desnudo multifilar de 50 mm^2 (como mínimo), o la pletina de cobre de $30 \times 2 \text{ mm}$.

El bajante de conexión a tierra irá fijado directamente sobre las estructuras sin aisladores. Para su fijación en cubiertas o paredes de hormigón, se utilizarán abrazaderas de latón con tornillo de M-8 y taco metálico para pared, para terrazas se utilizarán soportes de hormigón, y para estructuras metálicas abrazaderas con pata para facilitar su fijación. El número de abrazaderas será a razón de 3 unidades por metro de conductor. El número mínimo de conductores para cualquier tipo de instalación será de 2 bajantes de conexión a tierra según normas UNE 62305, NFC 17.102 y UNE 21186:2011.

Los conductores de bajada deben estar protegidos contra eventuales choques mecánicos mediante un tubo de protección de como mínimo 2 m a partir del suelo.

2.3. SISTEMA DE CONTROL DE RAYOS:

Se recomienda también la instalación de sistemas de control de rayos compuestos por contadores del tipo INGESCO (CDR-11, CDR-HS o CDR UNIVERSAL), para poder

establecer un control, así como realizar los mantenimientos preventivos oportunos después de cada descarga, tal y como indica la Normativa vigente.

Se colocará un contador de rayos por instalación, independientemente del número de bajantes que disponga.

Los contadores de rayos de los pararrayos se instalarán justo encima del tubo de protección que protege los últimos metros del bajante.

2.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

Para cada uno de los bajantes deberemos instalar una puesta a tierra. Cada puesta a tierra debe constar con un mínimo de electrodos, que asegure un mínimo de superficie de contacto del electrodo de tierra con el terreno, a fin de facilitar la dispersión de la corriente de rayo en un espacio de tiempo muy corto.

La resistencia óhmica de cada una de las puestas a tierra deberá ser inferior a 10 ohmios.

Para mejorar el valor de resistividad del terreno y obtener resultados de resistencia inferiores se utilizarán compuesto minerales mejoradores de la conductividad como es el caso del compuesto mineral Quibacsol.

3. MEMORIA DE MATERIALES

3.1. ASPECTOS GENERALES

- Cuando por las características del terreno no fuera posible conseguir una resistencia inferior a los 10 ohmios, será necesario que procedan a instalar más picas de forma que al final se consiga dicho valor de Puesta a Tierra.

- En función del tipo de estructura puede precisarse de medios de elevación especiales (grúa, andamios,) para la realización de la instalación de los pararrayos.

- Los materiales indicados en el siguiente proyecto cumplen con los requerimientos de las normativas vigentes (IEC 62305, UNE EN 50.164, UNE 21186:2011, NFC 17102 y el CTE SUA 08). Es importante utilizar materiales normalizados para asegurar un buen funcionamiento y conservación de las instalaciones.

4.6. RESUMEN DE LAS SIMULACIONES

En la Tabla N° 45 se muestra el comportamiento del transformador de aislamiento en caso de un cortocircuito, teniendo en cuenta el cable utilizado en la línea principal a cada tablero de ambiente.

Tabla N° 45. Cuadro de resultados por simulación.

Intensidad Máxima por conductor	4.3388 KA
Intensidad Máxima entregada por el transformador	262.4 A
Tiempo de reacción de corto circuito (Transformador)	< 1s
Tiempo de reacción de corto circuito (Interruptor)	< 1s

Elaboración: Propia

En la Tabla N° 46 se muestran los resultados encontrados para el diseño de la malla equipotencial en el área de Quirófano, con las especificaciones dadas tanto en el capítulo III, como en la simulación mostrada en párrafos anteriores.

Tabla N° 46. Resultados de malla equipotencial para Quirófano

Voltaje de contacto	177.58 V
Voltaje de paso	157.9 V
GRP	739.7 V
Resistencia del sistema de malla	0.369

Continua...

Long de conductor	145 m
Frecuencia	60 Hz
Corriente falta total	2.000 kA
Corriente de malla máxima	2.006 kA
Factor de reflexión	-0.976
Factor de decaimiento de falla superficial	0.957
Factor Decremental	1.003

Elaboración: Propia

En la Tabla N° 47 se muestran los resultados encontrados para el diseño de la malla equipotencial en el área de Quirófano, con las especificaciones dadas tanto en el capítulo III, como en la simulación mostrada en párrafos anteriores.

Tabla N° 47. Resultados de malla equipotencial para UCI

Voltaje de contacto	144.8 V
Voltaje de paso	126.9 V
GRP	629.1 V
Resistencia del sistema de malla	0.314
Long de conductor	213 m
Frecuencia	60 Hz
Corriente falta total	2.000 kA
Corriente de malla máxima	2.006 kA
Factor de reflexión	-0.976
Factor de decaimiento de falla superficial	0.957
Factor Decremental	1.003

Elaboración: Propia

En la Tabla N° 48Tabla N° 47 se muestran los resultados encontrados para el diseño de la malla equipotencial en el área de Quirófano, con las especificaciones dadas tanto en el capítulo III, como en la simulación mostrada en párrafos anteriores.

Tabla N° 48. Resultado de malla equipotencial para Hospitalización

Voltaje de contacto	114.2 V
Voltaje de paso	107.1 V
GRP	464 V

Continua...

Resistencia del sistema de malla	0.231
Long de conductor	265 m
Frecuencia	60 Hz
Corriente falta total	2.000 kA
Corriente de malla máxima	2.006 kA
Factor de reflexión	-0.976
Factor de decaimiento de falla superficial	0.957
Factor Decremental	1.003

Elaboración: Propia

CONCLUSIONES

- Se diseñó el sistema de protección eléctrica para los equipos biomédicos de las áreas que se proyectaron, empleando un sistema de distribución eléctrica con conductores adecuados, hallando valores aptos para el buen funcionamiento del transformador de aislamiento, también se tiene los parámetros del pararrayos y el grado de protección requerido. Así mismo, se tienen los cálculos para diseñar las mallas equipotenciales específicas para cada ambiente, finalmente se realizaron los cálculos para el diseño y tratamiento de los pozos a tierra.
- Se diseñó el sistema de protección eléctrica para el ambiente de Quirófano, realizando los cálculos y simulaciones de malla equipotencial, hallamos los cálculos de caída de tensión lo cual garantiza un buen funcionamiento de los equipos, ya que el valor encontrado cumple con los parámetros establecidos por las normas existentes, Finalmente se hicieron los cálculos para elección de un equipo UPS, que garantizará la continuidad de suministro de voltaje como la estabilidad del mismo, protegiendo así la integridad del personal y pacientes, como la vida útil de los equipos biomédicos.
- Para la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) se diseñó una malla equipotencial de mayor cobertura, ya que esta área cuenta con la mayor variedad de equipos biomédicos, puesto que dedica su funcionamiento al cuidado de pacientes en estado crítico, los parámetros calculados cumplen con las normas y exigencias del cuidado a equipos y pacientes, también se realizó la elección de un equipo UPS que beneficiara al funcionamiento de los equipos biomédicos en caso de alguna falla en el suministro eléctrico, protegiendo así la integridad del personal, pacientes y equipos biomédicos.
- Se diseñó para el área de Hospitalización una malla con cobertura más amplia ya que esta área cuenta con la mayor concurrencia de personal y pacientes, y aunque no tiene mucha variedad en cuanto a equipos biomédicos se refiere, el cuidado de las personas es

vital en caso de alguna falla del suministro eléctrico, ya sea por factor de falla humana o un factor externo, de igual manera se hallaron los cálculos de caída de tensión y cálculos para la elección de un equipo UPS, garantizando así el cuidado de pacientes y equipos.

SUGERENCIAS

Se sugiere:

- Tener en cuenta que los materiales químicos a utilizar no sean perjudiciales con el medio ambiente, ya que algunas marcas no tienen en cuenta este cuidado lo que ocasiona daños a corto y largo plazo al medio ambiente afectando así el crecimiento de áreas verdes en el establecimiento. Además, se sugiere utilizar materiales certificados que cumplan con las diferentes normas existentes.
- Realizar un mantenimiento preventivo de los pozos a tierra cada seis meses para garantizar la baja resistividad, así mismo ubicar estos en área verdes teniendo un pequeño desnivel que servirá como drenaje de agua. También se sugiere el mantenimiento cada seis meses de transformador de aislamiento y pararrayos.
- Ubicar los ambientes en niveles bajos, evitando la ubicación en segundo o tercer piso, esto para que exista un mejor rendimiento por parte de la malla equipotencial y una mejor resistencia por parte del conductor que va desde el tablero de distribución hacia el pozo a tierra.
- Utilizar accesorios adecuados para las conexiones tales como: tomacorrientes de grado hospitalario, conectores de cobre para terminales de los conductores de puesta a tierra a tablero de distribución; conectores de cobre de baja corrosión para conectar el conductor de cobre a pozo a tierra. Para las mallas equipotenciales se sugiere utilizar soldadura de plata en los nodos

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. (24 de Febrero de 2014). SlideShare. Obtenido de SlideShare:
<https://es.slideshare.net/AnnieAguilar/monitor-de-signos-vitales-31603365>
- Amores Sánchez, F. (2015). Sistema de puesta a tierra y unión equipotencial dentro de la edificación. Agencia de Protección contra Incendios.
- Arquitectos, J. B. (2008). Hospital Chicalyo Oeste. Chiclayo: Jose Betin Arquitectos S. R. L.
- Asdrúbal Herrera, J., & Castro Hernandez, O. (2003). Cálculo de la Malla de Puesta a Tierra de una Subestación. Scientiaet Technica Año IX, 42.
- Cahuana Mamani, R. (2012). Diagnóstico y Optimización del Sistema Eléctrico del Hospital Manuel Nuñez Butron - Pun. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- CasaGrande. (14 de Noviembre de 2013). Casa Grande. Obtenido de Casa Grande:
<http://www.administracionedificiosperu.com/2014/03/que-es-un-pozo-tierra-y-para-que-sirve.html>
- Cervantes Vega, J. R. (2000). Protección en Sistemas Eléctricos. Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Chandía, M. F. (30 de Junio de 2015). Enfermeras Pabellón y Esterilización. Recuperado el 13 de Setiembre de 2017, de Enfermeras Pabellón y Esterilización:
<http://www.enfermeraspabellonyesterilizacion.cl/trabajos/electricos.pdf>
- Colsanitas. (23 de Enero de 2016). Colsanitas. Recuperado el 13 de Setiembre de 2017, de Colsanitas: <https://portal.colsanitas.com/portal/web/clinica-sebastian/hospitalizacion-y-cirugia>
- Crisóstomo Pérez, C. M. (2014). Sistema Puesta a Tierra Menor a 02 Ohmios para Protección de Equipos Electrónicos, contra Descargas Eléctricas, en Entidades Financieras. Pampas, Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.

de Metz-Noblat, B., Dumas, F., & Thomasset, G. (7 de Julio de 2015). www.schneider-electric.com.ar. Obtenido de www.schneider-electric.com.ar:
<https://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/cuadernostecnicos/ct1581.pdf>

DREMED. (28 de Julio de 2016). DRE An Avante. Obtenido de DRE An Avante:
<https://www.dremed.com/id/1499/language/es>

elHospital. (Agosto de 2012). elHospital. Obtenido de elHospital:
<http://www.elhospital.com/temas/Unidades-de-calentamiento-de-pacientes-por-aire-forzado+8089216>

elHospital. (12 de Julio de 2013). elHospital. Obtenido de elHospital:
<http://www.elhospital.com/temas/Calentador-de-fluidos-intravenosos-que-mantiene-temperaturas-seguras-ivNow+8093237>

elHospital. (3 de Agosto de 2015). elHospital. Recuperado el 5 de Junio de 2017, de elHospital: <http://www.elhospital.com/temas/Bombas-de-infusion-de-jeringa+8061177>

Emison. (5 de Octubre de 2017). Emison. Obtenido de Emison:
<http://www.emison.com/152.htm>

Endoscopia. (6 de Octubre de 2013). Endoscopia e Instrumentos S. A. de C. V. Obtenido de Endoscopia e Instrumentos S. A. de C. V.:
http://www.endoscopia.com.mx/endoscopiasite/index.php?page=shop.product_details&flypage=&product_id=1392&category_id=0&option=com_virtuemart&Itemid=3&vmchk=1&Itemid=3

Gómez Marcial, D. (2012). Análisis de contingencias eléctricas en centros comerciales. México: Universidad Autónoma de México.

HCA. (7 de Octubre de 2015). HCA. Obtenido de HCA:
https://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f_archivos/bomba%20Level%20para%20manual%20de%20aparataje.pdf

Health. (15 de Febrero de 2016). heershi-es. Obtenido de heershi-es:
http://www.heershi-es.com/pro3_1/ledsswyd700.shtml

- IDEXX. (18 de Noviembre de 2017). IDEXX Laboratories. Obtenido de IDEXX Laboratories: <http://www.idexx.es/smallanimal/inhouse/vetlab/vetstat-electrolyte-and-blood-gas.html>
- IDISAC. (23 de Mayo de 2017). IDISAC. Obtenido de IDISAC: <https://ventadeecografos.weebly.com/>
- IMM. (Noviembre de 2013). Il Mondo Medico. Obtenido de Il Mondo Medico: <http://www.ilmondomedico.com/tienda/electrocardiografos/32-electrocardiografo-ecg-600g.html>
- INDECO. (27 de Marzo de 2010). INDECO. Obtenido de INDECO: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000431.pdf>
- Inga Zapata, C. (2017). Seguridad Minera. Obtenido de Seguridad Minera: <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/cemento-conductivo-en-los-sistemas-de-puesta-a-tierra/>
- MasVoltaje. (27 de Abril de 2016). Más Voltaje. Obtenido de Más Voltaje: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- MedicalElectric. (29 de Abril de 2016). Medical Electric. Obtenido de Medical Electric: <https://www.medicalelectric.com.co/blog/sistemas-electricos-en-hospitales>
- MedicalElectric. (3 de Julio de 2016). Medical Electric. Obtenido de Medical Electric: <https://www.medicalelectric.com.co/blog/transformador-de-aislamiento>
- MedicalExpo. (Julio de 2015). MedicalExpo. Obtenido de MedicalExpo: <http://www.medicalexpo.es/prod/chison-medical-imaging/product-70890-658168.html>
- MEDICALSOLD. (30 de Agosto de 2015). MEDICALSOLD. Obtenido de MEDICALSOLD: <http://www.medicalsold.com/lamparas-medicas/21490-lampara-quirurgica-rodable.html>
- MeditechSAC. (3 de Marzo de 2015). Meditech S. A. C. Obtenido de Meditech S. A. C: <http://www.meditechsac.com/producto/equipos-medicos/negatoscopio/1641>
- MEM, M. d. (17 de Enero de 2006). Código Nacional de Electricidad - Utilización. Código Nacional de Electricidad - Utilización. Lima, Perú: MEM.

- Metax. (18 de Marzo de 2014). Metax S. A. C. Obtenido de Metax S. A. C.:
<http://www.metaxsac.com/productos/cama-para-uci-mandos-membrana-ic-9>
- MINSA. (2011). <http://www.digemid.minsa.gob.pe>. Obtenido de
<http://www.digemid.minsa.gob.pe>:
http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/AtencionFarmaceutica/Categorizacion-UPSS_Farmacacia.pdf
- MINSA. (3 de Julio de 2014). DGIEM. Obtenido de DGIEM:
<http://www.dgiem.gob.pe/wp-content/uploads/2014/07/MONITOR-DE-FUNCIONES-VITALES-DE-08-PARAMETROS.pdf>
- MINSA. (29 de Diciembre de 2015). Norma Técnica de Salud N°119-MINSA/DGIEM-V.01. Infraestructura y Equipamiento de establecimientos de Salud de Tercer Nivel de Atención. Lima, Lima, Perú.
- NEXO. (Noviembre de 2012). Nexo. Obtenido de Nexo: <http://nes.pe/transiluminador-de-vasos-sanguineos/>
- Osinermin. (11 de Diciembre de 2014). Osinermin. Obtenido de Osinermin:
<http://www.osinerminorienta.gob.pe/documents/54705/340006/capitulo+9.pdf>
- PARA-RAYOS. (2014). PARA-RAYOS. Obtenido de PARA-RAYOS:
<https://www.para-rayos.com/index.php/productos/puesta-a-tierra/26-productos/puesta-a-tierra/36-thor-gel>
- Pérez Díaz, D. A. (2007). Diseño del Sistema de Puesta a Tierra del Centro Médico Docente la Trinidad. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar.
- PortalesMedicos. (26 de Mayo de 2016). PortalesMedicos. Recuperado el 15 de Setiembre de 2017, de PortalesMedicos:
<https://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articles/943/1/Recuperacion-de-sangre-autologa-con-Cell-Saver.html>
- Quirumed. (4 de Abril de 2013). Quirumed. Obtenido de Quirumed:
<https://www.quirumed.com/es/electrobisturi-electronico-para-cirugia-monopolar-y-bipolar.html?sid=50587>
- Ramos, J. R. (9 de Abril de 2015). Prezi. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/xop-ahjwwh4t/maquina-de-anestesia-y-sus-caracteristicas/>

- Rojas, A. J. (5 de Diciembre de 2015). A. Jaime Rojas. Recuperado el 17 de Junio de 2017, de A. Jaime Rojas:
http://www.ajaimerojas.com/producto_detalle.aspx?p=75835&t
- Ruiz Ayala, D. L. (2012). Instalación Eléctrico de un Complejo Hospitalario. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid - Escuela Politécnica Superior.
- Sanchez, D. (19 de Mayo de 2013). Monografias.com. Obtenido de Mnofgrafias.com:
www.monografias.com/trabajos16/carro-de-paro/carro-de-paro.shtml
- SchneiderElectric. (2013). Guía de diseño de instalaciones electricas. Schneider Electric.
- SCielo. (Abril de 2011). Scielo Perú. Obtenido de Scielo Perú:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172011000200006
- SermedIngenieros. (5 de Julio de 2016). SermedIngenieros. Recuperado el 9 de Setiembre de 2017, de SermedIngenieros:
<http://sermedingenieros.com/aspirador-de-secreciones-portatil/>
- Seymour, J., & Terry, H. (2015). Los siete problemas en el suministro eléctrico. Uruguay: APC.
- SPRL. (Marzo de 2012). Universitat Politècnica de València. Obtenido de Universitat Politècnica de València: https://www.sprl.upv.es/IOP_ELEC_02.htm
- Unicrom. (2016). Electrónica Unicrom. Obtenido de Electrónica Unicrom:
<https://unicrom.com/ups-modo-bypass-interactiva-ferroresonante-triport/>
- Wikipedia. (6 de Julio de 2017). Wikipedia. Recuperado el 3 de Setiembre de 2017, de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Quir%C3%B3fano>
- Wikipedia. (25 de Setiembre de 2017). Wikipedia. Recuperado el 3 de Noviembre de 2017, de Wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_de_cuidados_intensivos
- Wikipedia. (8 de Noviembre de 2017). Wikipedia. Obtenido de Wikiperia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Pararrayos>

Wikipedia. (8 de Noviembre de 2017). Wikipedia. Obtenido de Wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Protecciones_de_sistemas_de_potencia

Yanque Tomasevich, M. M. (2006). Diseño de Redes de Puesta a Tierra en

Subestaciones de Corriente Alterna. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria.

ANEXOS

ANEXO 1. Archivo fotográfico del lugar de estudio y cuadro comparativo

VISTA FRONTAL DEL TERRENO



Elaboración: Propia

MEDICIÓN DE LONGITUD DEL TERRENO



Elaboración: Propia

VISTA DE MEDICIÓN Y LONGITUD DEL TERRENO



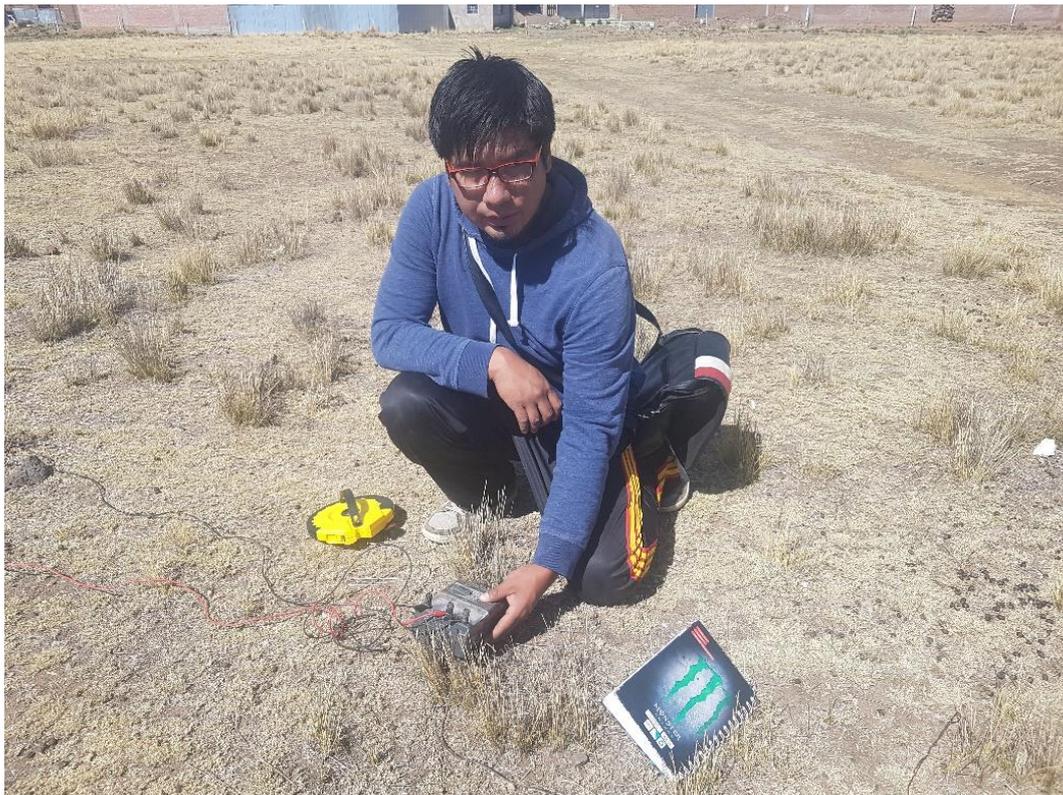
Elaboración: Propia

LONGITUD DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DEL TERRENO



Elaboración: Propia

REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN Y RESISTENCIA DEL TERRENO



Elaboración: Propia

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA - ZONA 1



Elaboración: Propia

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA - ZONA 2



Elaboración: Propia

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA - ZONA 3



Elaboración: Propia

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA - ZONA 4



Elaboración: Propia

CUADRO DE LECTURAS DE RESISTIVIDAD DE PUESTA A TIERRA HOSPITAL III PUNO ESSALUD

ITEM	SERVICIO	N° DE PUESTA A TIERRA	RESISTIVIDAD (Ω)	
			C/Carga(Ω)	S/Carga(Ω)
1	GRUPO ELECTROGENO	1	4.5	4.5
2	PLANTA DE TRATAMIENTO	1	1.3	2.5
3	INCINERADOR	1	0.7	3.0
4	TRANSFORMADOR GENERAL	2	2.7	3.6
			3.1	3.3
5	TRANSFORMADOR TOMOGRAFO	1	1.5	4.1
6	LAVANDERIA	1	2.8	4.5
7	HOSPITALIZACION	2	1.5	1.9
			0.5	3.8
8	TABLERO HOSPITALIZACION	2	4.0	4.5
			1.4	5.0

Continua...

9	CENTRAL DE ESTERILIZACION	4	1.9	1.7
			4.6	4.6
			2.2	2.0
			2.9	3.0
10	CENTRO QUIRURGICO	4	0.8	0.7
			2.5	2.9
			4.0	5.0
11	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	2	3.4	5.0
			1.4	4.7
12	BANCO DE SANGRE	1	2.4	2.4
13	LAVORATORIO CENTRAL	2	5.0	4.9
			2.0	4.8
14	DENSITOMETRIA	1	0.1	2.0
15	MAMOGRAFIA	1	0.3	2.5
16	UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS	1	0.1	4.2
17	RAYOS X	2	3.0	3.2
			5.0	5.0
18	CONSULTORIOS EXTERNOS	1	0.5	4.6
19	ENCEFALOGRAFIA	1	4.6	4.6
20	PARARRAYOS	1	3.2	3.2
21	PATIO DIRECCION	1	4.9	5.0
22	PEDIATRIA	1	4.5	4.5
23	PEDIATRIA UCI	1	5.0	5.0
24	TABLERO GENERAL	2	4.0	4.0
			4.8	4.8
25	TABLERO DE CALEFACCION	1	4.5	4.8
	TOTAL PUESTAS A TIERRA	38	2.9	3.0

Fuente: Datos proporcionados por personal de mantenimiento Hospital III Puno

ANEXO 2. Planos del diseño

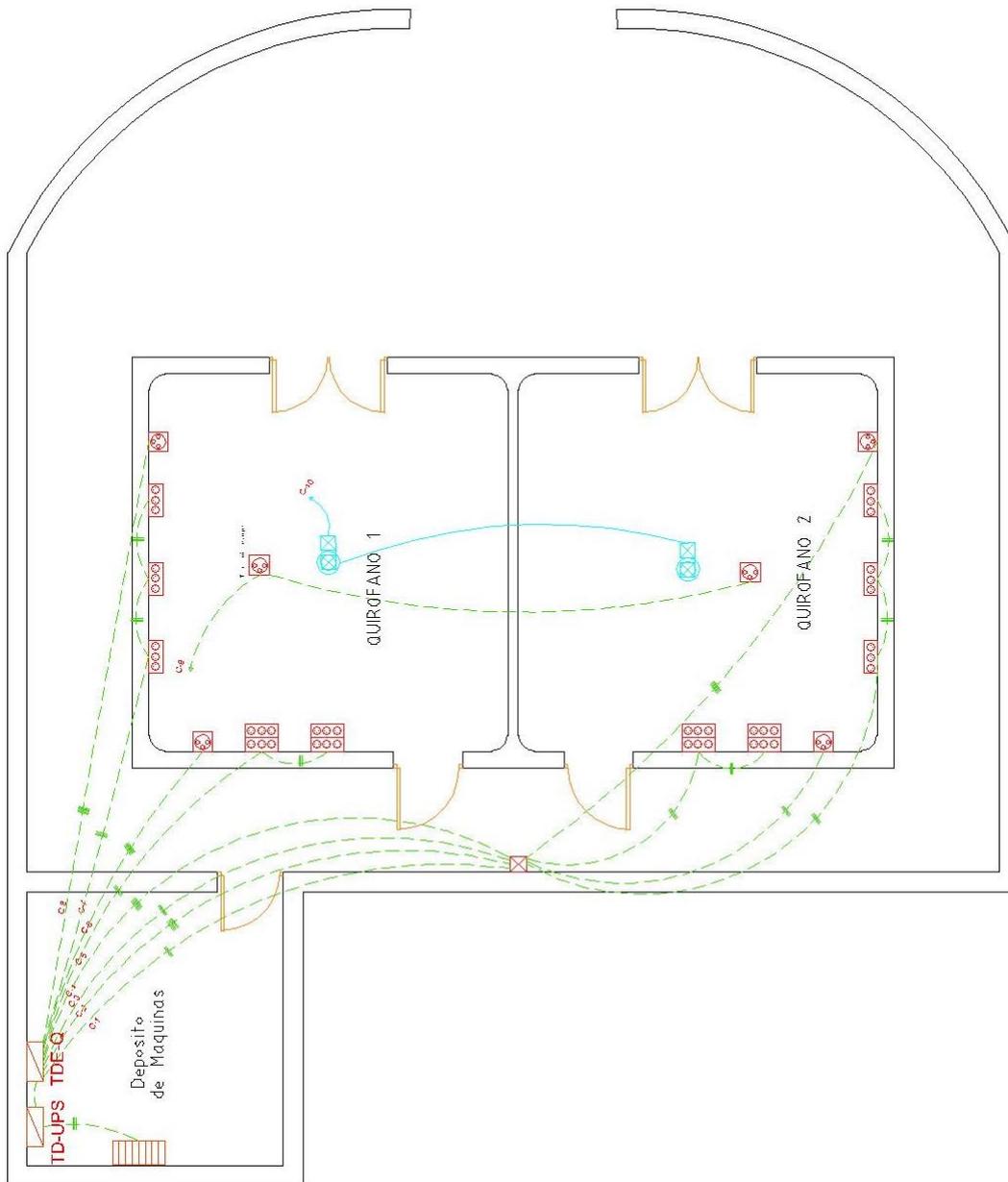
AREA DE QUIRÓFANO

LEYENDA - QUIRÓFANO

LEYENDA QUIROFANO			
SIMBOLO	DESCRIPCION ACCESORIOS	CAJAS (mm)	ALTURA DE INSTAL.
	UPS CON NUCLEO FERRORESONANTE DE 60 KVA	300X300	0.30m SNPT
	TABLERO ESTABILIZADO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	600X800X20	1.80m SNPT
	SALIDA PARA LAMPARA QUIRURGICA	OCT. 100X40	Toma en Techo
	TOMACORRIENTE DE FUERZA 220V ESTABILIZADO	RECT. 100X50X40	1.20m SNPT
	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO EN PISO A PRUEBA DE AGUA	RECT. 100X50X40	PISO
	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO 6 TOMAS	RECT. 100X50X40	1.20m SNPT
	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO 3 TOMAS	RECT. 100X50X40	1.20m SNPT
	CAJA DE PASO GALVANIZADA	200X200	0.30m SNPT
	TOMACORRIENTE 220V	RECT. 100X50X40	0.30m SNPT
	POZO A TIERRA	300X300	PISO

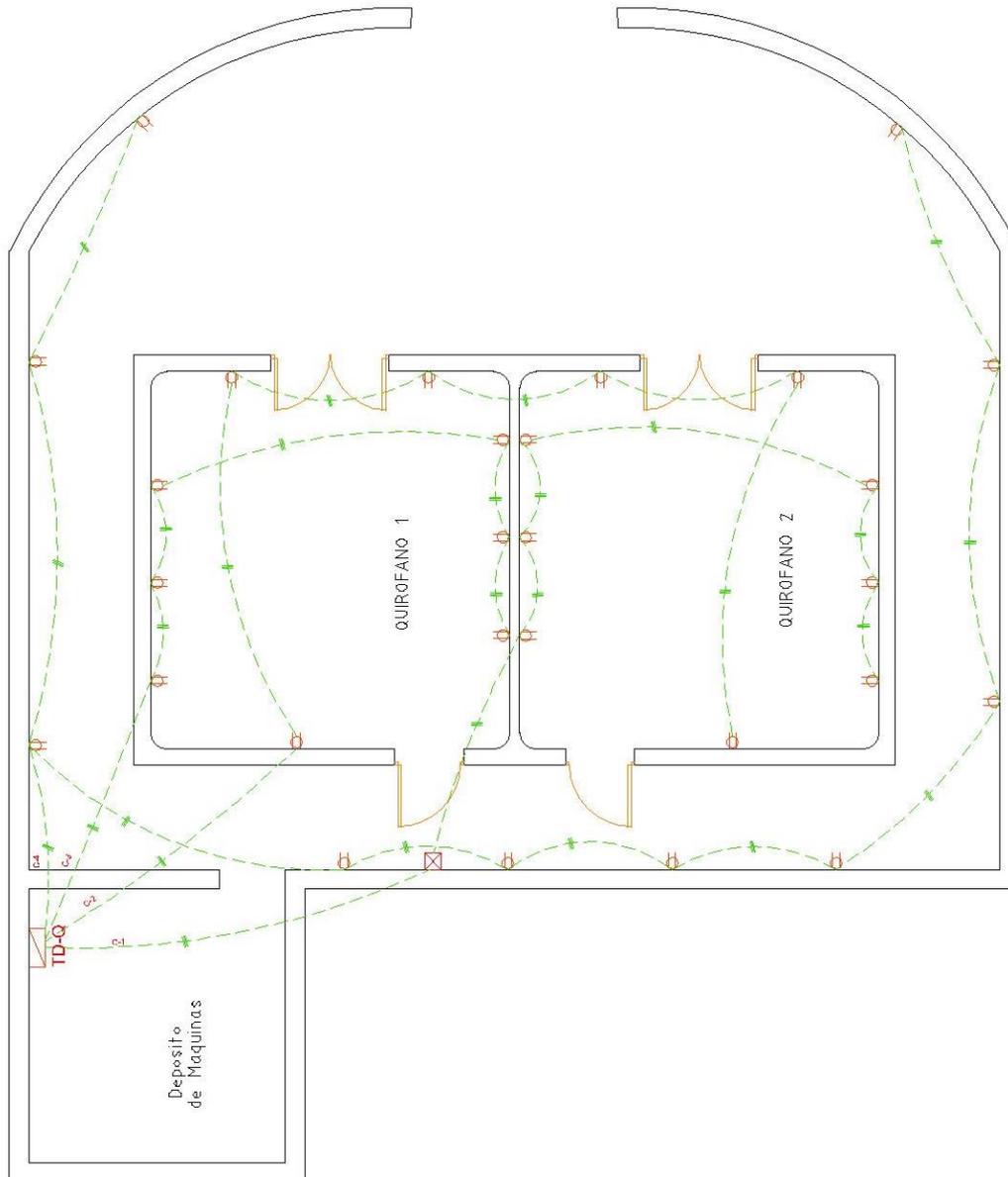
Elaboración: Propia

TOMACORRIENTES ESTABILIZADOS - QUIRÓFANO



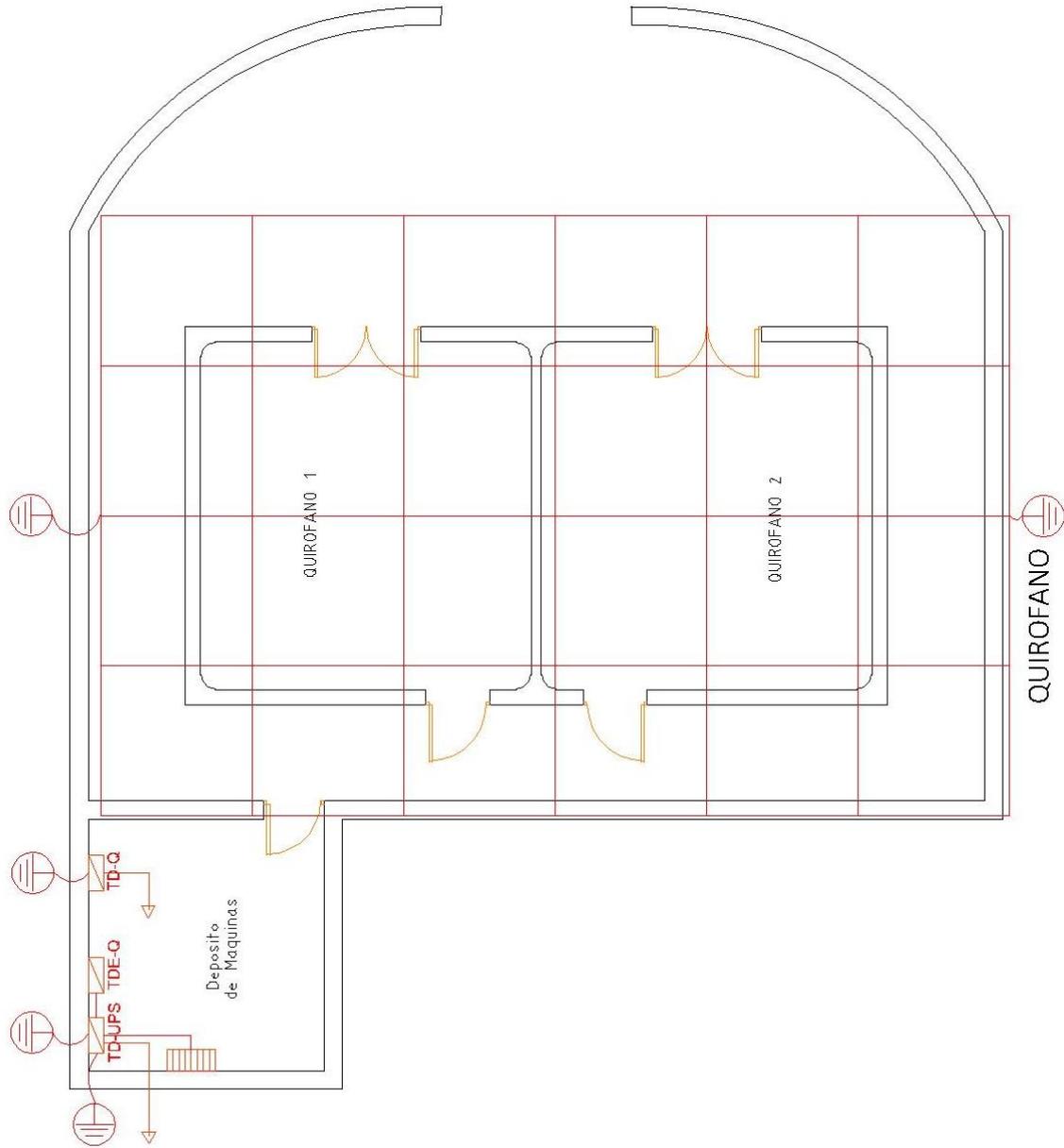
Elaboración: Propia

TOMACORRIENTE - QUIRÓFANO



Elaboración: Propia

MALLA EQUIPOTENCIAL Y PUESTA A TIERRA - QUIRÓFANO



Elaboración: Propia

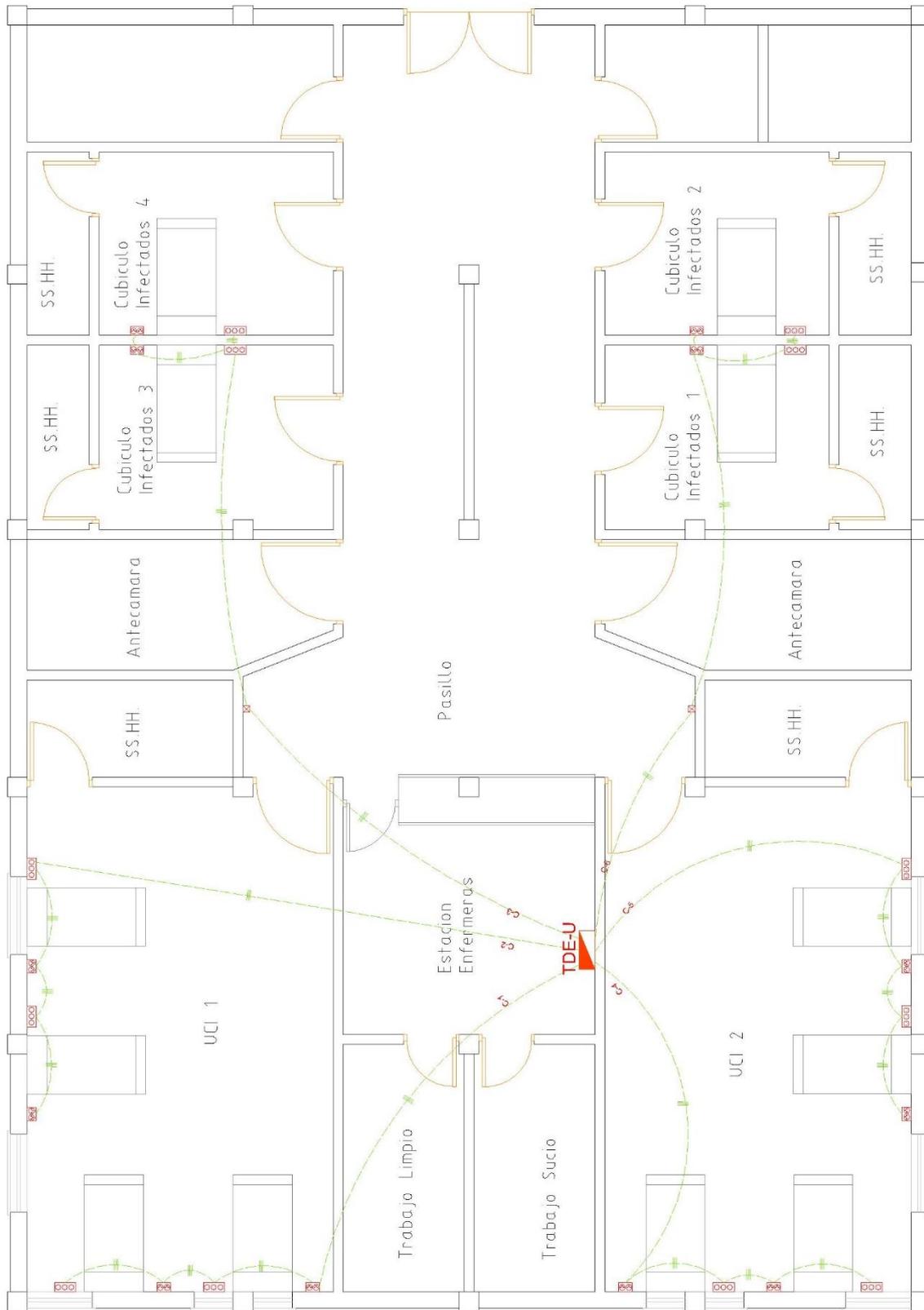
UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS

LEYENDA - UCI

LEYENDA UCI			
SIMBOLO	DESCRIPCION ACCESORIOS	CAJAS (mm)	ALTURA DE INSTAL.
	UPS CON NUCLEO FERRORESONANTE DE 100 KVA	300X300	0.30m SNPT
	TABLERO ESTABILIZADO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	600X800X20	1.80m SNPT
	TABLERO DE UPS	600X800X20	1.80m SNPT
	LAMPARA DE CABECERA	RECT.100X50X40	1.70m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE ESTABILIZADO	RECT.100X50X40	0.30m SNPT
	POZO A TIERRA	300X300	PISO
	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO 3 TOMAS	RECT.100X50X40	1.20m SNPT
	CAJA DE PASO GALVANIZADA	200X200	0.30m SNPT

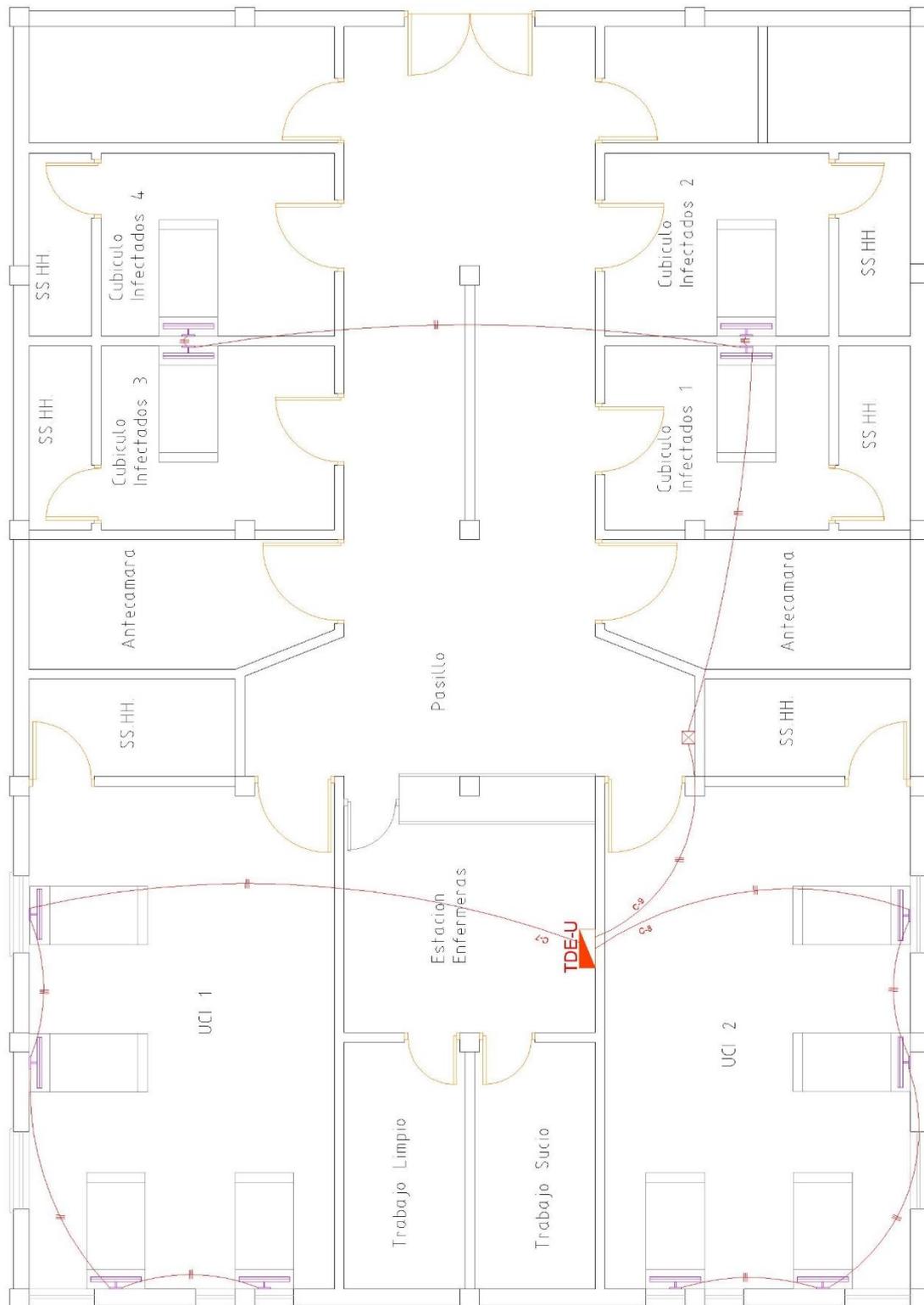
Elaboración: Propia

TOMACORREINTES ESTABILIZADOS -UCI



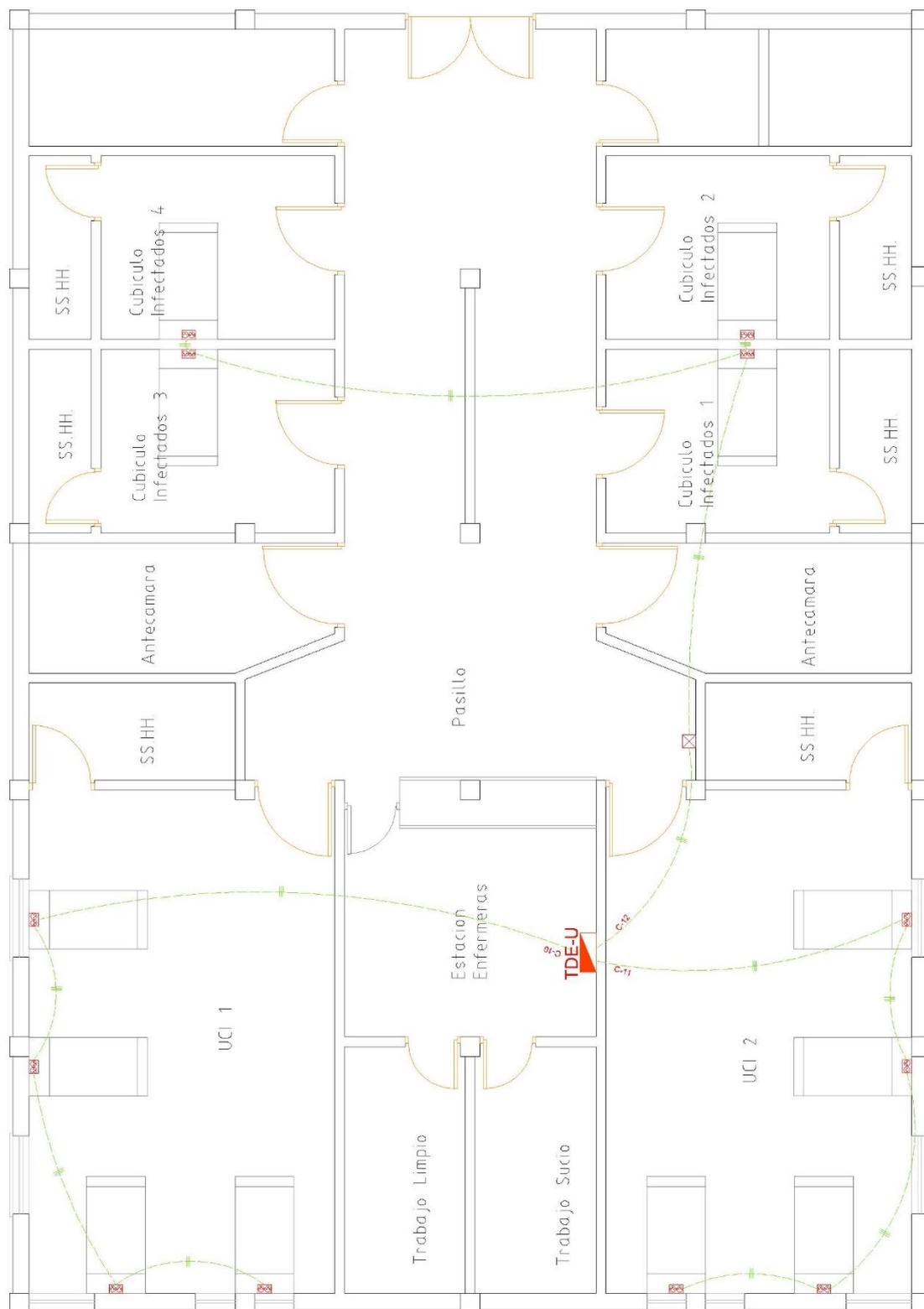
Elaboración: Propia

LÁMPARAS DE CABECERA - UCI



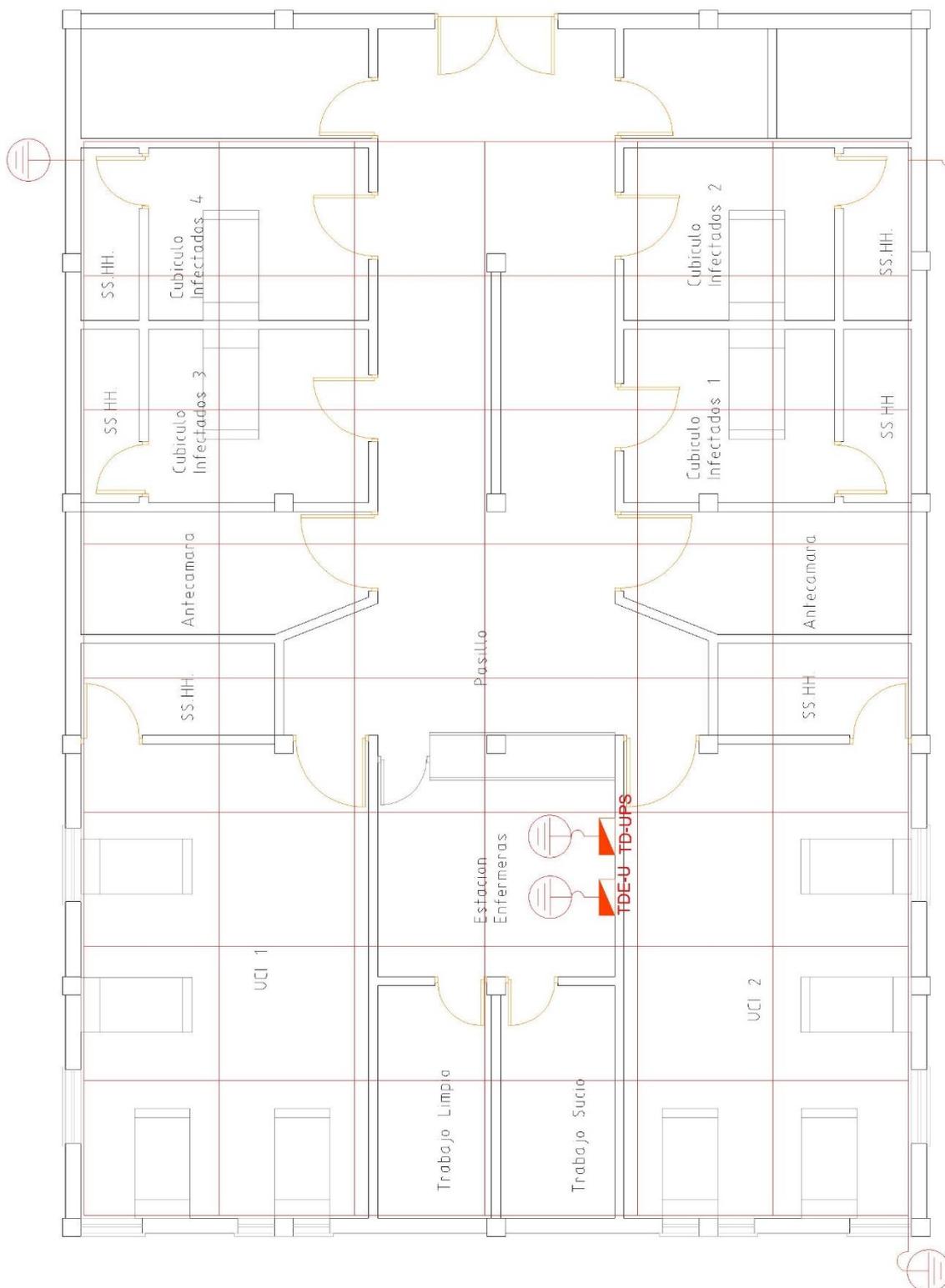
Elaboración: Propia

TOMACORRIENTES PARA CAMILLA Y CALENTADOR – UCI



Elaboración: Propia

MAILLA EQUIPOTENCIAL Y PUESTA A TIERRA - UCI



Elaboración: Propia

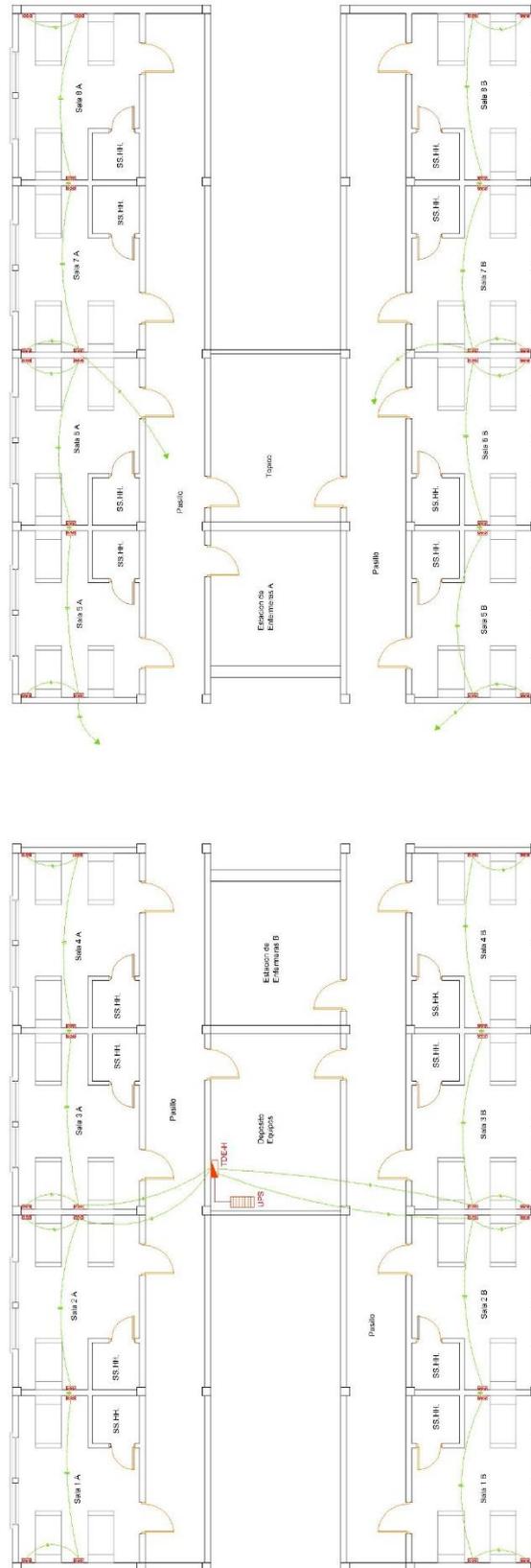
AREA DE HOSPITALIZACIÓN

LEYENDA – HOSPITALIZAIÓN

LEYENDA HOSPITALIZACION			
SIMBOLO	DESCRIPCION ACCESORIOS	CAJAS (mm)	ALTURA DE INSTAL.
	UPS CON NUCLEO FERRORESONANTE DE 100 KVA	300X300	0.30m SNPT
	TABLERO ESTABILIZADO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	600X800X20	1.80m SNPT
	TABLERO DE DISTRIBUCION ELECTRICA	600X800X20	1.80m SNPT
	LAMPARA DE CABECERA	RECT.100X50X40	1.70m SNPT
	TOMACORRIENTE DOBLE ESTABILIZADO	RECT.100X50X40	0.30m SNPT
	POZO A TIERRA	300X300	PISO
	TOMACORRIENTE ESTABILIZADO 3 TOMAS	RECT.100X50X40	1.20m SNPT
	CAJA DE PASO GALVANIZADA	200X200	0.30m SNPT

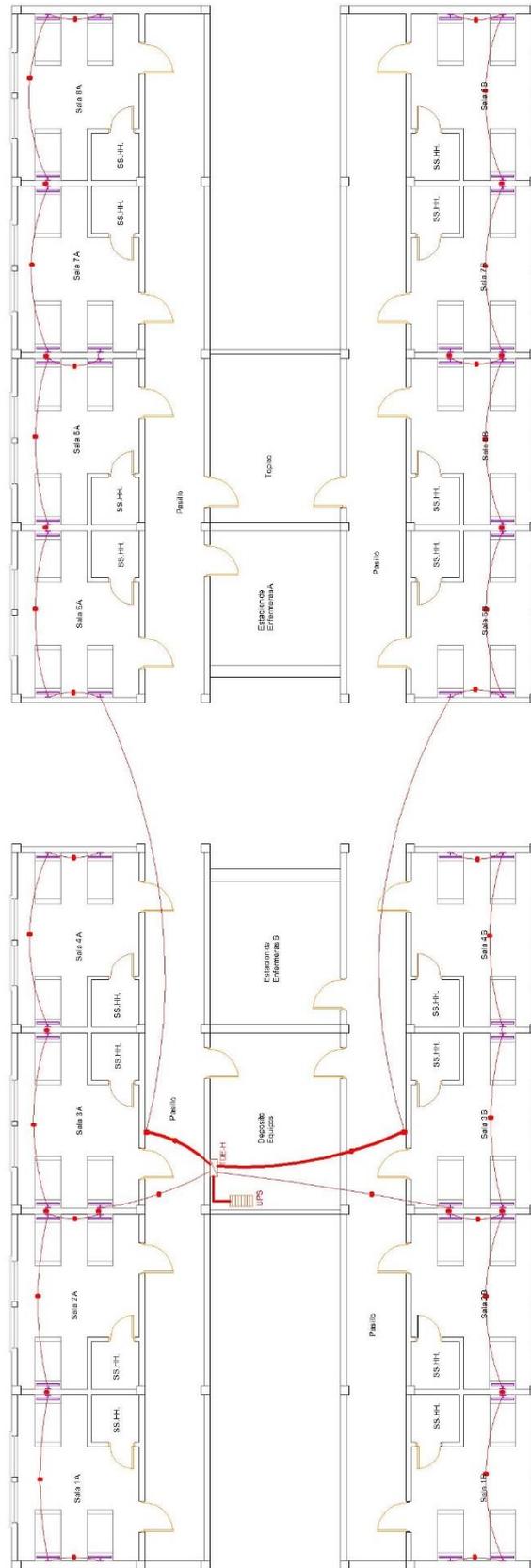
Elaboración: Propia

TOMACORREINTES ESTABILIZADOS - HOSPITALIZACIÓN



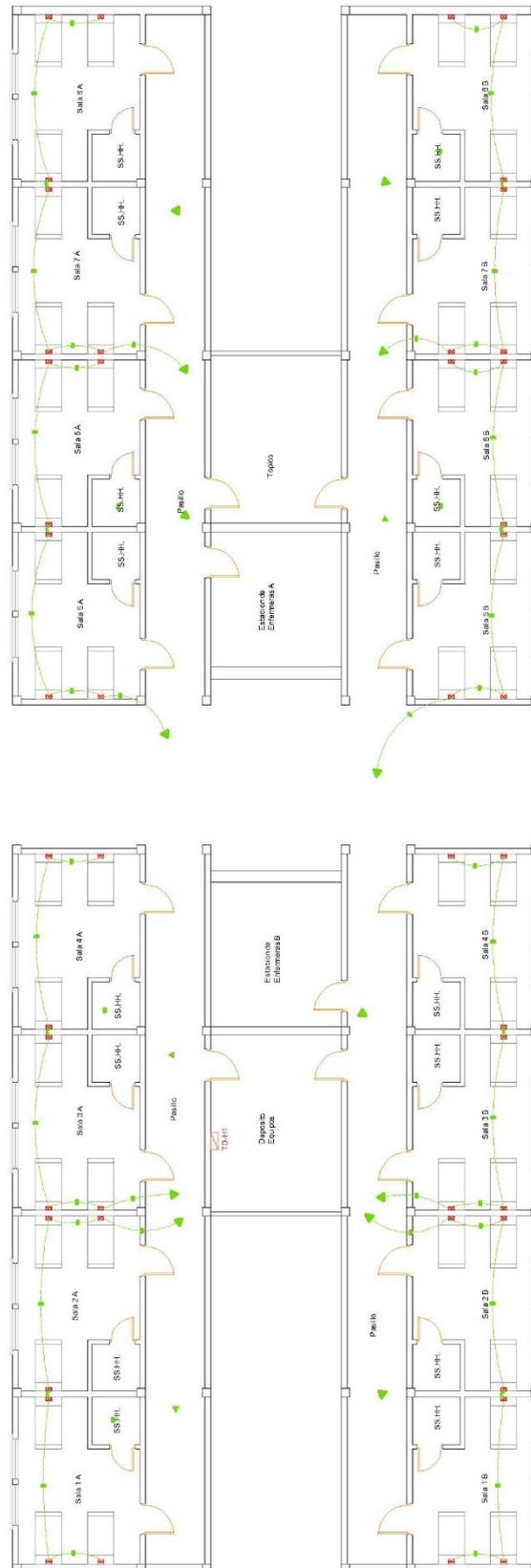
Elaboración: Propia

SALIDA PARA LÁMPARAS DE CABECERA – HOSPITALIZACIÓN



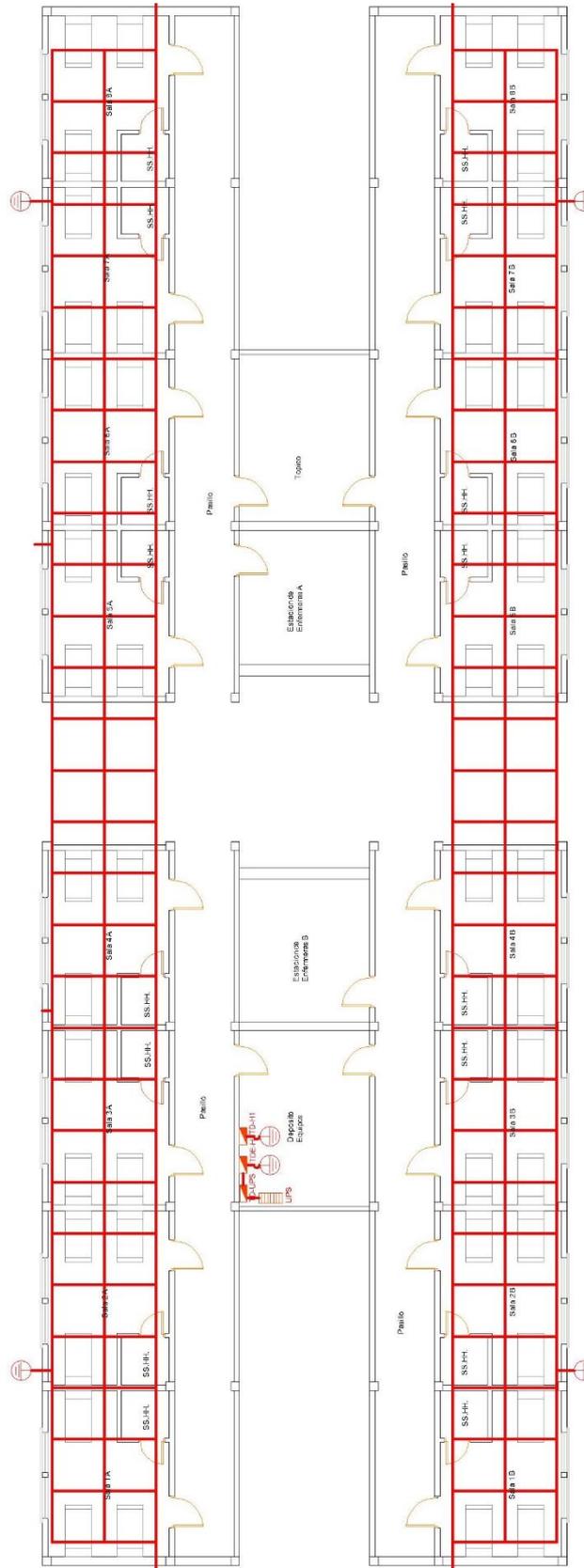
Elaboración: Propia

SALIDA PARA CAMILLAS - HOSPITALIZACIÓN



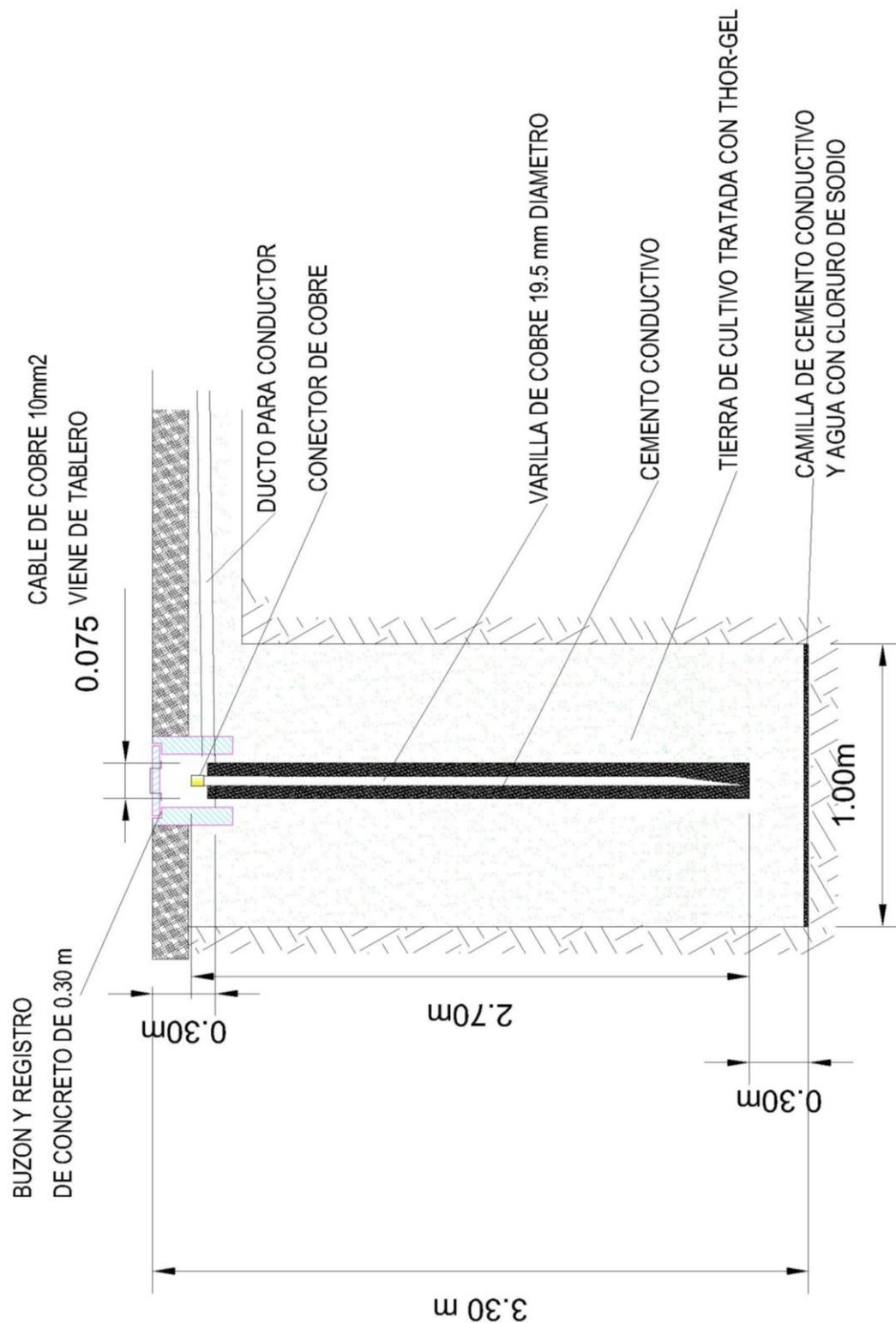
Elaboración: Propia

MALLA EQUIPOTENCIAL Y PUESTA A TIERRA – HOSPITALIZACIÓN



Elaboración: Propia

DETALLE DE PUESTA A TIERRA



Elaboración: Propia

*ANEXO 3. Material sugerido para la implementación del diseño***TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO****SERIE ATT – 12 a 180 kVA**

Transformador tipo seco con apantallamiento electrostático, fabricado con núcleo de hierro silicoso de grano orientado y arrollamiento de cobre electrolítico de alto grado de pureza, caja metálica protectora. Diseñada con baja inducción magnética y bajo nivel de ruido. Recuperado de <http://www.tridecom.com/assets/files/att%2012-180KVA.pdf>

Características Generales	
Modelo	ATT-12KVA, ATT-15KVA, ATT-20KVA, ATT-30KVA, ATT-40KVA, ATT-50KVA, ATT-60KVA, ATT-80KVA, ATT-100KVA, ATT-120KVA, ATT-150KVA, ATT180KVA
Procedencia	Nacional, producto peruano
Marca	TRIDECOM
Norma de fabricación	IEC-76 ITINTEC 370 - 002
Tipo	Seco
Refrigeración	ANAN
Aislamiento térmico	tipo H (155°C)
Nivel de aislamiento eléctrico	0,6/2.5 KV
Aislamiento	Factor K1 / K13 pantalla galvánica entre bobina primaria y secundaria
Factor de potencia	0.85
Grupo de conexión	Dyn5, Dyn11
Nivel de ruido	55dB a 1,5 m de distancia (para transformadores > 60KVA)
Montaje	uso interior / exterior
Entrada	
Potencia	12 KVA, 15 KVA, 20 KVA, 30 KVA, 40 KVA, 50 KVA, 60 KVA, 80 KVA, 100 KVA, 120 KVA, 150 KVA, 180 KVA
Rango de voltaje nominal	220/380/400/460 VAC según requerimiento
Fases	trifásico
Frecuencia	60Hz
Conexión de entrada	(hasta 30 KVA) borneras de baquelita, (mayores a 40 KVA) pernos de bronce para conexión de cables

Salida	
Voltaje nominal	220 / 380 VAC + N (220 VAC entre fase y línea neutra)
Forma de onda	Senoidal
Fases	trifásico
Conectores de salida	borneras de baquelita
Condiciones de operación	
Nivel de funcionamiento	<3500 m. s. n. m. sin degradación
Humedad relativa	95% no condensada
Temperatura de funcionamiento	0 a 75° C como máximo

UPS - ESTABILIZADOR FERRORESONANTE

Recuperado de <http://gamatec.com.pe/proteccion-electrica/estabilizadores/estabilizador-ferroresonante/>

Fabricación	Nacional
Potencias	De 1 KVA a 30 KVA
Voltaje Nominal	220 VAC
Rango Voltaje a la Entrada	120 VAC a 300 VAC
Voltaje Salida	220 VAC
Regulación de Salida	+ / - 1%
Aísla la Salida de la Entrada	Transformador de Ultra-Aislamiento c/ Pantalla Electroestática y Protección Galvánica.
Fases	Monofásica y Trifásica
Frecuencia	60 Hz
Tiempo Respuesta	<25 nano segundos
Distorsión Armónica	Nula
Corrección de Onda de Entrada	Onda Senoidal a la salida para una forma de onda Distorsionada en la entrada
Eficiencia	90% a plena carga
Filtros Incorporados	EMI / RFI y Supresores de Picos
Sobrecarga Admisible	150% por 15 min
Protección Contra Cortocircuito	Soporta Corto Circuito Físicos. El estabilizador se apaga.
Crecimiento Modular	Los estabilizadores pueden conectarse en Paralelo para proporcionar mayor Potencia.
Vida Útil	25 años de Funcionamiento Continuo
Acoplamiento con UPS – Stand By	El FP es capaz de actuar en forma conjunta con un UPS Stand By; actuando como UPS On Line.
Temperatura de Operación	0° C – 70°C
Tomacorriente de Salida	04 tipo NEMA 5-15R o Bornera de Conexión
Altitud de Operación	Hasta los 4600 msnm

PARARRAYOS DAT CONTROLER PLUS

DAT CONTROLER® PLUS es un pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) que basa su funcionamiento en las características eléctricas de formación de los rayos, emitiendo el trazador ascendente continuo antes que cualquier otro objeto dentro de su radio de protección, característica denominada normativamente como tiempo de avance en el cebado (ΔT). Cuanto mayor sea su anticipación en la formación del trazador ascendente, mayor será la distancia a la que capture el trazador descendente, protegiendo frente al rayo en un área mayor (las normas limitan a $\Delta T \leq 60 \mu s$). Recuperado de https://at3w.com/upload/ficheros/02_pararrayos_y_accesorios_es.pdf

Exigencias Normativas	
Conformidad norma UNE 21186:2011 “Pararrayos con dispositivo de cebado”	Ensayo niebla salina Ensayo atmósfera húmeda sulfurosa Ensayo de corriente soportada 100 kA (10/350 μs) Ensayo de tiempo de avance ΔT
Características adicionales	
Marca AENOR	Cumplimiento reglamento particular RP 058 de AENOR para pararrayos con dispositivo de cebado Toma de muestras de seguimiento realizada por técnicos de AENOR Ensayos en laboratorios oficiales independientes
Corriente soportada certificada 20 impactos 100 kA (10/350 μs)	Aplicación directa de 20 impulsos de corriente (10/350 μs) con una corriente de pico superior de 100 kA y energía específica mayor a 2,5 MJ/ Ω
Funcionamiento en condiciones de lluvia (aislamiento superior al 95%)	Ensayo conforme UNE-EN 60060-1:2012 El diseño patentado del DAT CONTROLER® PLUS impide que la lluvia ponga en contacto la carcasa metálica a potencial eléctrico atmosférico (en azul) con el eje metálico a potencial de tierra (en rojo) La alimentación del dispositivo de cebado de un PDC viene determinada por la elevada diferencia de potencial que se da, en condiciones de tormenta, entre sus armaduras metálicas aisladas. Es necesario garantizar dicha diferencia de potencial en condiciones de lluvia
Verificación del estado del cabezal	In situ (DAT CONTROLER® PLUS) De forma remota (DAT CONTROLER® PLUS + AT-REMOTE TESTER)

Características técnicas		
Material	Acero inoxidable AISI 316L	
Peso	3,8 kg	
Estanqueidad	IP67	
Temperatura de trabajo	-25 °C a +88 °C	
Tipo de dispositivo de cebado	Electropulsante (emisor de impulsos)	
Aislante interno	Resina de poliuretano	
Fijación	Rosca macho M20	
Normativa	UNE 21186:2011; NF C 17-102:2011; NP 4426:2013	
Tiempos de avance (ΔT) DAT CONTROLER® PLUS		
Ref.	Modelo	ΔT certificado
AT-1515	DAT CONTROLER® PLUS 15	15 μs
Radio de protección en metros R_p DAT CONTROLER® PLUS		
	Nivel de protección IV (D=60m)	
Ref.	AT-1515	
h(m)=20	63	

CONDUCTORES DESNUDOS

Conductores de cobre electrolítico de 99,99% de pureza mínima, recocido, semiduro y duro. Sólidos (alambres) y cableados concéntricamente. Recuperado de http://www.kapekinternacional.com/catalogos/conductores_electricos/CONDUCTORES%20ELECTRICOS.pdf

Usos	
Alambres duros	Circuitos aéreos de comunicación telegráfica y otros usos
Alambres recocidos	En sistemas de puesta a tierra.
Cables duros	En líneas aéreas de transmisión y redes de distribución aérea
Cables recocidos	En sistemas de puesta a tierra, protección de equipos y aplicaciones de uso general
Normas de fabricación	
Alambre	NTP 370.251
Cables de cobre duro	NTP 370.251
Cables de cobre recocido	NTP 370.251
Cables de cobre semiduro	NTP 370.251 ASTMB8 ASTMB2
Calibre	
Alambres	0.5 mm ² – 16 mm ²
Cables	1.5 mm ² – 500 mm ²

CABLE NYY UNIPOLAR

Uno, dos, tres o cuatro conductores de cobre recocido, sólido, cableado (comprimido, compactado o sectorial) o flexible. Aislamiento de PVC, con o sin conductor de tierra (aislado) y cubierta exterior de PVC. Recuperado de <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000597.pdf>

Usos	Aplicación general como cable de energía. En redes de distribución en baja tensión, instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, engrapadas, etc.); a la intemperie, en ductos subterráneos o directamente enterrados. Pueden ser instalados en lugares secos y húmedos
Características	Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC les otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita los empalmes, derivaciones y terminaciones. Retardante a la llama.
Marca	INDECO S.A. NYY (80°) 0.6/1 kV <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>
Calibres	6 mm ² – 500 mm ²
Embalaje	En carretes de madera, en longitudes requeridas.
Colores	Aislamiento: Blanco, Negro, Rojo, Azul, Amarillo. Cubierta Exterior: Negro
Normas de fabricación	NTP-IEC 60502-1
Tensión de servicio	0.6/1 kV
Temperatura de operación	80°C

Sección	N° hilos	Espesores		Diámetro previsto	Peso previsto	Capacidad de corriente		
		Aislamiento	Cubierta			Enterrado	Aire	Ducto
N° x mm ²		mm	mm	mm	Kg/Km	A	A	A
1 x 70	19	1.4	1.4	15.6	778	282	250	222

CABLE NH-80 FREETOX

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR. Recuperado de

<http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000431.pdf>

Usos	<p>Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales, ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.</p> <p>En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobre vivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.</p>
Características	Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.
Marca	INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>
Calibres	1.5 mm ² – 300 mm ²
Embalaje	De 1.5 a 10 mm ² , en rollos estándar de 100 metros. De 16 a 300 mm ² , en carretes de madera.
Colores	De 1.5 a 10 mm ² : blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo. Mayores de 10 mm ² sólo en color negro

Calibre conductor mm ²	N° hilos	Diámetro hilo mm	Diámetro conductor mm	Espesor aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso Kg/Km	Amperaje	
							Aire A	Ducto A
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31

CEMENTO CONDUCTIVO THOR CEM

THOR CEM es un cemento conductor de alta calidad que incrementa el área de contacto de los electrodos en sistemas de Puesta a Tierra Vertical u Horizontal. Disminuye, así, significativamente la resistencia eléctrica de este proceso. La efectividad de la puesta a tierra con THOR CEM ha sido demostrada a través de un monitoreo constante a largo plazo de las varillas instaladas, confirmando su alta calidad.

THOR CEM fue creado en el 2009 ante la demanda de un compuesto de alta conductividad eléctrica, inmune a los agentes corrosivos, libre de mantenimiento, de larga duración y fácil de instalar.

THOR-CEM incrementa el área de contacto del conductor y evita su corrosión creando un sistema libre de mantenimiento.

Los costos de construir una puesta a tierra con THOR-CEM son más bajos comparando con una puesta a tierra tradicional con barra vertical.

Viene en bolsas de 25 Kg. que son diseñadas para usarse como contrapeso en las excavaciones.

- Vida útil mínima de 20 años
- No requiere mantenimiento.
- Protege al cobre de la corrosión.

Recuperado de <https://www.para-rayos.com/index.php/productos/puesta-a-tierra/26-productos/puesta-a-tierra/37-thor-cem>

GEL CONDUCTIVO – THOR GEL

THOR GEL es el mejor reductor de resistencia para Puestas a Tierra fabricado en el Perú desde 1984. Su fórmula, compuesta por Hexacianoferrato de Cobre es reconocida por la Merck Index como especializada para el tratamiento de las mismas. THOR GEL se fabrica bajo estrictas normas de aseguramiento de calidad por parte de nuestro Departamento de Control de Calidad.

THOR-GEL es un compuesto de naturaleza compleja que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus 2 componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal y forma una malla tridimensional de iones positivos y negativos, cuyos espacios vacíos pueden ser atravesados por ciertas moléculas, pero no por otras.

Esto lo convierte en una membrana semipermeable, que facilita el movimiento de ciertos iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u otro sentido. De este modo, este sería un verdadero conductor eléctrico.

El propósito del tratamiento químico de las puestas a tierra es el de asegurar en todo momento, una baja resistencia al paso de cualquier corriente de falla, sin corroer los electrodos y demás elementos del sistema.

Para cumplir este objetivo, THOR-GEL posee cualidades extraordinarias como:

- Una gran atracción por el agua, de modo que puede aprisionarla manteniendo un equilibrio con el agua superficial que lo rodea. Esto lo convierte en una especie de reservorio acuífero.
- Rellena los espacios intersticiales dentro del pozo, constituyendo una excelente conexión eléctrica entre el terreno de cultivo (reemplazado) y el electrodo, asegurando una conductividad permanente.

Recuperado de <https://www.para-rayos.com/index.php/productos/puesta-a-tierra/26-productos/puesta-a-tierra/36-thor-gel>