



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Criterios de diseño de puestas a tierra para equipos  
biomédicos de alta sensibilidad en el Hospital  
Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A.  
Carrión de Huancayo**

**Richard Raul Laureano Molina**

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

**ASESOR:**  
**Ing. JORGE LOZANO MIRANDA**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado todo para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, esposa y mis hijos, por estar a mi lado, brindándome todo su amor, entrega, dedicación y sobre todo por su comprensión y paciencia durante estos años de mi vida, ustedes siempre motivaron mi desarrollo profesional

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Continental, he contado con ustedes con el soporte profesional desde el día en que los conocí, gracias por todo su apoyo.

Al Ing. Marcial Alejandro Aliaga Marticorena, sin su valiosa asistencia y orientación, este trabajo no se hubiese logrado, a pesar de todos tus proyectos y ocupaciones siempre estabas allí para responder mis inquietudes.

A mis amigos y compañeros de universidad de la II promoción de Ingenieros Electricistas, saben que los aprecio, sin ustedes hubiese sido una experiencia aburrida, gracias por todo lo que aprendí.

## **DEDICATORIA**

A Dios, el sustentador de todo, a mi madre por brindarme su apoyo incondicional, mi esposa por su apoyo y comprensión durante todo el tiempo de estudio, a mis hermanos que motivaron a seguir estudiando y mis hijos.

## ÍNDICE

Caratula.....	i
Asesor.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Índice.....	v
Indicé de Tablas.....	ix
Indicé de figuras.....	xi
Indicé de Anexos.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xiv
Introducción.....	xvi

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problema Específico:.....	21
1.3. OBJETIVOS.....	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	22
1.4.1. Justificación Social.....	22
1.4.2. Justificación Técnica.....	23
1.4.3. Justificación Económica.....	23
1.4.4. Importancia.....	24
1.5. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	25
1.5.1. Hipótesis General.....	25
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	25

1.5.3. Descripción de Variables .....	25
1.6. Operacionalización de las variables .....	26

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	28
2.1.1. Nacional.....	28
2.1.2. Internacional .....	29
2.2. BASES TEÓRICAS .....	30
2.2.1. Puesta A Tierra .....	30
2.2.2. Razón Principal Para Instalar Una Puesta A Tierra.....	31
2.2.3. Porqué Instalar Una Puesta A Tierra .....	31
2.2.4. Desplazamiento Válido De Una Puesta A Tierra .....	32
2.2.5. Sistema Básico De Puesta A Tierra:.....	32
2.2.6. Conceptos De SPAT Según Normas.....	33
2.2.7. Movimiento De Partículas Eléctricas En Terrenos .....	34
2.2.8. Organización De Suelos .....	36
2.2.9. Factores Que Influyen En La Resistividad De Los Suelos .....	38
2.2.10. Metodología De Medición De Resistividad .....	40
2.2.11. Sistema De Puesta A Tierra.....	42
2.2.12. Estimación De Resistencia De Puesta A Tierra .....	43
2.2.13. Instalación De Varillas De Puesta A Tierra .....	45
2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PUESTA A TIERRA.....	51
2.4. EQUIPO DE ALTA SENSIBILIDAD (equipo Biomédico).....	53
2.4.1. Clasificación De Los Dispositivos Médicos .....	53
2.4.2. Circulación De La Corriente Por El Cuerpo Humano .....	53
2.4.3. Impedancia Del Cuerpo Humano .....	56

2.4.4. Resistencia Del Cuerpo Humano .....	57
2.4.5. Parámetros Susceptibles Que Afectan Al Cuerpo Humano .....	59
2.4.6. Frecuencia De La Corriente .....	60
2.4.7. Riesgo De Descargas (Shock) Provocadas Por El Equipo .....	63
2.4.8. Índice De Seguridad Eléctrica Para Equipos Médicos .....	67
2.5. CRITERIO DE DISEÑO DE UNA PUESTA A TIERRA .....	77
2.5.1. Puesta A Tierra Para Equipos De Alta Sensibilidad.....	77
2.5.2. Mediciones De Tierras .....	78
2.5.3. Constitución Del Terreno.....	78
2.5.4. Medición De La Resistividad Del Terreno.....	79
2.5.5. Requisitos Básicos .....	82
2.5.6. Requisitos Geométricos.....	83
2.5.7. Requisitos Químicos.....	84
2.5.8. Prueba Básico De Resistividad Del Terreno Del Hospital .....	86
2.5.9. Cálculo De Resistencia Del Electrodo .....	90
2.5.10. Elección Del Electrodo .....	91
2.5.11. Tiempo De Vida Útil De Los Electrodos Y Costo .....	95
2.5.12. Tratamiento Químico Del Suelo.....	96
2.5.13. Materiales Utilizados .....	96
2.5.14. Confección De La Puesta A Tierra.....	97
2.5.15. Resultados Obtenidos .....	102
2.5.16. Cuadro De Protocolo De Prueba SPAT .....	103
2.5.17. Inspección Y Mantenimiento De La Puesta A Tierra.....	105
2.5.18. Características Técnicas Del Equipo De Resonancia Magnética .....	106

### **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**



3.1.	TIPO Y NIVEL.....	112
3.1.1.	Tipo.....	112
3.1.2.	Nivel.....	112
3.2.	MÉTODO.....	113
3.2.1.	Método General.....	113
3.2.2.	Método Específico.....	114
3.3.	DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	114
3.4.	POBLACIÓN, MUESTRA Y TÉCNICA DE MUESTREO.....	115
3.4.1.	Población N= 5.....	115
3.4.2.	Muestra.....	115
3.5.	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE ACOPIO DE DATOS.....	116
3.5.1.	Técnicas De Análisis De Datos.....	116
3.5.2.	Instrumentos.....	116
3.6.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS.....	117

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	RESULTADOS DE TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	118
4.2.	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS DEL EQUIPO BIOMÉDICO.....	125
4.2.1.	Dimensión Desperfectos Del Equipo Biomédico Resonancia Magnética.....	125
4.2.2.	Dimensión Del Equipo De Imagen Por Distorsión De Falla.....	126
4.2.3.	Dimensión Solución De Falla Del Equipo Por Puesta A Tierra.....	127
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	128
4.3.1.	Hipótesis General.....	129
4.3.2.	Hipótesis Específica.....	133
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	139
	CONCLUSIONES.....	142

RECOMENDACIONES .....	143
ANEXOS.....	148

## ÌNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Resistividad de algunos materiales conductores.....	35
Tabla N° 2. Material que compone el terreno.....	37
Tabla N° 3. Variación de resistividad según diferentes factores.....	40
Tabla N° 4. Clasificación de terrenos según CNE utilización 2006.....	44
Tabla N° 5. Sección mínima del conductor para sistema de corriente.....	45
Tabla N° 6. Capacidad de conducción de acometida.....	45
Tabla N° 7. Factor multiplicador para múltiples varillas.....	49
Tabla N° 8. Valor Medio umbral.....	59
Tabla N° 9. Función del equipo.....	68
Tabla N° 10. Ponderación del riesgo físico del equipo.....	69
Tabla N° 11. Equilibrio de tres condiciones.....	71
Tabla N° 12. Clasificación de equipos.....	72
Tabla N° 13. Se muestra otra clasificación de los equipos.....	73
Tabla N° 14. Clasificación de contacto con el paciente con el equipo.....	74
Tabla N° 15. Moderación de las clasificaciones.....	75
Tabla N° 16. IPSEEM en equipos médicos.....	76
Tabla N° 17. Intervalo y frecuencia de pruebas de seguridad eléctrica.....	77
Tabla N° 18. Dimensiones de las varillas.....	83
Tabla N° 19. Requisitos químicos.....	84
Tabla N° 20. Requisitos químicos aleaciones de cobre.....	85
Tabla N° 21. Resultados obtenidos de la ecuación 16.....	88
Tabla N° 22. Resultados obtenidos de la ecuación 17.....	89
Tabla N° 23. Comparaciones entre ecuaciones.....	89
Tabla N° 24. Datos técnicos de la varilla.....	90
Tabla N° 25. Datos técnicos de conductividad de materiales.....	91
Tabla N° 26. Conductividad de los metales cm-Ω.....	97
Tabla N° 27. Resultado de mediciones de la puesta a tierra.....	102
Tabla N° 28. Protocolo de pruebas.....	103
Tabla N° 29. Características del equipo RM.....	105
Tabla N° 30. Población está definida por el Hospital.....	113
Tabla N° 31 Costo de Mantenimiento de Puesta a tierra convencional por mantenimiento y confección.....	116

Tabla N°32 Costo de Mantenimiento de Puesta a tierra Aplicando el nuevo diseño por Mantenimiento y Confección.....	117
Tabla N° 33. Distribución porcentual de la muestra según costos de mantenimiento.....	117
Tabla N° 34. Horas de servicio mensual de Resonancia Magnética.....	118
Tabla N° 35. Distribución porcentual de la muestra, tiempo de funcionamiento del equipo.....	118
Tabla N° 36. Horas de servicio mensual de atención al Paciente.....	120
Tabla N° 37. Distribución porcentual de la muestra, atención al paciente por turno.....	120
Tabla N° 38. Servicios que se realizaron por especialidad.....	121
Tabla N° 39 Distribución porcentual de la muestra según atención por diagnóstico.....	122
Tabla N° 40 Distribución de desperfectos del equipo biomédico.....	123
Tabla N° 41 Distribución de imagen por distorsión de falla.....	125
Tabla N° 42 Distribución solución de falla del equipo por puesta a tierra.....	126
Tabla N° 43 Coeficiente de Correlación.....	128
Tabla N° 44 Valores referentes de correlación de Spearman entre dos variables.....	128
Tabla N° 45 Distribución según costos de mantenimiento hipótesis específica 1.....	132
Tabla N° 46 Distribución según costos de mantenimiento hipótesis específica 2.....	133
Tabla N° 47 Distribución según nivel de resistividad SPAT hipótesis específica 3.....	135
Tabla N° 48 Distribución según nivel de resistividad SPAT hipótesis específica 4.....	136

## ÌNDICE DE FIGURA

Figura N° .1. Función tridimensional de un campo eléctrico producido por dos cargas.....	34
Figura N° .2. Organización de los suelos.....	36
Figura N° .3. Modelo de un terreno estratificado.....	37
Figura N° 4. Humedad y Temperatura.....	38
Figura N° .5. Método Wenner.....	41
Figura N° .6. Geometría donde se distribuye las varillas.....	47
Figura N° .7. Instalación de contrapesos.....	50
Figura N° .8. Circulación de la corriente por el cuerpo.....	54
Figura N° .9. Valores aproximados de la corriente.....	55
Figura N° .10. Impedancia de algunos recorridos.....	55
Figura N° .11. Efectos que produce la corriente.....	56
Figura N° .12. Recorrido de la electricidad en el cuerpo humano.....	57
Figura N° .13. Resistencia del cuerpo humano.....	57
Figura N° .14. Menor resistencia buenos conductores.....	58
Figura N° .15. El cuerpo humano resistencia al paso de una corriente.....	58
Figura N° .16. Rango de corrientes de percepción y de pérdida de control.....	59
Figura N° .17. Curva de corriente de pérdida – frecuencia.....	60
Figura N° .18. Efectos de los puntos de entrada en la distribución de la corriente por el cuerpo.....	61
Figura N° .19. Efectos de la corriente alterna – frecuencia entre 15 y 100 Hz.....	62
Figura N° .20. Riesgo de macroshock.....	63
Figura N° .21. Riesgo de microshock.....	65
Figura N° .22. Grado y calidad de seguridad equipos médicos.....	70
Figura N° .23. Clasificación de equipo IEC.....	72
Figura N° .24. Niveles de riesgo físico.....	73
Figura N° .25. Clasificación de contacto con el paciente.....	74
Figura N° .26. Varilla de copperweld.....	79
Figura N° .27. Conexión del electrodo.....	80
Figura N° .28. Conductividad de los metales cm- $\Omega$ .....	91
Figura N° .29. Resistividad de los metales cm- $\Omega$ .....	92
Figura N° .30. Esperanza de vida de los electrodos a tierra.....	94
Figura N° .31. Costo anual de electrodos a tierra.....	94
Figura N° .32. Sistema de puesta a tierra nuevo criterio.....	99
Figura N° .33. Resultados de la puesta a tierra con el nuevo diseño.....	102
Figura N° .34. Equipo de Resonancia Magnética.....	109
Figura N° .35. Distribución porcentual de la muestra según costos de mantenimiento.....	117
Figura N° .36. Distribución porcentual de la muestra, tiempo de funcionamiento del equipo .	119
Figura N° .37. Distribución porcentual de la muestra, atención total de pacientes.....	121
Figura N° .38. Distribución porcentual de la muestra según atención por diagnóstico.....	122
Figura N° .39. Distribución de desperfectos del equipo biomédico.....	123
Figura N° .40. Distribución de distorsión de falla, diagnóstico de uso del equipo.....	125
Figura N° .41. Distribución solución de falla del equipo por puesta a tierra.....	126

Figura N° 42. Distribución según costos de mantenimiento.....	132
Figura N° 43. Distribución según nivel de resistividad de la puesta a tierra.....	135

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Cotización N° 456 GES 12-16 SPAT.....	147
ANEXO 2: Cotización N° 1020_TMS-2016 SPAT.....	148
ANEXO 3: Cotización N° 300-2016 SPAT.....	149
ANEXO 4: Mediciones de la Resistividad método Wenner.....	150
ANEXO 5: Mediciones del nuevo SPAT.....	151
ANEXO 6: Materiales utilizados SPAT nuevo criterio.....	152
ANEXO 7: Descripción general SPAT equipos biomédicos.....	153
ANEXO 8: Descripción de materiales a utilizar SPAT.....	154
ANEXO 9: Volumen de bentonita/tierra de cultivo.....	155
ANEXO 10: Volumen de cemento conductor.....	156
ANEXO 11: Puesta a tierra convencional.....	157
ANEXO 12: Cuadro de servicio de diagnóstico al paciente.....	158
ANEXO 13: Falla de la puesta a tierra/ criterio establecido.....	199

## RESUMEN

La investigación responde al problema ¿Influye los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo? , como objetivo pretende, determinar la influencia de una puesta a tierra del hospital de Huancayo y como hipótesis se asume que la puesta a tierra en un área de fangos y turbas, influye positivamente en la protección del equipamiento médico de alta sensibilidad que cuenta el hospital.

El diseño fue el descriptivo correlacional, en la muestra de los resultados de la protección de los equipos de alta sensibilidad, a quien se aplicó la puesta a tierra, basado en el Análisis de criticidad que permitió mejorar la confiabilidad operacional los equipos médicos sensibles a las perturbaciones eléctricas del hospital de Huancayo.

Concluyendo que el procedimiento del criterio del diseño de una puesta a tierra que se describe corresponde al Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, en adelante se mencionará como HRDCQ-DAC-HYO, la cual permite obtener niveles seguros de protecciones para el equipamiento biomédico, pacientes que concurren expuestos al equipo, el operador del equipo en la manipulación, también el estudio correlacional permitió confirmar una influencia positiva entre los criterios de diseño de puesta a tierra y equipos de alta sensibilidad en el HRDCQ-DAC-HYO, lo que nos indica que a mejor criterio de diseño de puesta a tierra, mejor es el rendimiento de los equipos de alta sensibilidad.

**Palabras claves:** Diseño de puesta a tierra, equipo Biomédico, sensibilidad.

## ABSTRACT

The research responds to the problem, does the design criteria of grounding influence high-sensitivity biomedical equipment at Daniel A. Carrión hospital located in Huancayo ?, the objective aims to determine the influence of grounding at the hospital in Huancayo, and as a hypothesis, it is assumed that grounding in an area of mud and fertilizer, has a positive influence on the protection of high –sensitivity biomedical equipment which the hospital has.

The design was a correlational description of the results from a sample of highly sensitive equipment grounded. Based on the critical analysis, this allowed improving the operational reliability of sensitive medical equipment to electrical perturbations at the hospital of Huancayo.

Concluding that design criteria for high sensitivity biomedical equipment grounding, corresponds to the Regional hospital Daniel A. Carrion of Huancayo, which allows safe levels of protections for the biomedical equipment, patients who are exposed to equipment, as equipment operator, also the correlational study allowed to confirm a positively a relation among the grounding design and high sensitivity equipment in the Hospital Daniel A. Carrion of Huancayo, which tells us that better grounding design criteria, better is the performance of highly sensitive equipment.

**Key words :** Grounding\_design, biomedical equipment, sensitivity\_



## INTRODUCCIÓN

La investigación realizada en los criterios de diseño de una puesta a tierra para equipos médicos de alta sensibilidad en una área fangos, turbas del suelo del HRDCQ-DAC-HYO, enfoca el problema que se ha advertido respecto a los métodos y planes de mantenimiento para la protección del equipamiento médico, la eficiencia de funcionamiento (costo, plazo y calidad) y la confiabilidad en el funcionamiento óptimo de los equipos sensibles médicos, con respecto a la protección donde se encontraron fallas debidas al desconocimiento de las características técnicas de funcionamiento del equipos, por un lado y por el otro no realizar el seguimiento de la resistencia óptima de una puesta de tierra para que el equipo no presente las fallas y ocasione el deterioro e incluso la inoperatividad definitiva factores que repercute negativamente generando como consecuencia la no protección del equipamiento médico que cuenta el hospital. [3]

El objetivo general de la investigación fue determinar si el diseño de una puesta a tierra en un área fangos, turbas influye o no en la protección de los equipos médicos de alta sensibilidad del hospital de Huancayo. El presente trabajo se justifica no simplemente a razones de protección sino a una problemática que se presenta en los sistemas de puesta a tierra como son los costos de mantenimiento y elaboración de estas para protección de equipos sensibles médicos, llegando a ser un indicador de la realidad local como nacional.

Para la recolección o procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS V.22, empleando algunas técnicas estadísticas como porcentajes, cruces de variable como  $r$  de Pearson, chi cuadrada, la rho de Spearman, medias que nos han permitido realizar el análisis pertinente. En tal sentido, el trabajo que se presenta tiene como estructura lo siguiente:

Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, se determina la formulación del problema, la importancia y los alcances de la investigación y sus limitaciones.

Capítulo II, trata del marco teórico, donde abarca los antecedentes internacionales, nacionales, asimismo, las bases teóricas de la investigación que comprenden temas relacionados a puestas a tierra en un área fangos, turbas y protección de equipos médicos. En las bases teóricas se desarrollaron temas relacionados a sistemas de puesta a tierra en una área fangos, turbas como: teorías de puestas a tierra, concepto y principios de puestas a tierra, su modelo, características, dimensiones y las definiciones de puestas a tierra un área fangos, turbas. Para la protección de los equipos médicos, se definió a través de los diversos conceptos de protección, y sus respectivas clases de equipos por su sensibilidad, finalmente, se encuentra en este capítulo la definición de los términos básicos.

Capítulo III, se describe la metodología de la investigación, tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra. Asimismo la definición y operacionalización de las variables, los indicadores.

Capítulo IV, se describe los instrumentos de investigación y los resultados, donde se manifiesta la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos. Asimismo, se encuentra los resultados estadísticos, la prueba de hipótesis los resultados obtenidos en la elaboración del diseño de una puesta a tierra para equipos médicos de alta sensibilidad del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo Finalmente se presenta las conclusiones llegadas sobre nuestras hipótesis, en relación a nuestro problema y objetivos de investigación. También se presentan las recomendaciones, las referencias bibliografías y los anexos respectivamente.

El autor.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

#### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En las últimas décadas el avance de la tecnología en cuanto al sector médico ha traído consigo equipos que ayudan a un diagnóstico adecuado para el paciente y la obtención de resultados que el médico requiere para un buen diagnóstico y tratamiento en bien de la salud humana. Debido a su complejidad de estos equipos han surgido inconvenientes con respecto a la protección adecuadas como: paciente, operador y equipo; con la gran pregunta que se hacen los especialistas de los operadores de los equipos médicos sensibles, ¿los equipos están protegidos a una puesta a tierra exclusiva?; los fabricantes de estos equipos sugieren que un sistema de puesta a tierra debe reunir requisitos óptimos para un buen funcionamiento del equipo, debiendo ser un sistema de puesta a tierra exclusivo para los equipos electrónicos de alta sensibilidad. [19]

La respuesta encontrada en trabajos de tesis de diferentes países, no se mencionan las resistencias de una puesta a tierra para un equipo médico de alta sensibilidad, se obtiene la respuesta de la pregunta ¿por qué se tiene que conectar todos los equipos eléctricos y electrónicos a un solo sistema de puesta a tierra (en adelante SPT), y no en puesta a tierra (en adelante PAT), diferentes? [19]

Porque se trata de conseguir una equipotencialidad casi perfecta en todo el sistema, necesaria para evitar que surja diferencia de potenciales, inducidos por

corrientes estáticas y atmosféricas contribuyendo a la inseguridad del personal que las opera, del paciente y equipo. El concepto valido es el uso de un sistema de puesta a tierra única para cada equipo y equipotencial, con la unión de todas las partes metálicas al sistema. [38]

La equipotencialidad asegura que todos los objetos conductores, no vinculados eléctricamente, estén a un mismo potencial, manteniendo un nivel de seguridad requerido y necesario para el personal operario, paciente y equipo médico. Sin la equipotencialidad apropiada, y el requerimiento mínimo del valor de la resistencia de los sistemas de protección, estos no realizan un buen diagnóstico médico, por la sensibilidad del equipo. [38]

Una señal eléctrica de alimentación es comúnmente afectada por causas como ruido eléctrico, descargas electromagnéticas, descargas electrostáticas y atmosféricas, que interfieren con el funcionamiento de los equipos médicos afectando a la fuente que los alimenta. Como ejemplo: Una señal limpia es de gran importancia para la alimentación correcta en los de equipos médicos, porque de no trabajar con su tensión nominal podrían variar su funcionamiento y como consecuencia los resultados nos darán diagnósticos falsos, como consecuencia se atentaría contra la salud humana. [19]

Un buen sistema de puesta a tierra en conjunto con otros métodos, como resultado de una resistencia según el manual de instalación nos presenta, como la instalación de pasivos en paralelo, blindaje en el cableado y dispositivos DPS, reducirían la deformación de las señales eléctricas que degradan el buen funcionamiento de los equipos médicos que cuenta el hospital. [30]

Estos fenómenos electromagnéticos se dan en la mayoría de los casos por encontrarnos en una zona de descargas eléctricas atmosféricas , perturbaciones causadas por descargas electroestáticas, ambas básicamente producto de cargas acumuladas, ya sea por la presencia eléctrica estacionaria de los mismos o a su interacción con otros equipos eléctricos, electrónicos; esto nos lleva a diseñar y desarrollar un sistema de protección adecuado contra

cualquier tipo de interferencia electromagnética que se nos presente en el sistema de comunicación eléctrica para equipos médicos. [30]

Con una mala instalación al SPT se puede ocasionar daños irreparables en los equipos médicos, o un mal funcionamiento entre ellos, pero lo más importante es que pueda ocasionar accidentes para los pacientes, para el personal de operación de equipo. De continuar operando en estas condiciones los centros hospitalarios tendrán pérdidas económicas por el deterioro de sus equipos y pérdidas económicas por afectar contra la vida humana que recure por un diagnóstico médico para su salud. [30]

Los sistemas de puesta a tierra requerida actualmente difieren de las épocas anteriores y requieren un mantenimiento correctivo, preventivo para su funcionamiento de acuerdo al desarrollo tecnológico, de los especialistas y constructores. [30]

Con la relación oportuna de datos e información proporcionada por los fabricantes de equipos médicos especializados en esta actividad, es posible obtener resultados importantes en cuanto a la protección de equipos médicos. [30]

Entonces podemos indicar que una puesta a tierra (PTA) en un área fangosa, y de turbas, presenta dificultades en su operación correcta debido a su diseño. Con la finalidad de conocer el adecuado diseño y funcionamiento de la puesta a tierra de baja resistencia en las condiciones ya mencionadas en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo se ha formulada la siguiente pregunta de investigación.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

¿Influye los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo?

### **1.2.2. Problema Específico:**

¿Cuáles son los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo?

¿En qué medida los criterios de diseño de puestas a tierra condicionan al funcionamiento de los equipos biomédicos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo?

¿Identificar los criterios de diseño de puestas a tierra para equipos biomédicos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo influenciados por la resistividad del terreno?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a. Identificar los costos de mantenimiento antes de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.
- b. Identificar los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.
- c. Identificar el nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.
- d. Identificar el nivel de resistividad de la puesta a tierra con los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.4.1. Justificación Social**

La seguridad humana en los centros hospitalarios es un requisito primordial, para cualquier institución seria; que se interesa por la seguridad de las personas que acuden ante cualquier eventualidad que signifique un riesgo para la salud. Un riesgo que fácilmente podría causar la muerte en simultaneo muchas personas que están dentro de un centro hospitalario, si no se toma en cuenta en un buen SPT, que proteja de estos fenómenos electromagnéticos que la mayoría de los casos, son perturbaciones causadas por descargas electrostáticas y descargas atmosféricas.

Contribuir al buen desempeño de los sistemas de protección, para evitar incendios provocados por cortocircuitos, la combustión de gases, para evitar esto se contrarresta con un camino efectivo y seguro, para la circulación de corrientes de falla, descargas atmosféricas, estáticas, arcos eléctricos y elevadas temperaturas en los equipos eléctricos; que pueden provocar tales incendios ocasionando pérdidas humanas y materiales.

#### **1.4.2. Justificación Técnica**

La presencia de la diversidad de componentes electrónicos como: microprocesadores, transistores de alta y baja potencia, condensadores, reguladores en los equipos electrónicos ha incrementado su susceptibilidad a disturbios eléctricos como lo son los transitorios. La importancia de implementar equipos de protección radica en que cualquier tipo de daño puede ocasionar la interrupción en el servicio de un equipo médico esto acciona desatención a los pacientes que concurren a un centro hospitalario.

En cuanto a equipos, como forma de protección es importante utilizar dispositivos de protección que ayuden a mantener la vida útil de estos y evitar efectos por variaciones de tensión eléctricas de diversos orígenes, que ocasionan falsos resultados de diagnóstico médico, mal funcionamiento, deterioro inmediato, llegando a la sustitución del equipo, ocasionado por las descargas atmosféricas o diferencia de potencial, para evitar todo lo mencionado anteriormente se tiene que realizar un buen sistema de puesta a tierra que garantice el correcto funcionamiento estas son, entre otras, las razones de la necesidad de un buen sistema de puesta a tierra para la protección de equipos sensibles médicos, así como para su mantenimiento.

#### **1.4.3. Justificación Económica**



El deterioro electrónico es el desgaste de componentes electrónicos debido al efecto acumulativo y paulatino de las sobretensiones eléctricas de bajo y alto nivel. Por lo general, estos daños o deterioros en los equipos médicos del hospital es consecuencia de una puesta a tierra no adecuada contra la sobretensiones se malogran y/o ocasionan gastos innecesarios para su funcionamiento.

Sin embargo, con frecuencia los circuitos electrónicos se encuentran contaminados, severamente con perturbaciones eléctricas producidas por descargas tanto de máquinas eléctricas estáticas, motores de potencia industrial, y por descargas atmosféricas que ocasionan la apertura de circuitos y la paralización inesperada de equipos médicos del hospital.

#### **1.4.4. Importancia**

La presente investigación tiene como finalidad aportar modelos predictivos para la protección de equipos médicos mediante una puesta a tierra de baja resistencia Óhmica en un suelo fangos, turbas generada por los fenómenos atmosféricos , cargas estáticas y campos magnéticos residuales, poniendo en evidencia la falta de protección y/o implementación.

En este trabajo de investigación solo sirve para la compensación económica hospitalaria, pero no apunta a resolver el problema tendremos la veracidad de cuanto afecta y en que médica a mejorado, una propuesta de mejora.

## **1.5. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Los criterios de diseño de puesta a tierra influye positivamente en los equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas.**

- Los costos de mantenimiento antes de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto.
- Los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es bajo.
- El nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto.
- Identificar el nivel de resistividad de la puesta a tierra con los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es bajo.

### **1.5.3. Descripción de Variables**

#### **Variable Independiente (X):**

- Criterios de diseño de puesta a tierra

#### **Variable Dependiente (Y):**

- Equipos de alta sensibilidad

## 1.6. Operacionalización de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
Criterio de diseño de una puesta a tierra	Pasos para la obtención de la Resistividad de una puesta a tierra, utilizando: electrodo, tierra de cultivo, bentonita, thorgel y aditamentos químicos, como resultado es alejar la conducción de la corriente para la protección de equipos de alta sensibilidad.	Tipo de terreno	Tabla de resistividad de suelos Tabla de Modelos de terreros	Teluro metro $\Omega$ -m
		Resistividad del terreno	Medidas de la resistividad a 1m, 2m, 3m, 4m	Teluro metro $\Omega$ -m
		Insumos y materiales	Calidad de los materiales e insumos	Catálogos de calidad de insumos
		Movimiento de partículas eléctricas en terrenos	Campo eléctrico en el medio ambiente	espectrómetro
		Disposición de varillas de puesta a tierra	Medidas inferiores a $5\Omega$	Telurómetro $\Omega$ -m
		Criterio de diseño de una Puesta a Tierra	Resistividad del terreno $\Omega$ -m	Diagramas de diseño de puesta a tierra. Cuadro de calidades de materiales a utilizar. Telurómetro
		Medición de tierras		
		Constitución del terreno		

		Medición de la resistividad del terreno	Resistividad del terreno $\Omega$ -m	
		Prueba básica de resistividad de tierra		
		Resistencia de un electrodo vertical	Resistividad del terreno $\Omega$ -m	Telurómetro
		Tratamiento químico del suelo	Nivel de conductividad $\Omega$ -m	Lista de materiales a utilizar. Cuadros de mediciones
		Cuadro de protocolos de prueba		
		Presupuestos de mantenimiento de puestas a tierra	Costos	Hoja de presupuesto
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Equipos de alta sensibilidad	Equipo electrónico de alta sensibilidad diseñado por el fabricante para ser empleado en seres humanos, solo o en combinación, para los propósitos de: Diagnóstico, prevención, monitoreo, Control de la concepción y Desinfección de dispositivos médicos <b>Ley N° 29459</b>	Circulación de la corriente en el cuerpo humano	Resistividad del cuerpo	Cuadro de resistividad del cuerpo humano
		Impedancia del cuerpo humano	Descargas eléctricas	Información de incidencias.
		Resistencia del cuerpo humano	Mili Amper	Fórmulas matemáticas.
		Parámetros susceptibles que afectan al cuerpo	Puestas a tierra	Información de incidencias de los riegos eléctricos.
		Riesgo de descargas (Shock) debidas al equipo eléctrico		
Índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipos médicos				

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

##### 2.1.1. Nacional

[40] En su tesis “Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna.” Demostró garantizar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos de una sub estación de transformación mediante la protección de sistemas de puesta a tierra para disminución de la resistencia de dispersión como los potenciales de torque y paso. Utilizando materiales como el cobre, componentes químicos derivados del nitrógeno encontrado de tierra de cultivo, sales minerales, carbón y contenidos orgánicos, que son utilizados en la elaboración de puestas a tierra.

[36] En su tesis “Ejecución de una puesta a tierra de baja resistencia” Demostró el comportamiento del suelo como conductor eléctrico, a partir de su composición mineralizada para la dispersión eléctrica, caída de potencial por medio de un electrodo colocado en tierra, mediante los contenidos de sales, tierra de cultivo, la humedad del suelo factor de importancia, el aterramiento del cobre a la profundidad adecuada para poder tener resultados para que pueda funcionar los equipos de cómputo de la Compañía Bakus S.A.A , en la protección y seguridad del equipo.

[32] En su tesis “Modelado y análisis de la respuesta Transitoria de puestas a tierra no extensas” Demostró mediante el programa ATP que

permiten simular la frecuencia, el análisis, la eficacia y la verificación del comportamiento del aislamiento de las líneas eléctricas ante las descargas eléctricas naturales Desarrollando un modelo de Puesta a Tierra con respuesta transitoria a corrientes de Impulso tipo Rayo aproximado a una Línea de Transmisión (LT) para controlar y/o disminuir las fallas del aislamiento de las Líneas Eléctricas de Potencia ante descargas de corrientes de Rayo, en cuyo ambiente de simulación es posible realizar análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia, donde los parámetros de interés como la sobretensión máxima e Impedancia de Impulso pueden ser fácilmente obtenidos; lo cual cumple con las características de precisión, simplicidad y compatibilidad que debe tener un modelo.

### **2.1.2. Internacional**

[29] En su tesis “Análisis de la seguridad eléctrica en áreas críticas del Hospital Nacional Zacamil Dr. Juan José Fernández y hospital general del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, San Salvador”. Demostró la reducción de fallas eléctricas del equipamiento médico, realizado por un inventario con la aplicación de un software que permite el control de fallas de equipos médicos para realizar el mantenimiento correctivo, preventivo, en la manipulación y control de equipos será por un personal capacitado utilizando los sistemas de protección básica. El resultado es la reducción de los riesgos eléctricos de equipos médicos de las diferentes áreas del hospital.

[9] En su tesis “Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito parroquia de Tababela, demostró Que para realizar una puesta a tierra se tiene que partir con las mediciones al terreno para obtener el grado de resistencia que cuenta el terreno., en una misma plataforma de terreno cambia las mediciones al cambiar las estacas de un lugar a otro de acuerdo a la distancia, teniendo estos resultados

se tomara en cuenta las utilizaciones de los materiales para lograr la reducción de la resistividad del terreno que uno desea.

[4] En su tesis “Cálculo de sistemas de puesta a tierra aplicación de la norma IEEE 80-2000” Demostró mediante los cálculos matemáticos, los parámetros eléctricos de una malla de protección, para subestaciones aplicando la norma IEEE 80-2000, utilizando la herramienta Matlab, que permite tener resultados sobre tensiones de toque y de paso admisibles, la resistencia eléctrica del terreno, gráficas de funcionamiento de mallas de protección eléctrica, permitiendo aplicarlas en el campo de la protección del sistema eléctrico mediante sistemas de puesta a tierra.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Puesta A Tierra**

#### **A. ¿Por Qué Un Sistema De Puesta A Tierra?**

Se le conoce como “Puesta a Tierra”, conjunto de elementos formados por electrodos, conductores desnudos, conexiones y líneas de tierra física en una instalación, permitiendo conducir una corriente no deseada para la disipación hacia tierra.

En un sistema de puesta a tierra, es conectado los artefactos electrodomésticos, electrónicos, eléctricos, para evitar que pueda dañarse y provocar que las personas puedan sufrir daños físicos causados por una corriente de falla. [7]

#### **B. Principales Funciones De Una Puesta A Tierra**

- Brindar seguridad a las personas, técnicos que utilizan y al equipo.
- Proteger los sistemas eléctricos, equipos biomédicos, garantizar el correcto funcionamiento del equipo.

- Mejorar la calidad del sistema eléctrico, disipar corriente asociada a descargas atmosféricas y limitar las sobre tensiones generadas.

Por estas funciones principales, se recomienda que se instalen los sistemas puesta a tierra en todo establecimiento de salud debido que la corriente eléctrica busca el camino de menor resistencia, para luego llegar a tierra donde se disipa. [7]

### **2.2.2. Razón Principal Para Instalar Una Puesta A Tierra**

La principal razón para realizar una instalación de puesta a tierra es porque ante una descarga atmosférica, corto circuito, sin una tierra física adecuada, las personas que utilizan cualquier equipo que no esté conectado a tierra, estaría expuesto a una descarga eléctrica, los equipos sufrirían daños y tendrían errores en su funcionamiento. Si las corrientes de falla que no tienen un sendero para fluir y llegar a tierra para luego disiparse, por medio de un sistema a tierra adecuada con conexiones correctas lograremos la protección de la persona y equipo. [7]

### **2.2.3. Porqué Instalar Una Puesta A Tierra**

La finalidad primordial es, estabilizar los voltajes de fase a tierra de las líneas eléctricas, que estas sean permanentes, ejemplo, disipando las cargas eléctricas que se generaron debido a nubes de polvo, precipitación de gotas menudas de agua y nieve, o el rozamiento de materiales o maquinaria, etc. [7]

Sin un sistema de puesta a tierra eficaz, podríamos estar expuestos a riesgos de descarga eléctrica que afectaría a los equipos, personas, industrias. [7]



Proporcionar un desplazamiento de un lugar a otro en varias opciones para las corrientes inducidas y así bajar al mínimo el “ruido” eléctrico en los conductores. [7]

Proporcionar una plataforma de descarga de todos los puntos de una superficie equipotencial, sobre la cual pueda funcionar correctamente el equipo eléctrico, electrónico. [7]

#### **2.2.4. Desplazamiento Válido De Una Puesta A Tierra.**

El desplazamiento a tierra de los circuitos eléctricos, electrónicos de un equipo y las partes metálicas de conducción, estas están dadas por lo siguiente:

- Que sea continuo eléctricamente. [7]
- Que posea una capacidad adecuada en la conducción de la corriente eléctrica de cualquier falla que se produzca cuando el equipo este en actividad eléctrica. [7]
- Que la resistencia de oposición sea baja para la descarga de la tensión eléctrica a tierra, dar la viabilidad para el correcto funcionamiento de los dispositivos electrónicos del equipo. [7]
- El terreno natural donde se instalara la puesta a tierra no debe ser utilizado como conductor de una puesta a tierra diseñada para los equipos electrónicos. [7]

#### **2.2.5. Sistema Básico De Puesta A Tierra:**

En un Sistema básico de una Puesta a tierra, se utiliza una varilla de acero con recubrimiento de cobre, conocida como “varilla copperweld”, este elemento ha quedado estandarizado por las desventajas que nos proporciona en la confección de un SPAT, algunas características básicas de este material:

La varilla está construida por un núcleo de acero, con recubrimiento de cobre aplicado mediante un proceso electrolítico que garantice así una unión permanente prolongando su vida útil. [7]

En su instalación (los aditivos adicionales, efecto electrolítico que se producen), ayudan a facilitar la descarga más apropiada del sistema de puesta a tierra. [7]

Se puede instalar la varilla de cobre en cualquier tipo de terreno: Arenoso, rocoso, pantanoso, etc (al sistema de puesta a tierra debe de preparar el terreno para su funcionamiento correcto). [7]

El mantenimiento debe de realizarse cada seis meses para su correcta operatividad. [7]

En cuanto a la Bi-direccionalidad (Logra disipar corrientes de falla pero así mismo recibe impulsos Electromagnéticos del subsuelo). [7]

En los items descritos son muy importantes para el buen funcionamiento de un sistema de puesta a tierra, es garantizar la seguridad de la vida humana, protección en los equipos electrónicos, el funcionamiento de la Red eléctrica. [7]

#### **2.2.6. Conceptos De SPAT Según Normas**

- National Electrical Code (NEC) En su Artículo 100:
- “La Conexión conductora, puede ser intencional ó accidental, entre un circuito eléctrico de un equipo y tierra, o cuerpo (masa) que es conductor que simula conexión a tierra”. [7]
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE): lo define como “una instalación conductora, pudiendo ser intencional o de forma accidental, por medio del cual el circuito eléctrico y/o equipo se

encuentran en contacto a la tierra, cuerpo conductor de dimensiones parcialmente grande que cumple la función de puesta tierra”. [7]

- Esta Norma nos indica que el valor de la Resistencia Ideal de una puesta a tierra debe ser cero ohmios. La NFPA y la IEEE recomiendan que el valor sea 5 Ohm o menos. “La resistencia de un Sistema a Tierra cualquiera menor a 10 Ohm y para un sistema de Pararrayos menor a 25 Ohm. En telecomunicaciones debe de utilizarse 5,0 ohmios o menos. El objetivo es lograr que el valor sea el mínimo de una puesta a tierra”. [7]

### 2.2.7. Movimiento De Partículas Eléctricas En Terrenos

Campo físico representado por un modelo que describe la interacción entre cuerpos y sistemas, características de naturaleza eléctrica. Frente a un material conductor, el campo eléctrico causa un movimiento de cargas eléctricas, conocido como corriente eléctrica. En la figura se muestra la gráfica del campo eléctrico (significativo para este caso, así será alrededor del campo generado por las varillas de cobre en una medición de resistencia tierra).

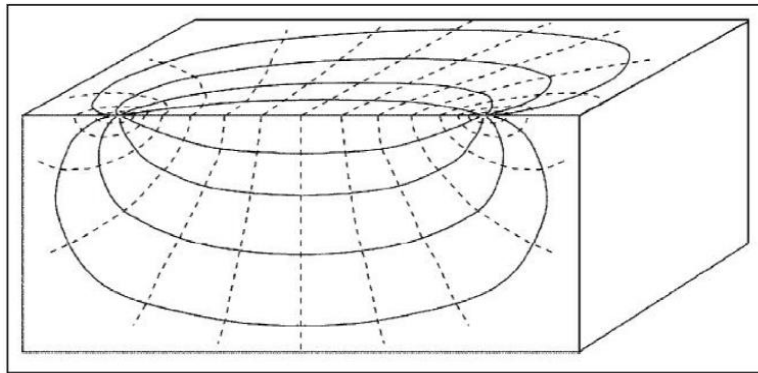


Figura 1: Función tridimensional de un campo Eléctrico producido por dos cargas.  
Fuente: CEEESA, MASS@TIERRA. 2015

Las características de la conductividad eléctrica por un material, es definido como resistividad. Esta resistencia corresponde a la resistencia

al flujo de una corriente continua entre ambas caras en paralelo de una cantidad de material de longitud y sección uniforme único.

Donde el campo eléctrico, es la consistencia del área y corriente eléctrica, es la parte torcida del material, su largo, a resistencia como resistividad, en el SI es establecido en  $\Omega$  (ohmios), se puede definir que la resistividad, resistencia eléctrica que ofrece al paso de la corriente un cubo de terreno de un metro por lado es dado en  $\Omega$  (ohmios). [7]

Tabla 1: Resistividad de algunos materiales conductores

Material	Resistividad (en 20 °C-25 °C) ( $\Omega \cdot m$ )
Plata	$1,55 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,71 \times 10^{-8}$
Oro	$2,22 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2,82 \times 10^{-8}$
Wolframio	$5,65 \times 10^{-8}$
Níquel	$6,40 \times 10^{-8}$
Hierro	$9,71 \times 10^{-8}$
Platino	$10,60 \times 10^{-8}$
Estaño	$11,50 \times 10^{-8}$
Acero inoxidable 301	$72,00 \times 10^{-8}$
Grafito	$60,00 \times 10^{-8}$

Fuente: Consejo de Investigacion de la UNSAAC, 2015]

En resumen, el terreno se comporta como un dieléctrico, se tomará en cuenta su capacidad cuando está en condiciones extremadamente de alta resistividad y caídas de voltajes de frecuencias altas. El parámetro para determinar las frecuencias, es dado por el instante de tiempo del circuito RC:

$$f = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC} = \frac{K}{\epsilon\rho}$$

Ecuación 1

Dónde:

f	frecuencia	Hz
T	periodo	s
R	resistencia	$\Omega$
C	capacitancia	F
$\varepsilon$	tensión	V
$\rho$	coeficiente de resistividad	$\Omega\text{-m}$
K	constante	

En lo absoluto, la frecuencia entrada es del orden de los Mega Hertz.  
[7]

### 2.2.8. Organización De Suelos

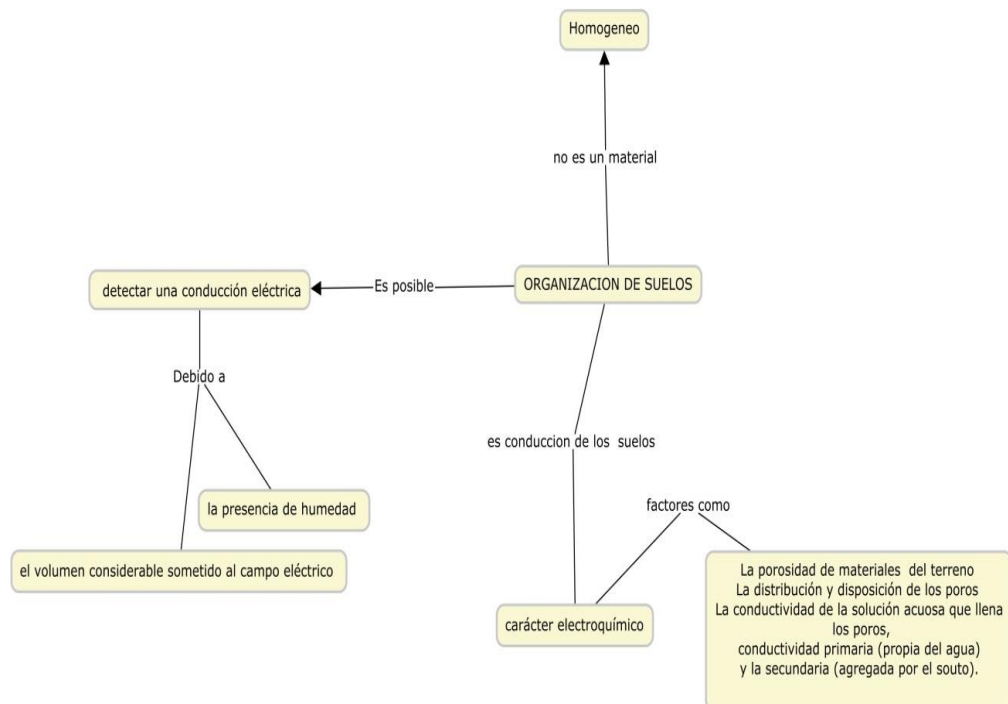


Figura 2: Organización de los suelos.

Fuente [www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d/](http://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d/)

De este modo, considerando el tipo de agua que llena los poros del material que compone el terreno y la resistividad del agua, es posible una clasificación estimada de los terrenos de acuerdo a su resistividad según se muestra en la siguiente tabla: [8]

Tabla 2: Material que compone el terreno.

Tipo de terren	$\rho$ (Ohm-metro)
terrenos vegetales húmedos	10 - 50
arcillas, gredas, limos	20 - 60
arenas arcillosas	80 - 120
fangos, turbas	150 - 300
arenas	250 - 500
suelos pedregosos	300 - 400
rocas	1000 - 10.000
concreto húmedo	100 - 240
concreto seco	10.000 - 50.000

Fuente [www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d](http://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d)

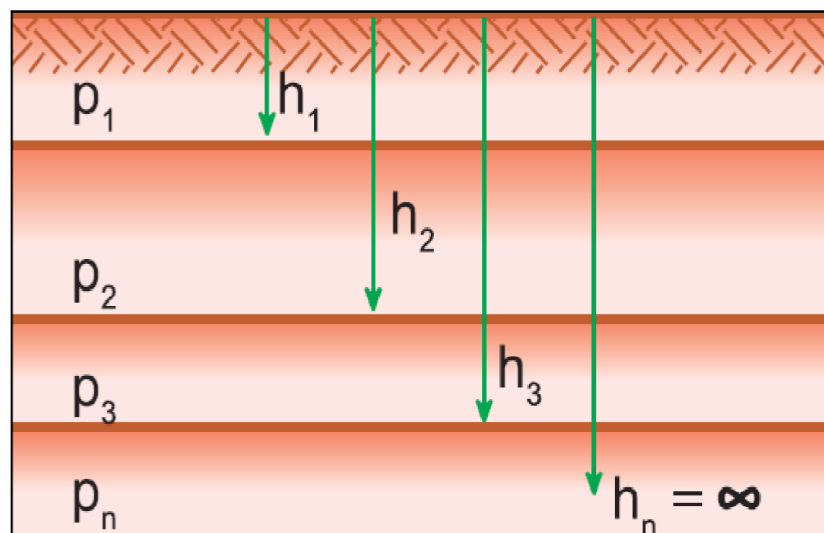


Figura 3: Modelo de un terreno estratificado.

Fuente: [www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d](http://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d)

## 2.2.9. Factores Que Influyen En La Resistividad De Los Suelos

La resistividad aparente del terreno, que puede ser determinada idealizando la conducción por el suelo, depende de variados factores. Estos determinan la resistividad variable en cada lugar o capa del terreno, e influyen en la resistividad aparente. Los factores más importantes son mencionados a continuación:

### A. Influencia De La Humedad Y Temperatura.

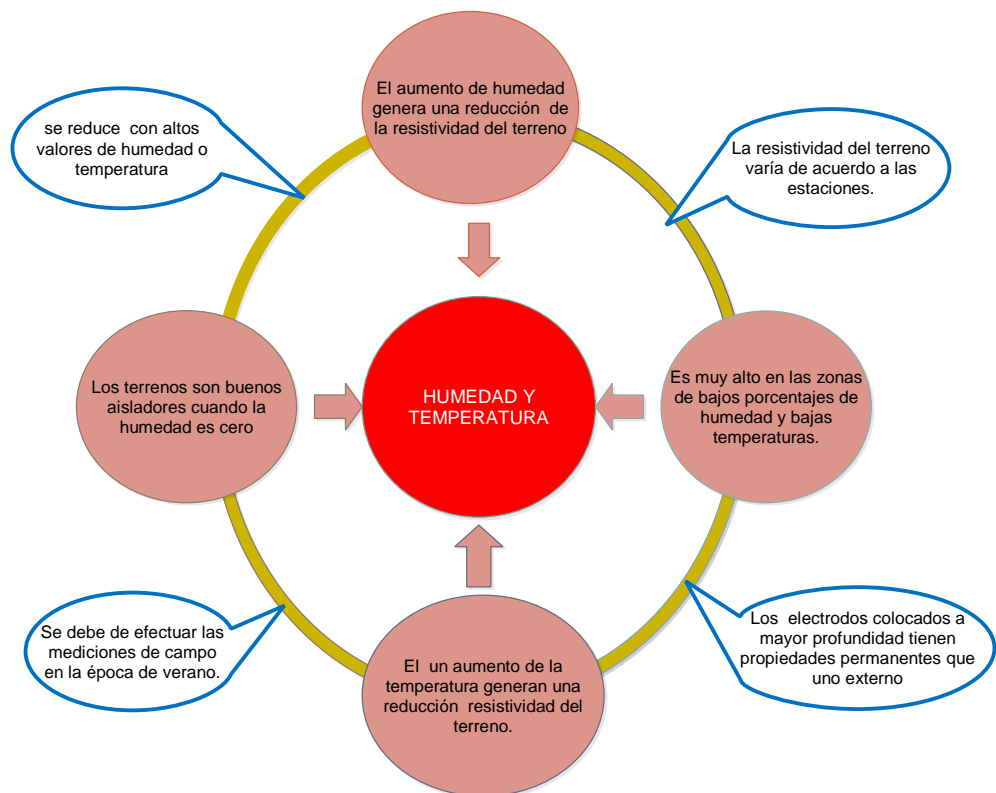


Figura 4: Humedad y temperatura.

Fuente. [www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d](http://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d)

$$\rho = \frac{1.3 \cdot 10^4}{(1 + 0.73 H^2)(1 + 0.03 T)} \quad T > 0^\circ\text{C} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

H	humedad del suelo	g/m <sup>3</sup>
T	Temperatura en grados Celsius	°C
ρ	coeficiente de resistividad	Ω-m

En la "ecuación de Albrecht", se incorpora la humedad del suelo, en % de peso (H) y su temperatura en grados Celcius (T). Se sugiere utilizar para el cálculo comparativo de los dominios del parámetro en la resistencia del terreno. [8]

### **B. Influencia De Compactación Del Suelo.**

Una considerable densidad del suelo ayuda a rebajar la distancia entre las partículas, lográndose una mejor conducción debido a la humedad del terreno. Al aumentar la capacidad de humedad, alcanza una saturación por medio del agua, que llega a la mayoría de las partículas, una considerable aproximación entre la partículas no influye en la conducción. [8]

### **C. Composición Del Terreno Y Sales Solubles.**

La composición del terreno depende de la naturaleza del mismo.

Por ejemplo, un terreno arcilloso tiene una resistividad entre 40-500 Ohm-m , si enterramos una varilla de cobre a una profundidad de tres metros (3 m) poseería una resistencia a tierra entre 15 a 200 Ohm en relación.

Un terreno rocoso tiene una resistividad entre 5000 ohm-m o más alta, para conseguir una resistividad de 100 ohmios o menor a este con una sola varilla es imposible.

La resistividad del terreno se determina por la cantidad de electrolitos; esto es, por los minerales y sales diluidos. Para valores de 1% (por peso) de sal (NaCl) o mayores, la resistividad es prácticamente la misma, para valores de resistencia menores de esa cantidad, la resistividad es muy alta.

Las capas del terreno es diferente en cada área, cada una de ellas tiene una resistividad diferente, depende los dos factores. [8]



## D. Granulometría

Predomina suficientemente sobre la porosidad y el dominio retenedor de la humedad, por la calidad de contacto con las varillas que aumenta su resistividad con el mayor tamaño de la granazón de la tierra. Por tal motivo la resistividad de la grava es mejor a la arena y ésta debe ser grande que la de la arcilla.

Tabla 3: Variación de la resistividad según diferentes factores.

**Terreno arcillo-arenoso con 15% de humedad**

° C	20	10	0 (agua)	0 (hielo)	- 5	- 15
$\rho \ \Omega\text{m}$	75	100	138	300	790	3300

Variación de la resistividad con la humedad

**Terreno arcillo-arenoso a 10° C**

% agua	2,5	5	10	15	20	30
$\rho \ \Omega\text{m}$	1500	430	185	105	63	42

Variación de la resistividad con el contenido de sales

**Terreno arcillo-arenoso con 15% de humedad a 10° C**

% sales	0	0.10	1	5	10	20
$\rho \ \Omega\text{m}$	107	18	4.6	1.9	1.3	1

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf).

### 2.2.10. Metodología De Medición De Resistividad

El procedimiento utilizado para señalar la resistividad de un determinado terreno está basada en el método de Werner, este método es utilizado con mayor frecuencia para una medición de resistividad del terreno en sistemas de potencia. [15]

Este procedimiento consiste en la utilización de cuatro varillas separado en una misma longitud una tras otra, figura 14, Las cuatro varillas son enterradas a lo largo del terreno en una línea recta, con longitudes iguales y la profundidad de enterramiento no debe ser inferior al 10% de la longitud entre las dos varillas contiguas. [15]

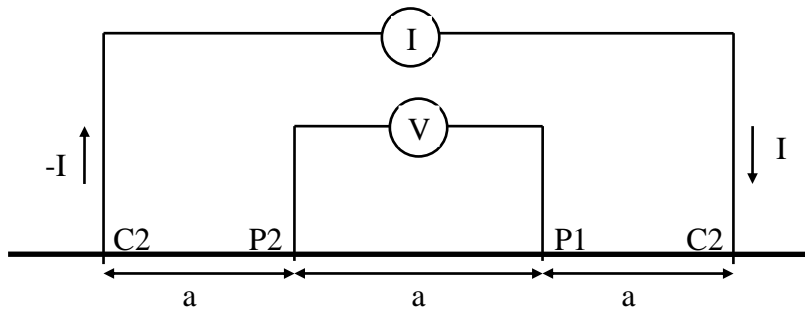


Figura 5: Método Wenner.

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf).

La corriente (I) es transmitida la tierra por las varillas exteriores y la disminución de potencial V del exterior de tierra, el resultado es captado por las varillas internos. Las varillas externas también conocidos como varillas de corriente y las varillas del interior, varillas de potencial. Al intercambiar las varillas (par), estas no afectaran en la respuesta eléctrica en relación de V/I. Esta relación, mide el valor de la resistividad, es proporcional variable identificada como resistividad del terreno aparente  $\rho_a$  una longitud **a**. el producto de proporción entre **V/I** y  $\rho_a$  se identifica como el factor geométrico  $\alpha$ . La ecuación queda representada de la resistividad: [15]

$$\rho_a = \alpha * \frac{V}{I} \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

- I corriente
- V Diferencia del potencial
- $\rho$  resistividad del terreno aparente  $\Omega\cdot m$
- $\alpha$  factor geométrico

Cuando se acepta que la tierra sea de una misma forma el factor  $\alpha$  es una función lineal entre las varillas y de la relación  $V/I$ . Este factor  $\alpha$  es resultado como se ve en la ecuación 4 donde  $dR$  es la resistencia de un volumen de tierra encerrado entre dos superficies equipotenciales, ambas igual a  $2*\pi*r^2$ , y  $U$  es el potencial medido en un punto dado: [15]

$$IdR = (U + dU) - U = dU \dots\dots\dots \text{(Ecuación 4)}$$

- I Corriente (mA)
- dR resistencia del volumen tierra equipotencial
- V Diferencia del potencial
- U Potencial medio entre un punto
- $\alpha$  factor geométrico
- dU diferencia entre un punto medio.

Al aplicar por el método Wenner, los potenciales son determinados para cada varilla de potencial, la ecuación quedaría así: [15]

$$\rho_a = 2 * \pi * a * \frac{V}{I} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 5)}$$

- $\pi$  3.1415
- V Voltaje
- I Corriente A
- $\rho$  resistividad del terreno aparente  $\Omega$ -m
- $\alpha$  factor geométrico

Por lo tanto, se llega a la conclusión que el factor geométrico  $\alpha$  es igual a  $2*\pi *a$ . [15]

### 2.2.11. Sistema De Puesta A Tierra

Un sistema de puesta a tierra de acuerdo al CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO (2011) Sección 1, Introducción CNE y Suministro, en el punto 017.B. nos refiere los requerimientos de una puesta a tierra, nos aclara mediante el párrafo NOTA 2: “En sistemas

de baja tensión con neutro con múltiples para puestas a tierra, la resistencia de una puesta a tierra del neutro en los puntos más desfavorables, estas deben estar conectadas a tierra, no deberá ser mayor a: [23]

- En centro urbano o urbano rural 6 ohms.
- En localidades aisladas o zonas rurales 10 ohms”.
- Buscando, además de la coordinación con el aislamiento ante descargas atmosféricas, preservar la seguridad de las personas.

#### **2.2.12. Estimación De Resistencia De Puesta A Tierra**

En una estructura no tiene o alcanza una resistividad especificada, se utilizara elementos para que pueda reducir una resistencia de puesta a tierra a los valores que se requiera tener, para lograr nuestros objetivos hay varios métodos que se utilizan como: [23]

- Varillas conectadas a la estructura enterrada a profundidad de acuerdo al requerimiento.
- Cables sumergidos a tierra de forma horizontal.
- Utilización de elementos químicos para suelos.

Tabla 4 Clasificación de terrenos diversos según el CNE utilización 2006.

Terreno	Símbolo de Resistividad	Terreno Medida ( $\Omega$ -m)
Grava de buen grado, mezcla de grava y arena	GW	600 - 1000
Grava de bajo grado, mezcla de grava y arena	GP	1000 - 2500
Grava con arcilla, mezcla de grava y arcilla	GC	200 - 400
Arena con limo, mezcla de bajo grado de arena con limo	SM	100 - 300
Arena con arcilla, mezcla de bajo grado de arena con arcilla	SC	50 - 200
Arena fina con arcilla de ligera plasticidad	ML	30 - 80
Arena fina o terreno con limo, terrenos elásticos	MH	80 - 300
Arcilla pobre con grava, arena, limo	CL	25 - 60
Arcilla inorgánica de alta plasticidad	CH	10 - 55

Fuente Código Nacional de Electricidad. Lima : MEM, 2008

#### A. Secciones Mínimas De Conectores A Tierra

Para la sección de un conductor de cobre, debe ser de acuerdo a la siguiente tabla 16,17 del CNE – Utilización 2006.

Tabla 5: Sección mínima del conductor para sistemas de corriente.

Máxima capacidad o ajuste del dispositivo de sobre corriente de los circuitos protegidos (A).	Mínima sección nominal del conductor requerido (mm <sup>2</sup> )
20	2,5
30	4
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1500	120
2000	150
2500	185

Fuente: Código Nacional de Electricidad. Lima : MEM, 2008

Tabla 6: Capacidad de conducción de acometida

Capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección o equivalente para conductores múltiples (A)	Sección del conductor del cobre de puesta a tierra (mm <sup>2</sup> )
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

Fuente: Código Nacional de Electricidad. Lima : MEM, 2008 [23]

### 2.2.13. Instalación De Varillas De Puesta A Tierra

Para una instalación de puesta a tierra las varillas deben estar colocadas a una misma profundidad de la excavación.

La producción normalizada de varillas se hace en espesores desde 1/4 hasta 1 pulgada, longitudes de profundidad de 1,5 hasta 3,5 metros. Si se utiliza diámetros mayores a 1 pulgada el valor de la resistencia es mínimo, es en la utilización de elementos químicos o llamamos tratamiento del suelo que determina la resistividad mas no la varilla.

De acuerdo al CNE y Suministro en la sección 3, donde menciona sobre los electrodos para puesta a tierra, deben cumplir con los requerimientos definidos en la Sección 060-702 del Código Nacional de Electricidad Utilización, menciona lo siguiente: [15]

Un electrodo de varilla debe tener las siguientes características:

- Producto aprobado, de cobre o de acero revestido con cobre (acero-cobre), diámetro no inferior a 16 mm (o 5/8 pulgada) para electrodos de acero-cobre y 13 mm (o 1/2 pulgada) para electrodos de cobre. [23]
- Tener una longitud no menor de 2 m. [23]

Superficie metálica limpia que no esté cubierta con pintura, esmalte u otro material de baja conductividad. [23]

Profundidad no menor de 2,5 m excepto que: (i) cuando en la profundidad de excavación se encuentre roca a 1,2 m o más, la varilla debe ser colocada al fondo de la roca, el resto de la varilla debe ser enterrado a 600 mm bajo el piso, horizontalmente. (ii) cuando en la profundidad de excavación se encuentre roca a 1,2 m, la varilla debe enterrada a menos a 600 mm bajo el piso terminado, con recubrimiento en el piso horizontalmente. [23]

La resistencia de estructura al enterrar una varilla está dada por la ecuación.

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * l} * \left[ \ln \left( \frac{4l}{a} \right) - 1 \right] \dots (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

R = Resistencia en ohmios

$\rho$  = Resistividad del terreno en  $\Omega$ -m

l = Longitud de la varilla en metros

a = Radio de la varilla en metros

Hoy en día existen variedad de métodos para disminuir el valor de la resistividad del suelo estos pueden ser: el radio equivalente, la resistencia mutua, las curvas universales, etc. [23]

### A. Radio Equivalente

Este método se tiene en cuenta la geometría donde se distribuye las varillas de cobre sobre el terreno. Si se encuentran cerca una de la otra, la resistencia total será mayor, si la cantidad de las varillas estaría colocada en la misma disposición estando más separadas. La presente ecuación para el cálculo es el siguiente: [15]

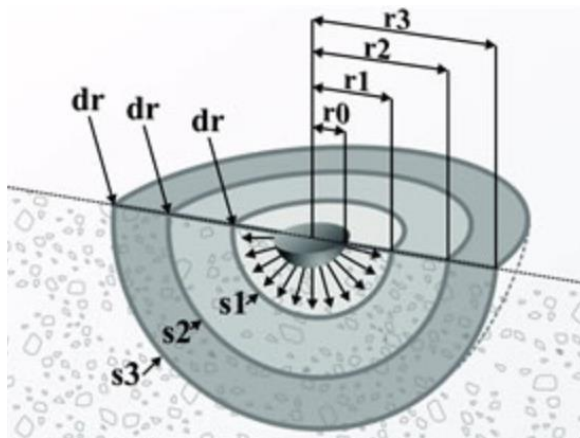


Figura 6: Geometría donde se distribuye las varillas.

Fuente: EPRI. 2011. Transmission Line Reference Book de EPRI

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * l} * Ln\left(\frac{2 * l}{A}\right) \dots\dots \text{(Ecuación 7)}$$



Donde:

R = Resistencia de puesta a tierra en Ohmios

$\rho$  = Resistividad del terreno en ohmios-metro

l = Longitud de la varilla en metros

A = Radio equivalente que depende de la distribución y el número de varillas de la configuración, en metros. (Ver figura 12, 5, 8 del Transmisión Line Reference Book de EPRI). [15]

### B. Resistencia Mutua

Para calcular el efecto de las varillas en paralelo, el valor de la resistividad de pie de la estructura, es llegar a obtener la resistencia mutua, en la siguiente ecuación: [18]

$$R_m = \frac{\rho}{2 * \pi * s} \left[ 1 - \frac{l^2}{3s^2} + \frac{4l^2}{5s^2} + \dots \right] \dots\dots\dots \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

Rm = Resistencia mutua en ohmios

s = Separación entre varillas en metros

$\rho$  = Resistividad del terreno en ohmios-metro

l = Longitud de varillas en metros

Una vez conocido el valor de Rm se puede calcular la resistencia de puesta a tierra con la relación:

$$R = \frac{R_1}{n} + \frac{(n - 1)R_m}{n} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

R = Resistencia en ohmios

R1 = Resistencia de una varilla en ohmios

n = Número de varillas

Rm = Resistencia mutua en ohmios

### C. CURVAS UNIVERSALES

Un método alternativo para hallar el valor de la resistencia de una puesta a tierra del efecto de múltiples varillas, es con la ayuda de usar curvas universales donde la variación porcentual de la resistencia es cuando se va colocando varillas con una separación de longitud específica de cada varilla. Las curvas universales se hallan por el factor de multiplicación que se puede ver en la tabla 7.

Para hallar la resistividad por el efecto de las varillas en paralelo se puede realizar la siguiente acción: La resistencia de una varilla se divide por la cantidad de varillas a utilizar, se multiplica por el factor F de acuerdo a la tabla. [18]

Tabla 7: Factor multiplicador para múltiples varillas

Número de Varillas	Factor Multiplicador, F
1	1.11
2	1.16
3	1.29
4	1.36

Fuente. **Cooper, Peru @. 2017**

### D. Instalación De Contrapesos

En los lugares que la resistividad del terreno sea muy elevada, es de suma importancia utilizar cables desnudos de cobre bajo tierra en forma horizontal para lograr el valor de resistencia deseada, debemos de tener en cuenta las características del terreno a utilizarlo como una puesta a tierra.

Las capas primeras del terreno están expuestas a cambio de clima producido por las estaciones del año. Considera la topografía local y la contextura del suelo, cambios ambientales, humedad. En terrenos agrícolas prever la capa de tierra que será quitada. Se debe de considerar a una profundidad de 0,60 m debe de instalarse contrapesos. [15]

La resistencia obtenida al conectar un conductor está dada por:

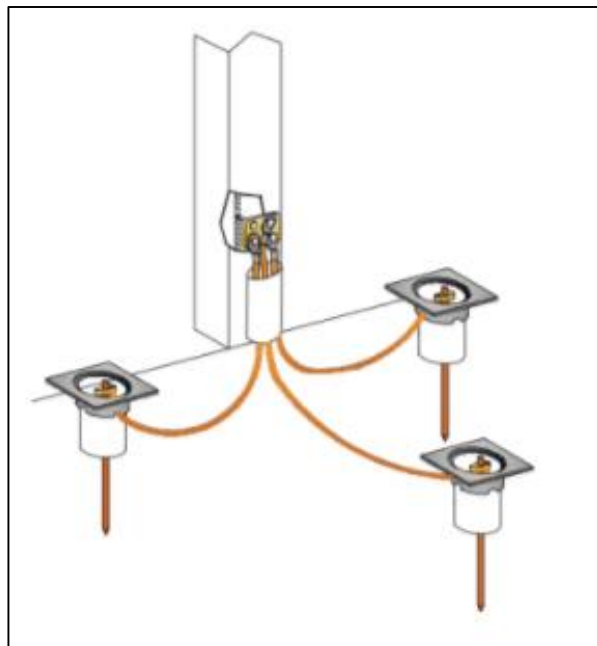


Figura 7: Instalación de contrapesos.

Fuente: **EPRI. 2011.** Transmission Line Reference Book de EPRI

$$R = \frac{\rho}{\pi * l} * \left[ \text{Ln} \left( \frac{2 * l}{\sqrt{4 * a * d}} \right) - 1 \right] \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

$R$  = Resistencia en ohmios

$\rho$  = Resistividad del terreno en ohmios-metro

$l$ = longitud en metros del cable

$a$ = radio en metros del cable

$d$ = profundidad en metros de enterrado

Se usan longitudes de 30, 60 y 90 m, en casos que ameriten se puede incrementar la longitud del conductor. La resistividad del terreno corresponde del lugar donde se instalara una puesta a tierra. [15]

Con la diversidad de la resistividad del terreno se usan múltiples configuraciones cuya finalidad es obtener la resistencia deseada. Una configuración sencilla es utilizar cuatro varillas, una en cada lado de la estructura. Algunas configuraciones se utilizan 1, 2, 3 ó 4 contrapesos de la longitud que se desea. En cuanto a las configuraciones asimétricas uno y tres contrapesos, no es recomendable por no ser eficientes en ondas de choque. [15]

### **2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA PUESTA A TIERRA.**

El mantenimiento del sistema de puesta a tierra SPAT sirve para recuperar la operatividad del pozo a tierra y lograr el valor de la resistencia en ohmiaje adecuado al valor que se obtuvo al momento de su confección.

INDECI, el Código Eléctrico Nacional obligan a tener una puesta a tierra en óptimas condiciones para su funcionamiento cuya finalidad es la protección de la vidas de las personas y también al equipamiento biomédico reducción las corrientes de fuga o falla hacia tierra.

#### **Procedimiento para la inspección de una puesta a tierra**

- Medir el pozo antes del mantenimiento para ver en las condiciones de resistividad que se tiene.
- Retiro de tierra unos 30 centímetros de profundidad de la caja de registro.
- Retirar el conector de bronce tipo AB ( varilla y cable)
- Lijar el electrodo (varilla) que se encuentra sulfatado con una lija
- Limpiar y lijar el conector tipo AB.
- Aplicar una dosis química de Thorgel
- Conexión de los cables y conectores a la varilla.
- A 24 horas se realiza una nueva medición de SPAT
- Se realiza los protocolos de prueba establecidos, documento técnico que se detalla todas las ocurrencias obtenidas durante el mantenimiento.
- Descripción del pozo
- Caja de registro de acuerdo a detalle en plano eléctrico correspondiente (1 unidad)
- Varilla de cobre solido de  $\frac{3}{4}$ " x 2.40 m (1 unidad)
- Conector de cable tipo AB para cable de 35 mm<sup>2</sup> (1 unidad)
- Conductor de cobre solido de 35 mm<sup>2</sup>, tipo helicoidal, 12 mt.
- Tierra de cultivo (3m<sup>3</sup>)
- Cable de puesta a tierra

## **RECOMENDACIÓN**

El mantenimiento de la puesta a tierra será llevada a cabo cada tres meses, para garantizar el buen funcionamiento del Sistema de puesta a Tierra.

## **2.4. EQUIPO DE ALTA SENSIBILIDAD (equipo Biomédico)**

Es un Instrumento o máquina usada para prevenir, diagnosticar, procedimiento de enfermedades y dolencias; también para detectar, medir, restablecer, modificar o modificar la anatomía o función del organismo humano con un fin saludable. Cuyos componentes electrónicos son sensibles a las perturbaciones eléctricas para la obtención de un diagnóstico seguro para el paciente. [52]

### **2.4.1. Clasificación De Los Dispositivos Médicos**

Clase I: Dispositivos de bajo riesgo, controlados por sistema general, no destinados para la protección de la vida, su falta de uso no representa riesgo para vida humana. [52]

Clase II: Dispositivos médicos de peligro tolerante, controlados por sistemas especiales en el momento de diseño y fabricación, demostrando seguridad al momento de su uso. [52]

Clase III: Dispositivos médicos de peligro alto, controlados por sistemas especiales en el momento de diseño y fabricación, demostrando seguridad y eficacia al momento de su uso. [52]

Clase IV: Clase III: Dispositivos médicos de muy alto peligro, controlados por sistemas especiales en el momento de diseño y fabricación, dedicado para la protección de vida humana para prevenir el daño. Demostrando seguridad y eficacia al momento de su uso. No presenta riesgo alguno de dolencia o traumatismo. [52]

### **2.4.2. Circulación De La Corriente Por El Cuerpo Humano**

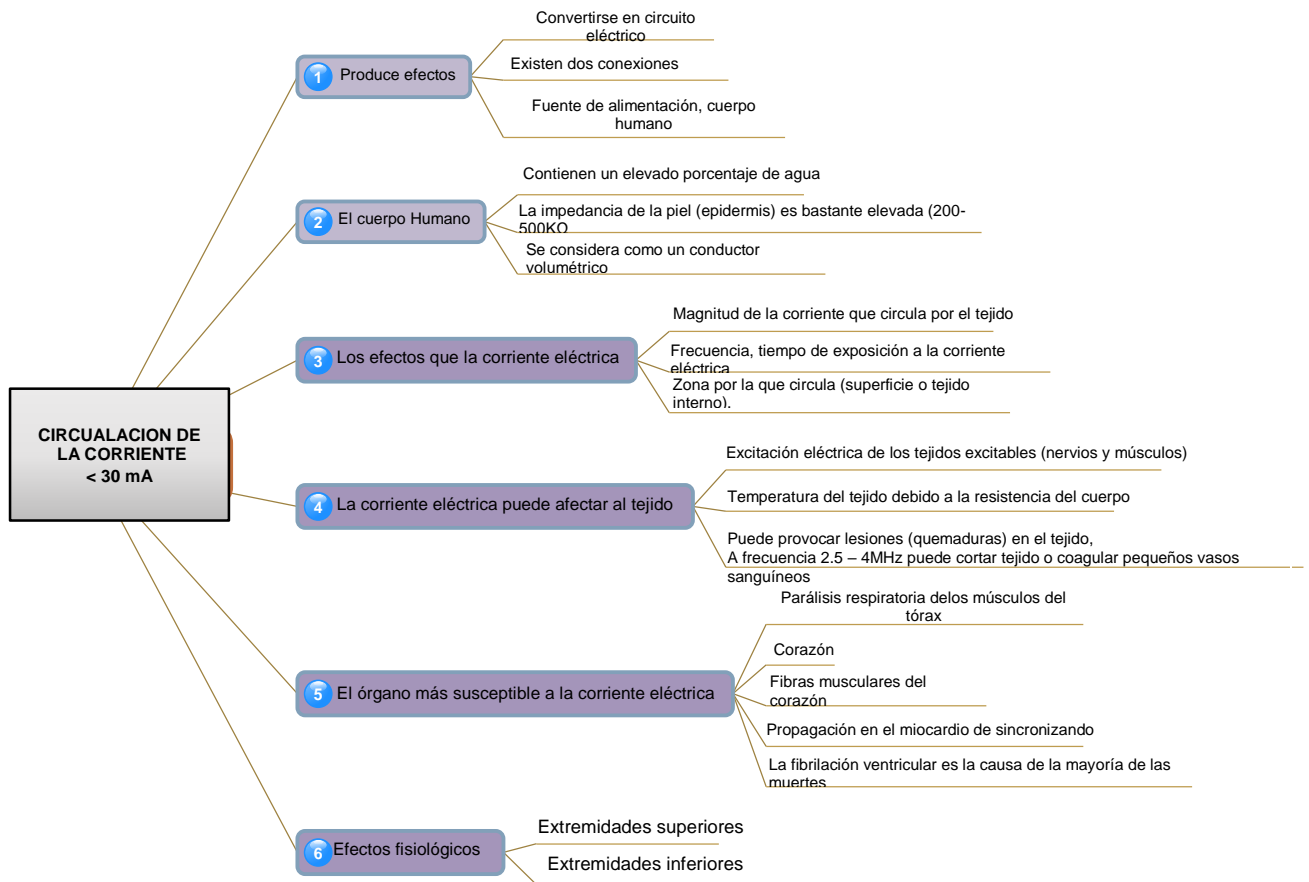
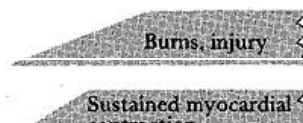
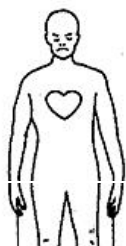


Figura 8: Circulación de la corriente por el cuerpo.

Fuente. Fuente. [www.ucursos.cl/usuario/Informe\\_Resistividad\\_de\\_Suelo](http://www.ucursos.cl/usuario/Informe_Resistividad_de_Suelo).

Se presentan casos de los efectos fisiológicos que son producidos en el cuerpo humano en función a la magnitud de la corriente eléctrica que circula, donde se aplica una diferencia de potencial entre las extremidades superiores (las dos manos). En la figura 2.1 se muestra valores aproximados de la corriente y los efectos que ocasionan en un tiempo de exposición entre 1-3 seg., magnitud alterna de 50-60 Hz aplicada a la parte de afuera del cuerpo humano (persona de 70 Kg). [12]



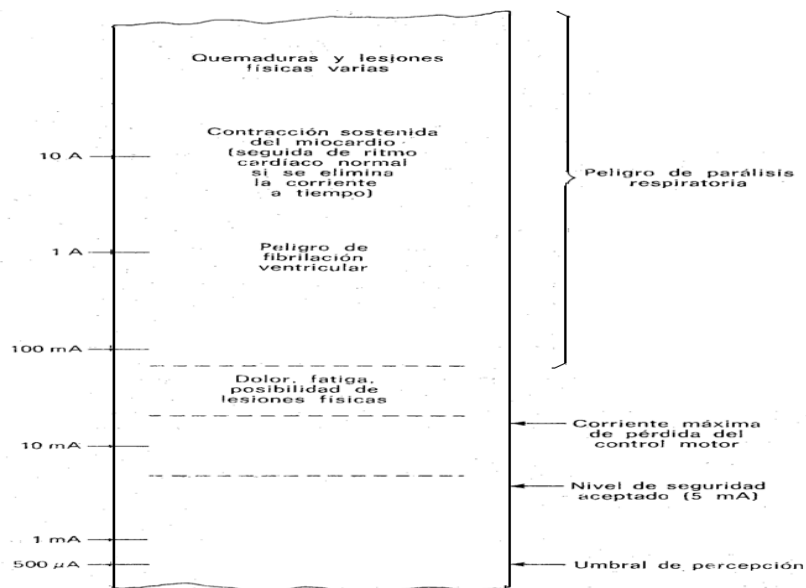


Figura 10: Impedancias de algunos recorridos.  
 Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema 2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema 2.pdf). [En línea] Enero de 2015.





### **2.4.3. Impedancia Del Cuerpo Humano**

La oposición de la corriente que fluye del cuerpo humano puede ser tomada en cuenta como: (a) Impedancia interna (resistencia), de valores que fluyen al interior del cuerpo (corriente), esta también es considerada por el contacto que se recibe. (b) Impedancia que es por medio de la dermis es una resistencia externa y tiene componentes tanto resistivos como capacitivos.

Esta impedancia es diversa por una tensión que fue aplicada, la frecuencia de los Hertz de la corriente eléctrica que fluye por la piel, el tiempo, el tipo de la dermis, humedad otros factores que se presentan. Las tensiones de contacto de 50 V en VCA, la resistencia de la dermis es variadas, partiendo de los 50 V de VCA la resistencia de la dermis decrece muy rápido, llegando a una resistencia muy baja cuando la dermis está destruida. [12]

La resistencia interna que posee el cuerpo se considera resistiva, teniendo en cuenta que los miembros superiores e inferiores tienen una resistencia mayor que el tronco. Se debe considerar que para los VCA altas la resistencia interna del cuerpo es impedancia interna hace experimentable despreciable la resistencia de la dermis. En la figura 11 nos muestran las impedancias de algunos detalles que se compararon de mano-mano, mano-pie que se son considerados como resistencias de referencia (100%). [12]

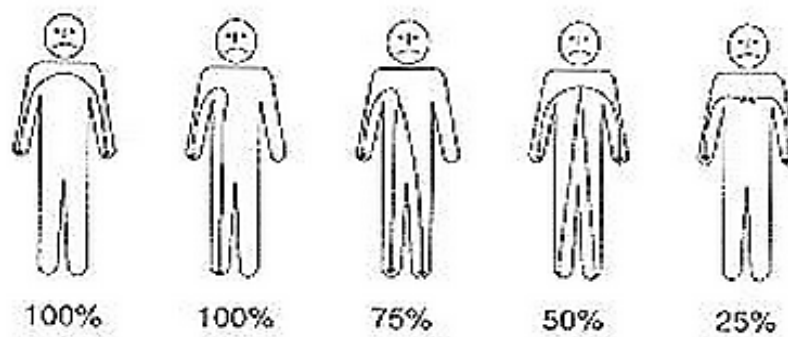


Figura 12: Recorrido de la electricidad en el cuerpo humano.  
Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

#### 2.4.4. Resistencia Del Cuerpo Humano

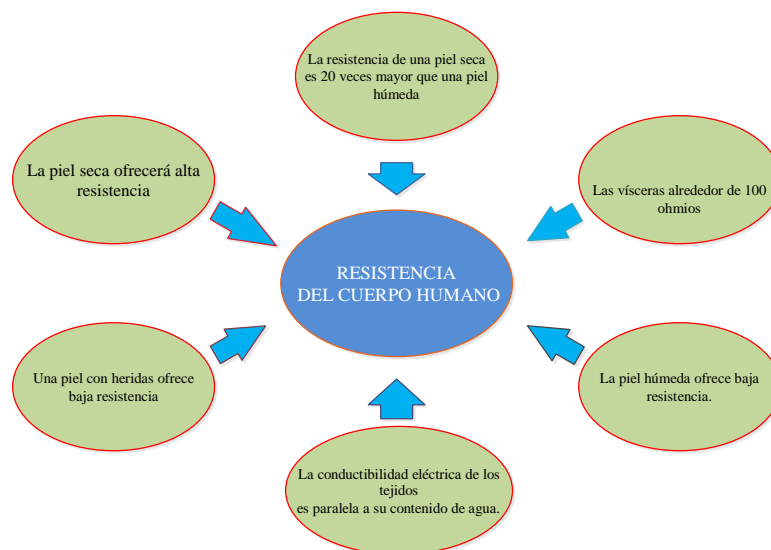


Figura 13: Resistencia del cuerpo humano.  
Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

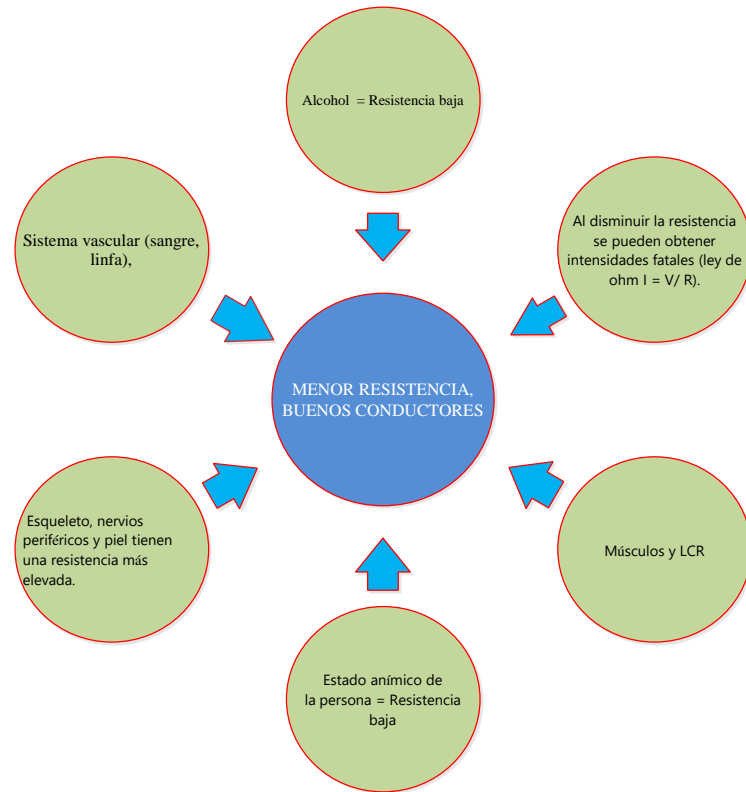


Figura 14: Menor resistencia, buenos conductores.  
 Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea]  
 Enero de 2015.

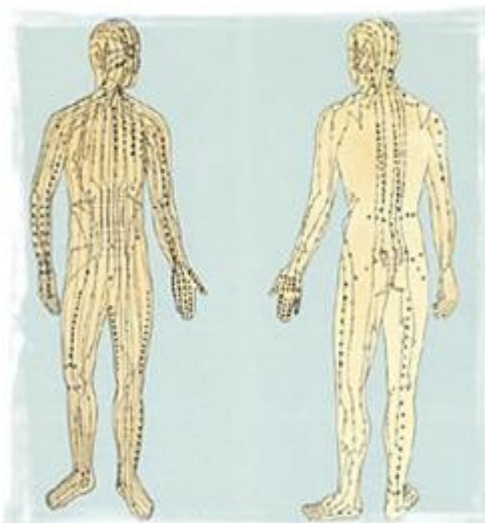


Figura 15: El cuerpo humano ofrece resistencia al paso de una corriente  
 Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea]  
 Enero de 2015.

## 2.4.5. Parámetros Susceptibles Que Afectan Al Cuerpo Humano

Tabla 8: Valor medio del umbral

VALOR MEDIO DEL UMBRAL	
VARONES	MUJERES
1.1 mA	promedio de 0,7 mA
No se muestra	Conductividad es mayor por la cantidad de agua
Uso de geles reduce impedancia	Uso de geles reduce impedancia
Gel de ECG reduce a 83 mA en rango de 30 a 200 mA	Gel de ECG reduce a 83 mA en rango de 30 a 200 mA
Corriente de pérdida Gaussiana de 16 mA	Corriente de pérdida Gaussiana de 10.5 mA
Umbral mínimo de la corriente de pérdida de control es de 9.5mA	Umbral mínimo de la corriente de pérdida de control es de 9.6mA

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

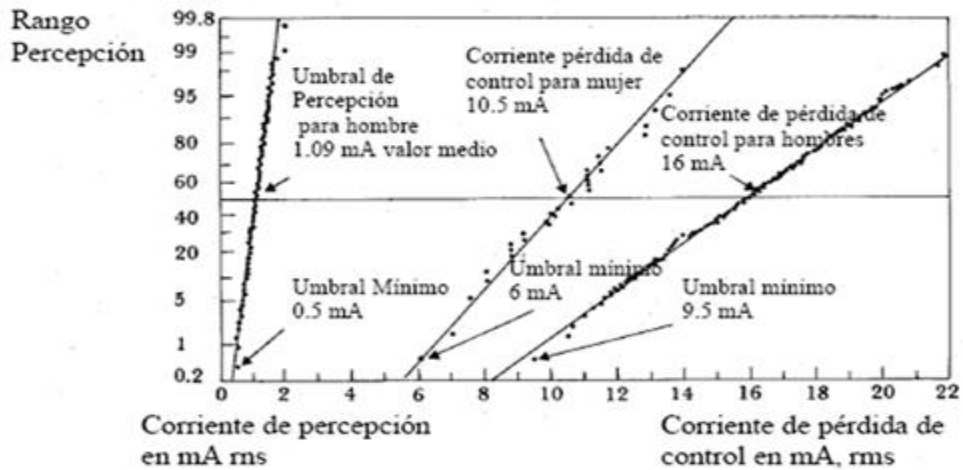
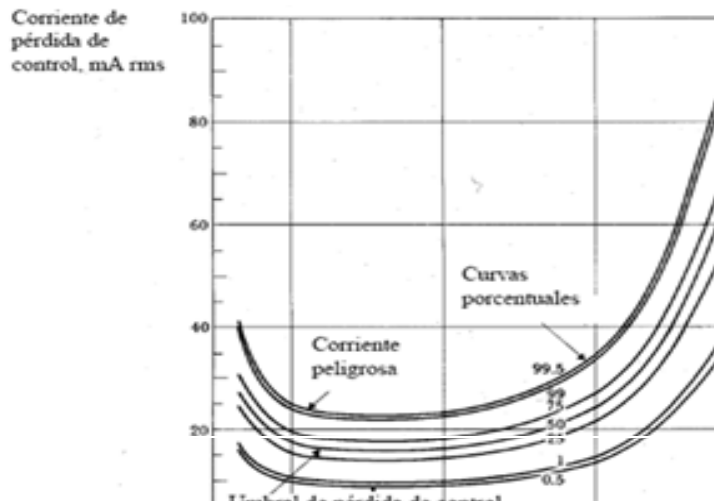


Figura 16: Rango de corrientes de percepción y de pérdida de control.  
Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015

### 2.4.6. Frecuencia De La Corriente

En la figura 8 muestra la relación de corriente de control y la frecuencia. El valor pequeño de la frecuencia de una corriente de pérdida de control es la potencia comercial (50-60 Hz). Para una frecuencia menor de 10 Hz, su valor más bajo de la corriente de pérdida de control, va en aumento ya que los músculos se encuentran relajados en ciertos momentos del ciclo de la corriente. Este valor de umbral de la corriente es un promedio de 10 Hz y 100 Hz, esto se incrementara cuando los valores empiezan a sobrepasar a 100 Hz. Fuente: [12]



## A. Puntos De Entrada De La Corriente Eléctrica

Cuando la corriente es aplicado en dos puntos de cualquier parte del cuerpo humano, un diminuto porcentaje de energía o corriente total es circulado al corazón, se presenta dos tipos de diagnósticos: el macroshock se relaciona con la circulación de corriente en la parte superior (fuera) y el microshock. Son aquellos casos en los que al tener un catéter conectado al corazón, una mínima corriente que circula puede ocasionar mayores daños al paciente e incluso el deceso. [12]

En los diversos experimentos nos indican que el rango de corriente que ocasionan fibrilación de microshock el promedio es de 80 a 600mA. El límite de seguridad aceptado de prevención el microshocks es de 10mA. En la figura 9 se muestra los puntos de distribución de la corriente. [12]

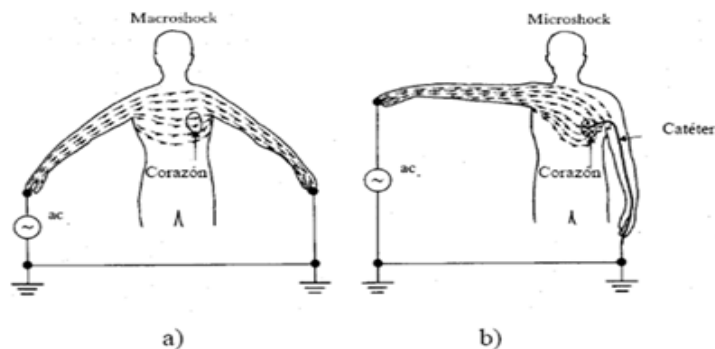


Figura 18: Efectos de los puntos de entrada en la distribución de la corriente por el cuerpo.

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea]

Enero de 2015.

## B. Efectos De La Corriente Alterna Entre 15 Y 100 Hz

Las lesiones que el cuerpo humano recibe por el paso de la corriente por todo su cuerpo son: físicas secundarias, golpes, caídas, etc., hasta la muerte.

Una persona se electriza cuando forma parte del circuito eléctrico, por los dos puntos de contacto: entrada y de salida de la corriente.

Cuando la corriente circula por el cuerpo humano se pierde el control de las manos, brazos, músculos pectorales, etc. Produce la asfixia por que afecta al centro nervioso que regula la función respiratoria. Otros factores fisiopatológicos como contracciones musculares, aumento de la presión sanguínea, dificultades de la respiración, deja de funcionar temporalmente el corazón, etc. Dejan huellas las quemaduras y estas pueden llegar a ocasionar la muerte. [12]

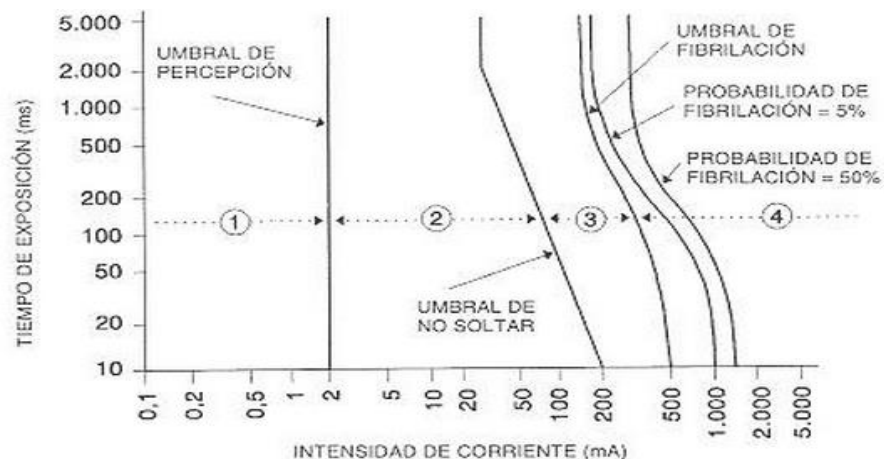


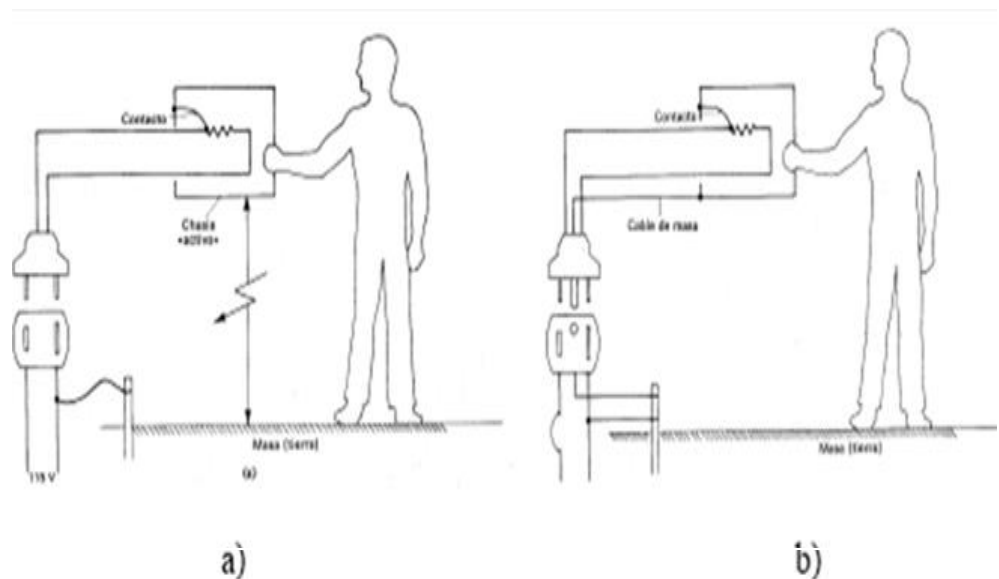
Figura 19: Efectos de corriente alterna - frecuencia entre 15 y 100 Hz.  
Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

## 2.4.7. Riesgo De Descargas (Shock) Provocadas Por El Equipo

### A. Riesgo De Macroshock

Para la exposición al peligro de un macroshock eléctrico, la persona entra en contacto al mismo tiempo con los dos conductores eléctricos, el positivo y el de tierra o dos positivos a varios potenciales. El conductor de tierra está en comunicación al chasis, del mismo modo se advierte que un conductor activo corre peligro con cualquier objeto conductor que se encuentra fijado a masa. Los cuales pueden ser motores, conductos de agua, armaduras metálicas de la construcción de cualquier edificio, etc. [12]

En el diseño e instalación de los equipos eléctricos se debe tener el cuidado al momento de su instalación, cualquier persona puede hacer contacto accidental por medio de este conductor, para lo cual se debe utilizar materiales aislantes de calidad conservando las distancias de acuerdo a las normas eléctricas de seguridad entre los conductores y parte de masa del equipo para reducir el posible contacto con el chasis. Si el chasis o llamado masa no está conectado correctamente, cualquier persona que pueda estar en contacto, estará en peligro de un macroshock la figura 19 nos muestra los tipos de conexiones. [12]





La finalidad del contacto de una toma de tierra de cualquier equipo es por medio del enchufe, cuya finalidad es reducir el peligro de un macroshock. De esta forma su instalación de conexión del punto de tierra sea derivado directamente al chasis del equipo por medio de un enchufe (figura 2.10.b). [12]

## **B. Riesgo De Microshock**

Se conoce por lo general por una pérdida de aislamiento, de este modo pueden realizarse riesgos de microshock en equipos de aislamiento en un completo estado de electrificación. La conexión capacitiva entre el conductor activo y la parte de la carcasa de cualquier equipo eléctrico, puede crear corrientes de una intensidad suficiente para un riesgo de microshock. Por ejemplo, una tensión de 115 V y una capacidad de sólo 200pF producen una corriente de 10mA. Por lo tanto, muchos electrodomésticos, lámparas y aparatos de diagnósticos o terapia presentan fugas capacitivas de corriente que sobrepasan los 10mA. [12]

Todos los equipos son muy seguros para trabajar en condiciones normales, puede provocarse un riesgo de microshock para pacientes susceptibles a la electricidad. En la figura 20 se muestra como ejemplo de un riesgo de microshock en el que un paciente tiene un catéter insertado por vía intravenosa. Este catéter forma parte de un transductor que se encuentra instalado a un monitor para visualizar ciertos parámetros y a su vez éste equipos a la red eléctrica. Esta

instalación que se realizó al paciente establece una conexión a carcasa del corazón a través del catéter. [12]

En estas condiciones, se crea un riesgo de microshock mediante cualquier contacto del ductor entre el paciente y el dispositivo que no esté conectado a masa, una corriente de fuga ó de salida mayor de 10mA. [12]

En la figura 20 el paciente está tocando el equipo directamente, pero este contacto se puede establecer cuando otra persona toque al paciente y al equipo en forma simultánea. Las principales causas que pueden provocar situaciones de riesgo de microshock son las siguientes: [12]

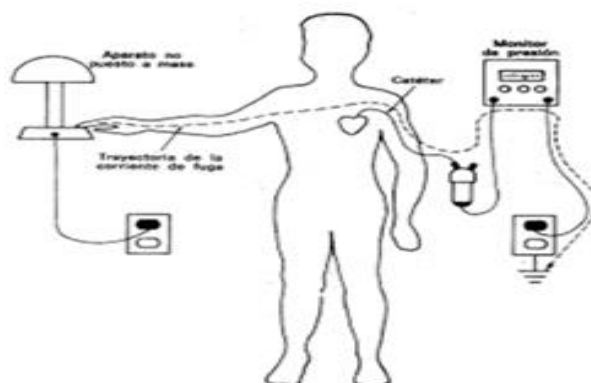


Figura 21: Riesgo de micro shock  
Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

### C. Defecto O Rotura Del Conductor De Puesta A Tierra

De esta forma parte de la corriente por acoplo capacitivo entre los cables conductores y el chasis que debe ser conectado tierra, realizando a través del paciente, a través del corazón y del catéter. La mejor forma de solucionar este problema es aislar eléctricamente al paciente de forma que no exista un camino de cierre de la

corriente. Se puede conseguir mediante la utilización de sistemas de aislamiento a la entrada de los (amplificadores de aislamiento). [12]

#### **D. Partes Metálicas No Conectadas A Tierra**

Otro de los casos de un riesgo, sucede cuando el paciente toca el equipo o dispositivo que tiene corriente de fugas. Estas corrientes pueden cerrarse a tierra a través del catéter y del equipo de medida. La solución para evitar este riesgo es utilizar equipos con entrada aislada, estos equipos deben de estar instaladas todas sus partes metálicas y accesorios a tierra. [12]

#### **E. Equipos Conectados A Diferentes Potenciales De Masas**

Si uno de los equipos está en contacto con un catéter y otro equipo es conectado al paciente, para vigilar la monitorización del ECG y de la presión sanguínea a través de un catéter, esta diferencia de tensiones entre las masas puede dar origen a peligros de microshock. La normativa NEC (National Electrical Code) establece que la diferencia de potencial entre las masas de dos equipos no debe superar los 500mV , áreas generales los 40mV como las áreas de cuidados bajo condiciones normales de funcionamiento. [12]

#### **F. Equipos Alimentados Por Baterías**

Los equipos alimentados con baterías deben ser aislados eléctricamente de tierra, pueden presentar problemas o riesgos al paciente. Por ejemplo, en la utilización del bisturí eléctrico, las corrientes de alta frecuencia pueden acoplarse capacitivamente con el chasis y si hace contacto, las corrientes podrían cerrarse a tierra a través de él. Por lo tanto, para solucionar este problema, todas las partes metálicas externas (chasis) de los sistemas a baterías deben también unirse a tierra. [12]

Para que produzca un riesgo o descarga de microshock hace falta una conexión eléctrica directa del corazón con el exterior del cuerpo. Los catéteres cardiacos para diagnóstico o para marcapasos se emplean en pacientes que tengan una afección cardiaca. En tales pacientes, la fibrilación ventricular ocurre a menudo como consecuencia de la enfermedad. Esto explica que el riesgo de microshock pasase inadvertido durante un largo periodo de tiempo y no pueda realizarse una estimación muy concreta del número de accidentes que puedan ocurrir debidos a esta causa. [12]

#### **2.4.8. Índice De Seguridad Eléctrica Para Equipos Médicos**

Debido a la extensa variedad de tecnología médica que existe en las diferentes áreas hospitalarias, una cuestión importante es decidir a qué equipos y con qué frecuencia se les deben realizar pruebas de seguridad eléctrica, ya que hay diferencias muy importantes en términos del tipo de aislamiento y el riesgo para el paciente que está en contacto con el equipo. [12]

Con el avance de la tecnología existen hoy en día diversidad de equipos que se utiliza en la medicina, estos son utilizados en las áreas de clínicas, hospitales, entre otros. La razón primordial son las pruebas que se realizara a cada equipo médico, las frecuencias que estos deben de tener en cuanto a la seguridad, las diferencias en los términos de tipo de aislamiento y las precauciones, para el paciente que se encuentra permanentemente en contacto con el equipamiento médico. [12]

Para este aspecto hay diferentes equipos médicos que presentan riesgos eléctricos, mediante un cálculo matemático y un código nos proporcionara un código numérico para indicarnos la prioridad en cuanto al riesgo eléctricos que se debe conocer, para la seguridad eléctrica. [12]

Hay varias clasificaciones de equipos biomédicos que se debe de considerar:

- El riesgo físico del operador.
- La conexión al paciente o
- Tipo de aislamiento; otros aspectos

Cada una de ellas reportan diferentes aspectos de diagnósticos de seguridad eléctrica.

Se desarrolla cada uno de los aspectos de seguridad eléctrica de equipos que analiza y se propone una ponderación ( $\rho$ ) a cada valor en función al impacto del riesgo eléctrico. [52]

#### A. Clasificación Por Riesgo Estático

Está basada en los tipos de equipos y por su función y riesgo físico.

Su función, definido por la aplicación y el lugar donde funciona.

Tabla 9: Función del equipo.

TIPO	FUNCIÓN DEL EQUIPO (FE)	$\rho$
<b>Terapéutico</b>	Soporte de vida	25
	Cirugía , Emergencia, UCI	23
	Terapia física y tratamiento	20
<b>Diagnóstico</b>	Monitoreo SOP e intensivo	18
	Monitoreo consultorio externo	15
<b>Analítico</b>	Laboratorio analítico	13
	Accesorios de laboratorio	10
	Computadoras y relacionados	8

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

El riesgo físico, que define el peor escenario cuando el equipo está dañado y la consecuencia que puede tener el paciente. [12]

Tabla 10: Ponderación del riesgo físico del equipo.

<b>RIESGO FÍSICO (RF)</b>	<b><math>\rho</math></b>
Muerte del paciente u operador	25
Lesión del paciente u operador	20
Terapia inapropiada o diagnóstico erróneo	15
Disconformidad paciente	10
No riesgo significativo	5

Fuente [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

Como puede observarse, el equipo tiene asignada una ponderación ( $\rho$ ) que representa la relevancia de cada aspecto, considerando el grado de interacción con el paciente.

Por lo tanto, el Riesgo Estático (RE) se calcula sumando los valores de la función del equipo (FE) y el riesgo físico (RF),

$$RE = FE + RF \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 11)}$$

Dónde:

RE Riesgo estático

FE Función del equipo

RF Riesgo físico

Para normalizar la función de tal forma que estuviera acotada en el intervalo [0, 1], se debe encontrar el valor máximo que RE puede adquirir, se calcula considerando la mayor ponderación para FE: soporte de vida = 25 y el mayor RF: muerte para el paciente o el operador = 25, de modo que:  $RE = 25 + 25 = 50$ . Así, la expresión anterior se modifica de la siguiente forma: Índice de prioridad de seguridad eléctrica para Equipo Médico, [27]

$$RE = (FE + RF)/50 \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 12)}$$

Dónde:

RE Riesgo estático

FE Función del equipo

RF Riesgo físico

### B. Grado Y Calidad De Seguridad De Quipos Médicos.

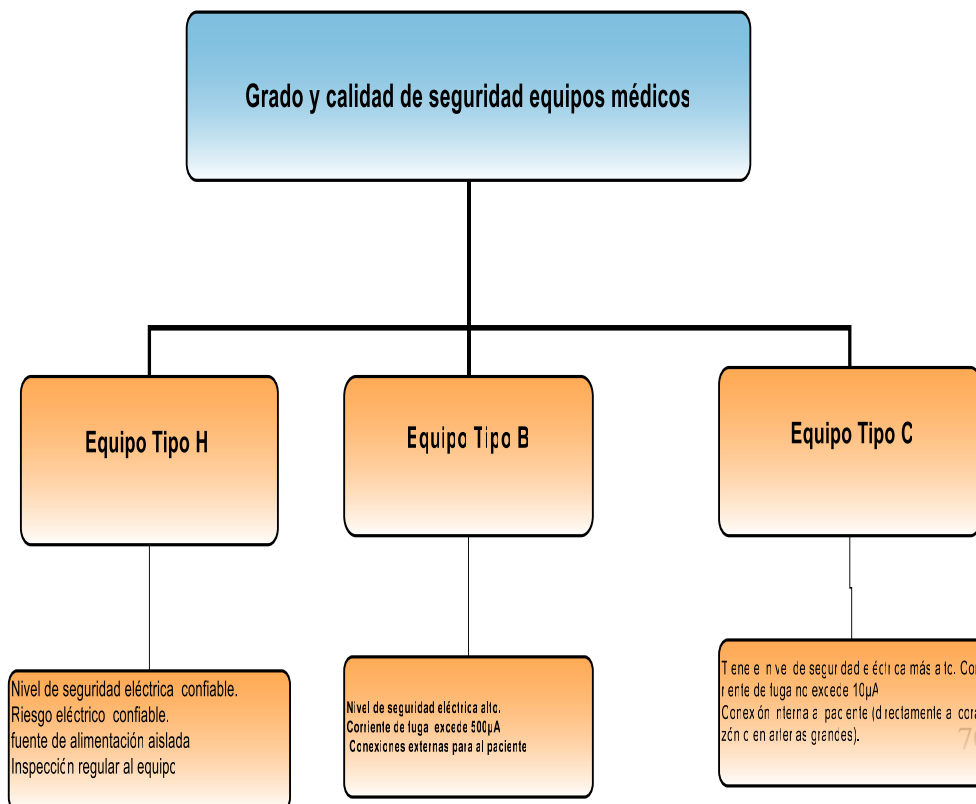


Figura 22: Grado y calidad de seguridad equipos médicos.

Tabla 11 Equilibrio de tres condiciones

CLASE C <sub>j</sub> (j = C, B, H)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
<b>Tipo C</b>	60	1.00
<b>Tipo B</b>	30	0.50
<b>Tipo H</b>	10	0.16

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.]

Se fijó un 60% equipos Tipo C, cuando se realiza una conexión interna al paciente tiene un mayor riesgo por la resistencia de soporte dentro del cuerpo humano es menor.

Se fijó un 30% equipos Tipo B, cuando estas se encuentran en conexión con la piel parte externa del paciente, la resistencia es mayor.

Se fijó un 10% equipos tipo H, porque no encontrarse en contacto directo con el paciente, entonces presenta menos probabilidad de un riesgo eléctrico. Índice de prioridad de seguridad eléctrica para Equipo Médico, [26]



## C. Clasificación Por El Nivel De Aislamiento

En la tabla se muestra la clasificación de los equipos que presentan aislamiento entre sus partes energizadas, conducción, estas son considerados en:

Tabla 12: Clasificación de equipos

CLASE Ck (k = 1, 2, 3)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase 1	50	1.00
Clase 2	40	0.80
Clase 3	10	0.20

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/assignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/assignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

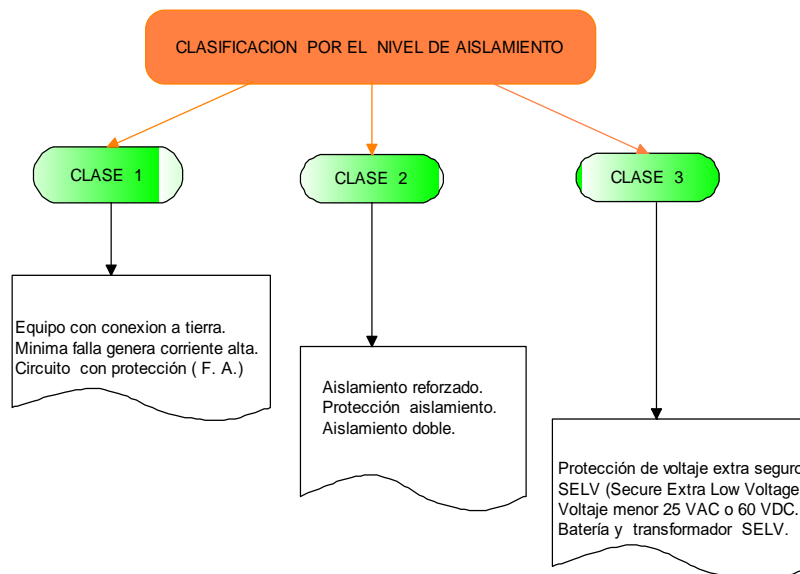


Figura 23: Clasificación de equipos IEC.

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/assignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/assignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

## D. Clasificación Por El Nivel De Riesgo Físico

La cancelación de la actividad de un equipo médico está basado de acuerdo al riesgo que es expuesto al paciente, también al operador del equipo, considerados tres niveles: [12]

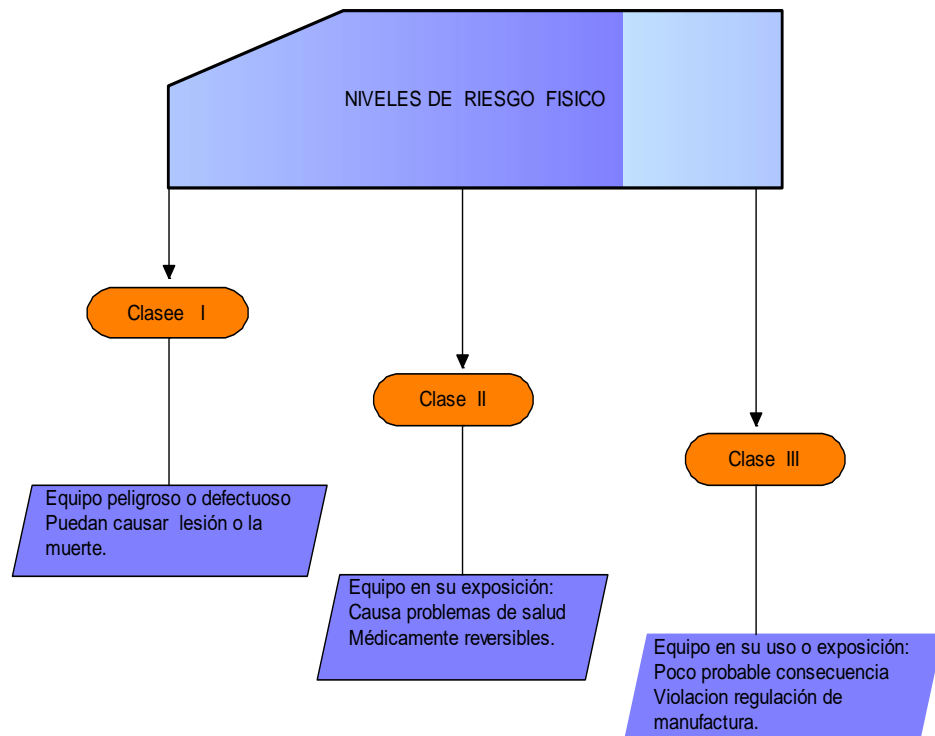


Figura 24: Niveles de riesgo físico.

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf).

[En línea] Enero de 2015.

Tabla 13: Se muestra otra clasificación de los equipos.

CLASE CI (I = I, II, III)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase I	55	1.00
Clase II	40	0.72
Clase III	5	0.09

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

### E. Clasificación Por El Contacto Con El Paciente

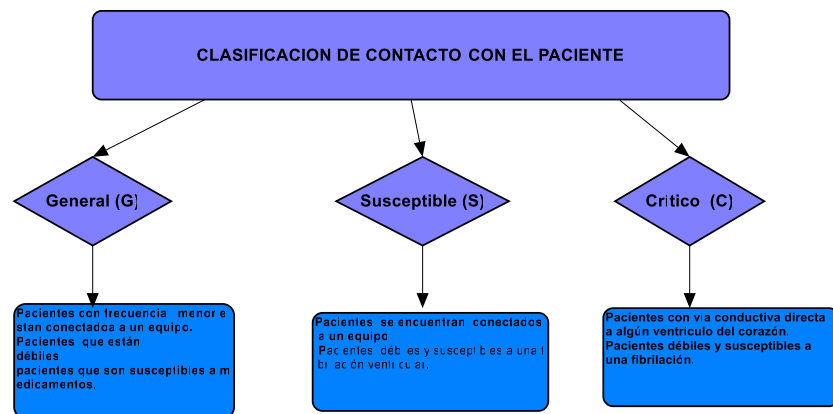


Figura 25: Clasificación de contacto con el paciente.  
 Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

Tabla 14: Clasificación por contacto con el paciente con el equipo.

CLASE Cm (m = C, S, G)	$\rho$ (%)	$\rho$ normalizada
Clase C	60	1.00
Clase S	30	0.50
Clase G	10	0.16

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

Para unir las informaciones de las cinco clasificaciones se le asignó considerar en global ( $\omega$ ), la importancia de evaluar un riesgo eléctrico. [12]

Tabla 15: Moderación de las clasificaciones.

CLASIFICACIÓN $C_i$	ELEMENTO ANALIZADO	$\omega_i$
C1. Riesgo Estático	Función y riesgo físico	0.10
C2. Grado Y Calidad	Conexión al paciente	0.25
C3. IEC	Aislamiento	0.30
C4. FDA	Riesgo físico	0.10
C5. Hill	Tipo de paciente	0.25

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

La clasificación  $C_3$  tiene el valor alto promedio ( $\omega_3 = 0.30$ ) se puede analizar el tipo de aislamiento del equipo. Las clasificaciones  $C_2$  y  $C_5$  tienen una moderación de  $\omega_{2,5} = 0.25$  analiza el contacto del equipo con el paciente. Por último, como  $C_1$  y  $C_4$  se refiere al riesgo físico del equipo, se le asigna una moderación de  $\omega_{1,4} = 0.10$ , a un no se menciona riesgo de los equipos en el sistema eléctrico, se reconoce que se trata de un riesgo físico. Se puede tener como la

expresión general la función para poder calcular el Índice de prioridad de la seguridad eléctrica en cuanto a los equipos médicos (IPSEEM). [12]

$$IPSEEM = \omega_i \sum_{i=1}^5 C_i \quad \dots\dots\dots \text{(Ecuación 13)}$$

Dónde:

(IPSEEM) índice de prioridad de seguridad eléctrica para equipos médicos

C<sub>i</sub> Riesgo físico del equipo

ω<sub>i</sub> Moderación

Tabla 16: IPSEEM en equipos médicos.

EQUIPO	FE	C1/RF	RE	C2	C3	C4	C5	IPSEEM
Electrocirugía	23	20	0.86	1.00	0.8	1.0	1.00	0.926
Desfibrilador	20	25	0.90	0.50	0.8	1.0	0.50	0.680
Cardiotocógrafo	15	10	0.50	0.50	1.0	0.72	0.50	0.672
Cama eléctrica	5	15	0.40	0.50	1.0	0.72	0.50	0.662
Monitor Sv	18	15	0.66	0.50	0.8	0.72	0.50	0.628
Electrocardiógrafo	18	15	0.66	0.50	0.8	0.72	0.50	0.628
Ventilador	25	25	1.00	0.16	1.0	1.00	0.16	0.580
Incubadoras	20	25	0.90	0.16	1.0	1.00	0.16	0.570
Microscopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.445
Colposcopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.445
Endoscopio	23	5	0.56	0.16	1.0	0.09	0.16	0.439
Máquina de anestesia	23	15	0.76	0.16	0.2	0.72	0.16	0.288
Termómetro digital	15	5	0.40	0.16	0.2	0.09	0.16	0.189
Estuche de diagnóstico	15	5	0.40	0.16	0.2	0.09	0.16	0.189

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

Teniendo el resultado de IPSEEM se puede establecer lo siguiente:

Equipos de alta prioridad rango de [1.0, 0.60] y los equipos prioridad media en el rango de (0.60, 0.20], con este objetivo de que los equipos se le debe de realizar las pruebas de seguridad eléctrica cada seis meses (dos veces al año) prioridad media. Para baja en el rango de 0.20 restante por ser el de menor intervalo de desplazamiento cantidad menor de equipos. [12]

Tabla 17: Intervalo y frecuencia de pruebas de seguridad eléctrica.

PRIORIDAD	INTERVALO	FRECUENCIA
Prioridad Alta	[1 - 0.60]	3 meses
Prioridad Media	[0.60 - 0.20]	6 meses
Prioridad Baja	< 0.20	12 meses

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.

## 2.5. CRITERIO DE DISEÑO DE UNA PUESTA A TIERRA

### 2.5.1. Puesta A Tierra Para Equipos De Alta Sensibilidad.

Para evitar que se malogren o se destruyan los semiconductores electrónicos por desviaciones de voltajes, se ponen dispositivos que puedan proteger y limitar los picos entre los conductores activos y tierra.

La puesta a tierra que se confeccionó para el equipo de alta sensibilidad, consta de un electrodo instalado en una superficie de 3

mts de profundidad, 1 metro de diámetro, en su interior está instalado una barra de cobre electrolítico de dimensiones adecuadas de 2.40 metros sobre nivel de piso terminado que será de uso exclusivo para el equipo de alta sensibilidad.

La resistencia de este pozo debe ser de 2 Ohms, con la ayuda de elementos químicos se logra reducir la resistencia del terreno, para luego alcanzar el valor deseado. [25]

### **2.5.2. Mediciones De Tierras**

Para poder obtener el valor de las características eléctricas del terreno que en este caso es fangos, turbas, en el cual se enterrará el electrodo, debe de realizarse las mediciones correctas básicas.

De las características del terreno nos interesa su resistividad, humedad presente, temperatura.

Para este caso se realizó varias mediciones sistemáticas en todas las direcciones del terreno, aumentando el número de picas, la profundidad de enterramiento de las mismas, para poder llegar al valor máximo que permita contener el potencial de la resistividad de tierra entre los valores adecuados. [25]

### **2.5.3. Constitución Del Terreno.**

Los materiales químicos que se utilizaron, cantidades, calidad de los mismos para que pueda influir de un modo notable en cuanto a su resistividad. En el terreno donde se instaló la puesta a tierra es denominado fangos, turbas del suelo son aquellos que presentan las resistividades más adecuadas y adicionalmente son las más adecuadas en variaciones, para el tipo de resistividad que logró obtener.

En cuanto a la humedad del terreno es propicio para poder realizar esta puesta a tierra por que nos presenta: humedad, en menor medida la temperatura, estos factores significativos, para que el electrodo realice su función indispensable para que pueda conservar las características deseadas. [7]

#### **2.5.4. Medición De La Resistividad Del Terreno**

La medición de resistencia a tierra de electrodos es una técnica que debe de conocer el método y tipos de medición, pueden afectar estas mediciones tales como:

- Tipo de prueba.
- Tipo de instrumento utilizado.

Puntas de electrodos de prueba. [10]

##### **A. Tipo De Prueba.**

Se utilizó los método Wenner de cuatro puntos, es utilizado para medir la resistencia de la tierra, se introdujo electrodos separados con una distancia (d) luego se hace circular corriente por los electrodos. Con el teluometro se aplica este método luego se puede elegir el tipo de terreno donde se va instalar la puesta a tierra, las mediciones se realizaron en los terrenos del hospital “Daniel A. Carrión” de Huancayo, donde se instaló una puesta a tierra para el equipo biomédico de alta sensibilidad Resonancia Magnética. [16]



## B. Comparativo Entre El Uso De Las Varillas De Cobre Y Las Copperweld

Varilla Copperweld
Esta varilla es una de las más usadas, ya que es de bajo costo de material. Este tipo de electrodo está hecho de acero y recubierto de una capa de cobre, su longitud es de 3.05 metros y un diámetro de 16 milímetros. Esta varilla se debe enterrar en forma vertical y a una profundidad de por lo menos 2.4 metros, esto por norma. También por norma se acepta que la varilla vaya enterrada en forma horizontal, siempre y cuando sea en una zanja de mínimo 80cm de profundidad, pero no es muy recomendable. La varilla copperweld no tiene mucha área de contacto, pero sí una longitud considerable, con la cual es posible un contacto con capas de tierra húmedas, lo cual se obtiene un valor de resistencia bajo.

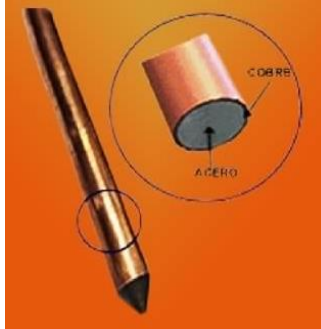


Figura 26: Varilla de copperweld.

Fuente: [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/a-signaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/a-signaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015

Electrodo profundo
Este tipo de electrodo no es más que una varilla copperweld unida a un conductor de cobre desnudo de gran longitud. Este electrodo es utilizado en terrenos donde haya mucha roca, se hace una perforación vertical profunda hasta encontrar las capas húmedas de la tierra, ya que la humedad aumenta la conductividad



## C. Varillas Copperweld

Es un elemento bimetálico compuesto por un núcleo de acero y una película externa de cobre unidos metalúrgicamente. La capa de cobre protege lo suficiente contra la corrosión y la varilla en su conjunto permite una adecuada difusión a tierra de las corrientes de falla que se puedan presentar en el sistema eléctrico, basa su funcionamiento en proporción de su longitud la resistencia de propagación de corrientes. Para obtener un mejor resultado, es importante una adecuada instalación y homogeneidad del terreno, el

cual previamente hay que tratar con aditamentos químicos para mejoramiento de la tierra. [16]

Por su composición, estas barras aseguran un buen desempeño durante el proceso de instalación, evitando que la barra se doble al ser sometida al proceso mecánico de enterramiento. Las mismas, vienen en longitudes de 1.2 mts y 2.40 mts; con un recubrimiento de cobre de 100 micras hasta 500 micras y de diámetro 1/2", 5/8", 3/4" y 1"; el núcleo es de acero y puede ser SAE 1045 ó SAE 1008, dependiendo de la profundidad de hincado y del tipo de suelo donde se vaya a hincar. El extremo inferior de estas barras termina en una punta, la cual, se elabora en frío, para preservar la dureza y resistencia de la misma. [16]

La capa de cobre que recubre la barra de tierra es realizada mediante electrodeposición, proceso que garantiza que el cobre exterior quede perfectamente unido al alma de acero, comportándose mecánicamente como un sólo metal, eliminando así la posibilidad de corrosión electroquímica; esta capa tiene un espesor que va desde 100 micras hasta 500 micras.

Dentro de las virtudes de las barras de tierra están: son económica para instalar, dan seguridad en las instalaciones eléctricas, son fáciles de inspeccionar y controlar. Adicionalmente, se puede mencionar también como ventaja que disminuyen fácilmente la resistencia eléctrica a tierra, mediante la adición de más barras en paralelo, el empleo de barras acopladas y el tratamiento químico del terreno. [16]

#### **D. Varilla De Cobre**

No debe ser afectada por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instale bajo las condiciones reales de servicio y esté expuesta a la humedad. Debe tener rigidez y resistencia mecánica adecuadas

para permitir su instalación en el terreno sin rotura o deformaciones que afecten su servicio.

Para varillas con núcleo de acero, el revestimiento de cobre se depositará mediante electrólisis o fusión que asegure la perfecta adherencia del cobre sobre el núcleo de acero. [16]

Las longitudes de las varillas deben ser de 2.44 m. En caso de solicitarse fraccionada en tramos de 1.20 m, para propósito dual (como extensión o como terminal), su unión será por medio de un acople roscado en bronce. El roscado se efectuará después del cobrizado, por el procedimiento de laminado en frío sin arranque de viruta. La rosca no deberá tener ningún punto en que se haga visible el acero, la unión debe ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo del 80% de cobre y proveer una conexión eléctrica y mecánica entre los segmentos de las varillas. Para el hincado de la varilla fraccionada se colocará un tornillo roscado (perno de hincado) sobre el cual se golpea para el enterramiento.

Cuando se utilice unión mecánica el conector y su tornillo deben ser de cobre o aleación de cobre con un contenido mínimo de 80% de cobre y debe proveer una conexión eléctrica y mecánica entre la varilla de puesta a tierra y el conductor. [16]

## **E. Normas Y Especificaciones**

Las varillas deberán responder a las características indicadas en la Planilla de Datos Técnicos Garantizados.

Las soldaduras de unión entre la varilla y el cable de puesta a tierra serán del tipo exotérmica a base de óxido de cobre y aluminio, para las varillas indicadas en esta especificación. [16]

### **2.5.5. Requisitos Básicos**

Deberán soportar los esfuerzos mecánicos provenientes del hincado durante su instalación; las condiciones térmicas y eléctricas derivadas de posibles cortocircuitos y sobretensiones, y conducir eficazmente a tierra las corrientes provocadas por los mencionados efectos.

### 2.5.6. Requisitos Geométricos

Las varillas tendrán sección transversal circular y sus extremos

TIPO	DIÁMETRO	LONGITUD
	(mm)	(mm)
Cobre	> ó = 12.7	2.440 ó 1.200
Acero con recubrimiento electro depositado en Cu	> ó = 14	2.440 ó 1.200

terminarán, el uno en forma de cono de 60 grados truncado y el otro, en forma plana biselada, como se indica en la tabla.

Las varillas seccionadas irán roscadas en ambos extremos para propósito dual. Las varillas se identifican por el diámetro nominal y longitud de las mismas, como se indica en la Tabla

El espesor mínimo de recubrimiento de cobre será de 0.25 mm, para las varillas con núcleo de acero.

TABLA 18. Dimensiones de las varillas.

- El diámetro de la varilla se medirá sobre la capa de cobre, admitiéndose una tolerancia de + 0.4 y –0.0 mm.
- La tolerancia para la longitud de la varilla es de -5 mm , +10 mm.
- El acople roscado para las varillas seccionadas será cilíndrico y biselado en sus extremos con una longitud de 70 mm.
- El perno utilizado para recibir los golpes durante el enterramiento será de acero grado 5 (ICONTEC 858) de cabeza hexagonal con una longitud de 38 mm (1- ½”) y 16 mm de diámetro.
- El diámetro del perno y del acople (para las varillas seccionadas) se designa por el diámetro nominal de la varilla sobre la cual va a utilizarse.
- El conector de tornillo está indicado en la figura. El rango de conexión será cable de cobre 12 AWG desnudo a alambre de cobre 8 AWG desnudo.

### **2.5.7. Requisitos Químicos**

El núcleo de las varillas recubiertas de cobre será de acero al carbono, cumpliendo como mínimo con los requisitos de la Norma ICONTEC 243 (Acero al carbono. Clasificación por composición química) así:

TABLA 19.Requisitos químicos

Fósforo	%	00.04
azufre	%	00.05
Manganeso	%	a 0,6 00.3
Silicio	%	00.1

Fuente: Erico. 2017. [www.erico.com /protección de instalaciones eléctricas/pag 8](http://www.erico.com/protección%20de%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas/pag%208)

Las aleaciones de cobre para las varillas recubiertas deberán cumplir como mínimo con la composición de la Tabla 20 así:

TABLA 20: Requisitos Químicos aleación de cobre

TIPO DE MATERIAL	ALEACIÓN DE COBRE
% Cobre	0.99 min
% Fósforo	0.035 a 0.06

Fuente : **Erico. 2017.** [www.erico.com /protección de instalaciones eléctricas/pag 8](http://www.erico.com/protección%20de%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas/pag%208)

NOTA: Valores máximos permitidos (cuando no se da el rango).

### 2.5.8. Prueba Básico De Resistividad Del Terreno Del Hospital

El método de Werner de cuatro electrodos es el más común de las técnicas utilizadas.

Se instalan cuatro electrodos a lo largo de una línea recta, separados por distancias iguales A, hincados a una profundidad B. Se mide la tensión entre los electrodos interiores (de potencial), inyectando corriente entre los dos electrodos exteriores (de corriente) ver anexo 4 resultado de las mediciones que se realizó con el telurómetro que nos servirá para los cálculos matemáticos que se realizara. La resistividad es entonces de acuerdo a la siguiente formula:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{(A^2 + 4B^2)^{1/2}} - \frac{2A}{(4A^2 + 4B^2)^{1/2}}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 14)}$$

Dónde:

$\rho$  : Resistividad del suelo ( $\Omega.m$ )

R: Resistencia en ohms resultante de la división de la tensión entre los electrodos de potencial por la corriente en amperes fluyendo

A: distancia entre electrodos adyacentes (m)

B. Profundidad de los electrodos en (m).

Si B es pequeña comparada con A, ( $B < 20 A$ ) como en el caso más común, la ecuación anterior se reduce a la más conocida. [31]

$$\rho = 2 \pi A R \dots \dots \dots \text{(Ecuación 15)}$$

Dónde:

$\rho$  : Resistividad del suelo ( $\Omega.m$ )

R: Resistencia en ohms resultante de la división de la tensión entre los electrodos de potencial por la corriente en amperes fluyendo

A: distancia entre electrodos adyacentes (m)

La corriente tiende a fluir cerca de la superficie, para separación pequeña entre electrodos, mientras que para separaciones mayores, la corriente penetra los suelos más profundos. Por tanto, es costumbre asumir (aunque no sea estrictamente cierto) que la resistividad medida, para una cierta separación A, representa la resistividad del suelo a la profundidad A. Entonces, la Ec. (I-1) puede usarse para determinar la resistividad aparente  $\rho$  a la profundidad A , resultados de acuerdo a la formula. [31]



$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{(A^2 + 4B^2)^{1/2}} - \frac{2A}{(4A^2 + 4B^2)^{1/2}}} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 16)}$$

Dónde:

$\rho$ : resistividad del suelo ( $\Omega \cdot m$ ),

R: Medición del telurómetro : (7.73 $\Omega \cdot m$ ), (9.41 $\Omega \cdot m$ ), (13.51 $\Omega \cdot m$ )

A: Serán: 1, 2 y 3 m respectivamente para calcular

B: Profundidad de los electrodos 15 cm.

$$\rho = \frac{4 \times 3,1415 \times 1 \times 7,73}{1 + \frac{2 \times 1}{(1^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}} - \frac{2 \times 1}{(4 \times 1^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}}} = 50,41$$

$$\rho = \frac{4 \times 3,1415 \times 2 \times 9,41}{1 + \frac{2 \times 2}{(2^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}} - \frac{2 \times 2}{(4 \times 2^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}}} = 119,40$$

$$\rho = \frac{4 \times 3,1415 \times 3 \times 13,51}{1 + \frac{2 \times 3}{(3^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}} - \frac{2 \times 3}{(4 \times 3^2 + 4 \times 0,15^2)^{1/2}}} = 255,76$$

Tabla 21: Resultados obtenidos de la ecuación N° 16

MEDICIÓN	VALOR DE (R)	RESISTIVIDAD ( $\rho$ )
1 metro	7.73 $\Omega$	50.41 $\Omega \cdot m$

2 metros	9.41 Ω	119.40 Ω -m
3 metros	13.51 Ω	255.76 Ω -m
Valor promedio		141.87 Ω -m

Fuente: Elaboración propia.

### Resolviendo la ecuación N° 17 Resistividad promedio

$$\rho = 2 \pi A R \dots\dots\dots \text{(Ecuación 17)}$$

En donde:

$\rho$  : resistividad promedio del suelo a la profundidad ohm– m,

$\pi$  : constante 3.1416

A : distancia entre los electrodos 15 cm

R : Medición del telurómetro : (7.73Ω.m), (9.41Ω.m), (13.51Ω.m)

Hallando la resistividad del terreno.

$$\rho = 2 \times 3,1415 \times 1 \times 7,73 = 48.57 \Omega -m$$

$$\rho = 2 \times 3,1415 \times 2 \times 9,41 = 118.25 \Omega -m$$

$$\rho = 2 \times 3,1415 \times 3 \times 13,51 = 254.65 \Omega -m$$

Tabla 22 Resultados obtenidos de la ecuación N° 17

MEDICIÓN	VALOR DE (R)	RESISTIVIDAD ( $\rho$ )
----------	--------------	-------------------------

1 metro	7,73 Ω	48,57 Ω -m
2 metros	9,41 Ω	118,25 Ω -m
3 metros	13,51 Ω	254,65 Ω -m
Valor promedio		140,49 Ω -m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Comparación entre ecuaciones.

Comparación entre las dos ecuaciones	
Ecuación N° 16	141.87 Ω -m
Ecuación N° 17	140.49 Ω -m
Valor promedio	141.18 Ω -m

Fuente: Elaboración propia

**Conclusión:** La resistividad del terreno varía entre un Ohm, entre las dos ecuaciones, se puede tomar cualquiera de las ecuaciones como referencia.

### 2.5.9. Cálculo De Resistencia Del Electrodo

La resistencia de puesta a tierra de un electrodo vertical es igual a:

$$R_e = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l_1} \ln\left(\frac{2 \times l_1}{a}\right) \dots\dots\dots(\text{ecuación 18})$$

Dónde:

$\rho$  : Resistividad del suelo, en ohm - m

$l_1$ : 2.40 m, longitud del electrodo

$\alpha$ : 0.01588 m, radio del electrodo

$R_e$ : resistencia del electrodo

Reemplazando, obtenemos la resistencia de puesta a tierra con un electrodo vertical. [14]

$$R_e = \frac{140.49}{2 \times 3.1415 \times 2.4} \ln \left( \frac{2 \times 2.4}{20.079} \right) = 38.21$$

TABLA 24: Datos técnicos de la varilla

Longitud del electrodo L (m)	Resistencia $R_L$ (ohm)
2.40 metros	$\rho=(38.21)$
Diámetro del electrodo L (m)	0.01588

Fuente: Elaboración propia

### 2.5.10. Elección Del Electrodo

Para la elección de un electrodo que va ser utilizado en sistema de puesta a tierra, es muy importante conocer sus propiedades, sus características, vida útil del material, resistencia a la corrosión y costo. En la tabla se muestra las propiedades eléctricas de los conductores.

Tabla 25: Datos técnicos de conductividad de materiales

Elementos o Materiales	Conductividad $\Omega$ - cm	Resistividad $\Omega$
Plata	0.63050	0.01640
Cobre	0.59580	0.01720
Oro	0.44640	0.02300
Aluminio	0.37670	0.02780
Latón	0.17890	0.05900

Fuente: <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT>

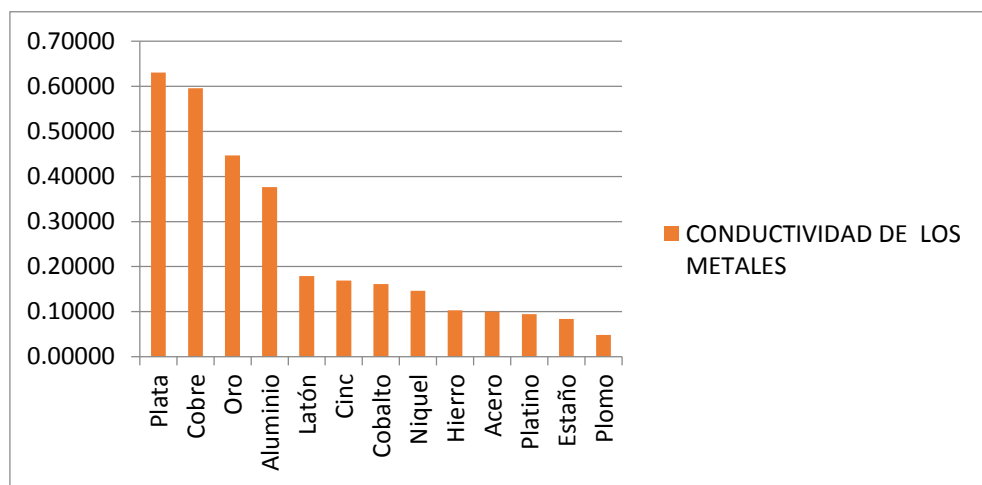


Figura 28: Conductividad de los metales cm-Ω.

Fuente: <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT>

En el cuadro que se muestra se ve que los materiales de conductividad como plata y cobre tienen menor resistencia en ohmios en comparación de los otros materiales. Estos valores son muy importantes para la elección y construcción de los conductores, electrodos que se utilizaran para una puesta a tierra. [14]

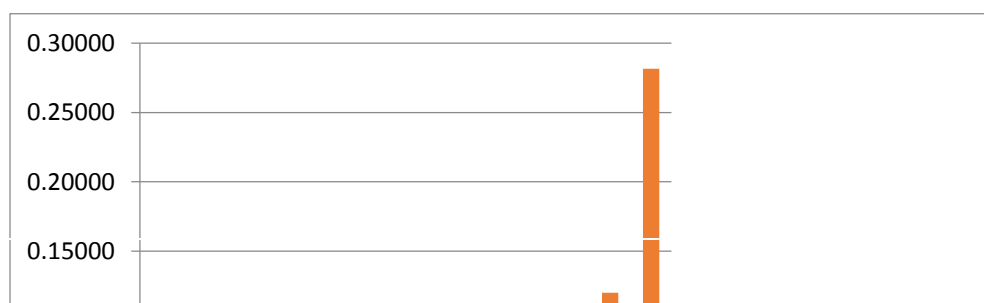


Figura 29: Resistividad de los metales cm-Ω.

Fuente: <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT>

En una construcción, adecuación y/o mantenimiento de una puesta a tierra el material utilizado es el cobre, por esta razón se utiliza un electrodo que es fabricado en alta pureza, estos materiales son aleados con otros por consiguiente el resultado ha sido óptimo, para lo cual en el mercado se consiguen dos tipos de electrodos para SPAT.

Electrodo de cobre puro

Electrodo recubierto de cobre y acero en su interior.

#### **A. Propiedades Típicas Del Cobre**

- Resistividad eléctrica (recocido)
- Coeficiente de temperatura de resistencia (recocido)
- Conductividad térmica
- Coeficiente de expansión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la tracción
- 0.2% presión de prueba (recocido)
- 0.2% presión de prueba (semi-endurecido).

- Módulo de elasticidad
- Calor específico
- Densidad g/cm<sup>3</sup>
- Punto de fusión
- Esfuerzo de fatiga (recocido)
- Esfuerzo de fatiga (semi-endurecido)

## **B. Ventajas Del Cobre**

Sus ventajas por su alta conductividad son ideales para la aplicación de sistemas de puesta a tierra.

Por su construcción permite su enfriamiento y/o disipación de calor.

Resistencia a la corrosión.

Por su flexibilidad y no se rompe, no se cuartea es utilizado en cualquier instalación.

## **C. Electrodo De Acero Recubierto De Cobre ( Copperweld)**

El electrodo de puesta a tierra está constituido por una varilla de acero revestida de una capa de cobre, fabricado con materiales que garanticen un buen comportamiento eléctrico, mecánico y resistencia a la corrosión, consta de las siguientes características:

La capa de cobre se depositará sobre el acero mediante cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Por fusión del cobre sobre el acero (Copperweld)
- Por proceso electrolítico
- Por proceso de extrusión revistiendo a presión la varilla de acero con tubo de cobre

- El diámetro del electrodo de puesta a tierra se medirá sobre la capa de cobre y se admitirá una tolerancia de + 0.2 mm y – 0.1 mm.

### 2.5.11. Tiempo De Vida Útil De Los Electrodo Y Costo

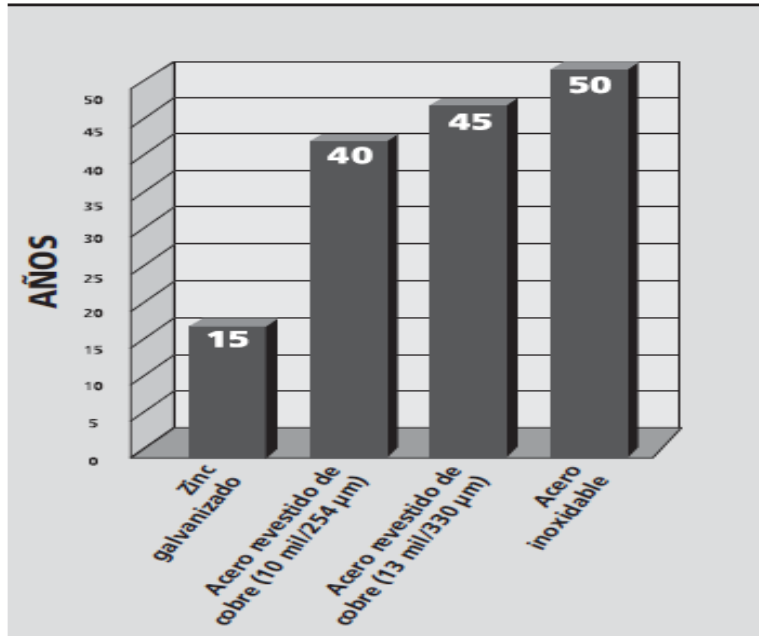


Figura 30: Esperanza de vida de electrodos a tierra.

Fuente: <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT>

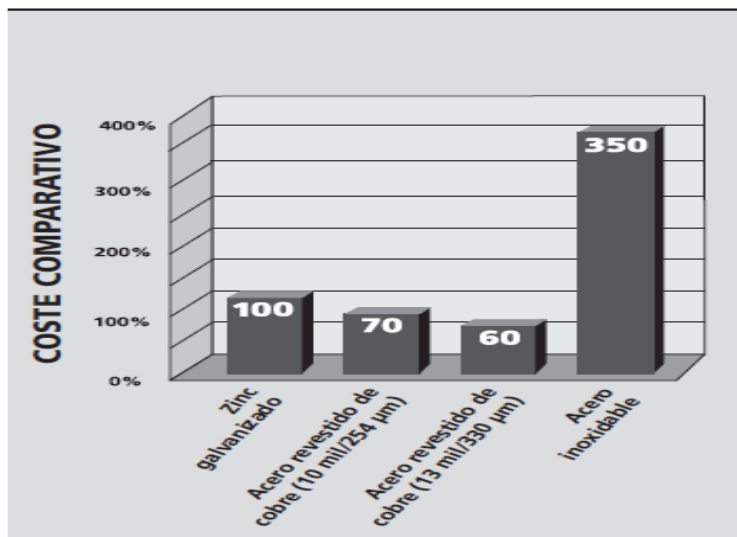


Figura 31: Costo anual de electrodos a tierra.

Fuente: <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT>



### 2.5.12. Tratamiento Químico Del Suelo

El tratamiento químico del suelo fue utilizando tierra de cultivo, bentonita, Thorgel, cemento conductor, varilla revestido de cobre (Copperweld), cobre desnudo, Agua, pisón de 15 kilogramos. Estos materiales son muy importantes para ser utilizados en una confección de una puesta a tierra de baja resistencia, según la empresa Philips nos recomienda que sea el valor menor y/o igual a  $2 \Omega$  y debe ser exclusivo para el equipo.

### 2.5.13. Materiales Utilizados

- a. **TUBO PVC-SAP DE 20mm Ø X 1.00 mt** , para protección del conductor que va directamente a la varilla y conecta a tablero general.
- b. **CAJA DE REGISTRO DE C. A. V. CON TAPA**, es de concreto, es utilizado para la protección de la puesta a tierra, lleva la simbología de aviso que indica que existe una puesta a tierra.
- c. **CONECTORES DE COBRE TIPO AB PARA 35mm<sup>2</sup>**, especial para puestas a tierra por su alta conductividad como material, no se corroe, es de presión.
- d. **VARILLA DE COBRE**, El electrodo de puesta a tierra estará constituido por una varilla de acero revestida de una capa de cobre; será fabricado con materiales y aplicando métodos que garanticen un buen comportamiento eléctrico, mecánico y resistencia a la corrosión.
- e. **CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO 35mm<sup>2</sup>, BLANDO**, para realizar el espiral al momento de enterrar la varilla de cobre, estos van juntos.

- f. **TUBO PVC-SAP DE Ø 4" =100mm X 1.00 mt.** Se utilizara para que el cemento conductivo quede pegado a la varilla de cobre.
- g. **TIERRA DE CULTIVO** por ser tierra de bajo de resistencia, normalmente es un material de relleno apropiado para rodear el electrodo enterrado.
- h. **BENTONITA.** Es una arcilla color pardo, de formación natural, que es levemente acida, con un pH de 10,5. Puede absorber casi cinco veces su peso de agua y de este modo, expandirse hasta treinta veces su volumen seco.
- i. **Nombre químico es montmorillonita sódica.** En terreno, puede absorber humedad del suelo circundante y ésta es la principal razón para usarla, ya que esta propiedad ayuda a estabilizar la impedancia del electrodo a lo largo del año. Tiene baja resistividad aproximadamente 5 ohm - metro y no es corrosiva.
- j. **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.
- k. **CEMENTO CONDUCTIVO** La mezcla que constituye el Conducrete® 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 Conducrete® absorbe rápidamente altas cantidades de energía eléctrica evitando un aumento en el potencial.

#### **2.5.14. Confección De La Puesta A Tierra**

LUGAR: HRDCQ-DAC-HYO

SERVICIO : Unidad de Diagnóstico por Imágenes

EQUIPO : Resonancia Magnética (RM)

RESISTENCIA :  $2\Omega$  (exclusivo para el equipo)

### A. Resistividad Del Terreno

Se utilizó el instrumento llamado telurómetro para la medición de la resistencia del terreno, cuyo valor promedio es 140,49 ohm- m de resistividad, en un área de tierra de fangos, turbas.

Tabla 26: Resistividad del terreno

Tipo de terreno	$\rho$ (Ohm-metro)
terrenos vegetales húmedos	10 - 50
arcillas, gredas, limos	20 - 60
arenas arcillosas	80 - 120
<b>fangos, turbas</b>	<b>150 - 300</b>
arenas	250 - 500
suelos pedregosos	300 - 400
rocas	1000 - 10,000
concreto húmedo	100 - 240
concreto seco	10,000 – 50,000

Fuente: **CHIRIBOGA GUARAS, Raúl Alejandro. 2008**

Para la elaboración de la puesta a tierra se efectuó la excavación de un pozo (de 1 metro de ancho por 3 metros de profundidad). Ver anexo

El área del terreno donde se realizó la puesta tierra, es el siguiente:

Datos:

Radio = 0.5 metros

Profundidad = 3 metros

Área total SPAT = 2.3561 m<sup>3</sup>

### Fórmula del volumen

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad \text{----- (Ecuación 19)}$$

$$V = 3.1415 \times (0.50 \text{ m})^2 \times 0.30 \text{ m} = 2.3561 \text{ m}^3$$

### B. Varilla De Cobre Y Conductor Desnudo

Debemos de recordar que la varilla a utilizar es el siguiente:

$$Re = \frac{140.49}{2 \times 3.1415 \times 2.4} \ln \left( \frac{2 \times 2.4}{20.079} \right) = 38.21$$

Antes de colocar la varilla de cobre, el espiral de cobre 35mm desnudo, debe de estar sujeto a la varilla a un espacio de 10 cm del inicio de la varilla con el conector de cobre, y al otro extremo de la varilla debe de estar sujeto al conector de cobre (parte final de la varilla)

Antes de colocar la varilla de cobre, primero se debe de rellenar con tierra de cultivo 30 centímetros, luego compararlo con un pisón de 15 Kilogramos de peso.

Hallando el volumen de tierra de cultivo que se va utilizar:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3.1415 \times (0.50 \text{ m})^2 \times 0.30 \text{ m} = 2.3561 \text{ m}^3$$

Se estabiliza la varilla de cobre y el cable desnudo de 35mm por 4 metros en forma de espiral, de acuerdo a la figura.

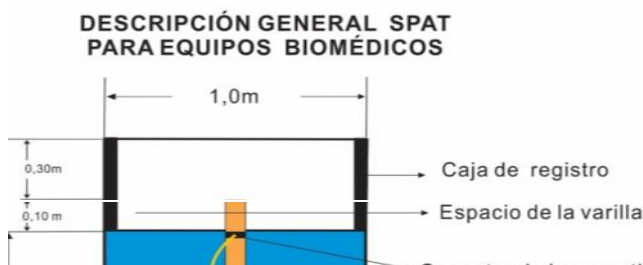


Figura 32: Sistema de puesta a tierra nuevo criterio

Fuente: Elaboración propia

### C. Área Del Cemento Conductivo

Se utiliza un tubo de PVC de 4 pulgadas que es igual a 10,6 cm por 90 cm de alto, como molde para rellenar el cemento conductivo, realizando una proporción de un volumen de:

Volumen del cemento conductivo:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3.1415 \times (0.053 \text{ m})^2 \times 0.90 \text{ m} = 7,9429 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Esta proporción se rellenara desde la parte inicial donde la varilla será colocada, con la ayuda del PVC de 4" por 0,90 cm de acuerdo al molde del tubo.

El fabricante nos indica que para mezclar esa cantidad debe de añadirse 1 galón de agua, para que tome consistencia, dejando

secarse por un periodo de 20 minutos, sacar el molde que es el tubo de PVC.

#### **D. Tierra De Cultivo Y Bentonita**

Para un área de 2,30 metros por un radio de 50 centímetros utilizaremos la formula siguiente:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3.1415 \times (0.50 \text{ m})^2 \times 2.30 \text{ m} = 1.8063 \text{ m}^3$$

Rellenar este espacio con tierra de cultivo mezclado con bentonita.

A un 1 metro de altura de relleno (Bentonita- tierra de cultivo), de compacta con un pisón de 15 kilogramos por toda la área.

Luego se vierte la dosis de THORGEL: disolver la bolsa azul en 20 litros de agua y echar al pozo de la tierra compactada (Bentonita – tierra de cultivo), luego disolver la bolsa crema en 20 litros de agua, echar sobre el pozo de la tierra compactada (Bentonita – tierra de cultivo), la reacción de estos componentes forman el Hexacianoferrato de cobre.

El espacio que queda es de un 1.30 metros de altura, se rellena con Bentonita – tierra de cultivo, se recuerda que se debe de dejar 10 cm de la varilla de cobre, luego compactar con el pisón de 15 kilogramos toda el área e pozo, hasta que quede estable el terreno. Al término, se vierte otra dosis de THORGEL: disolver la bolsa azul en 20 litros de agua y vierta en pozo, esperar que todo sea consumido. Luego disolver la bolsa crema en 20 litros de agua, vierta sobre el pozo, esperar que este componente sea consumido por la bentonita y tierra de cultivo.

a. El volumen: Bentonita y tierra de cultivo es:

$$V = 3.1415 \times (0.50 \text{ m})^2 \times 2.30 \text{ m} = 1.8063 \text{ m}^3$$

- b. El volumen del cemento conductivo es:

$$V = 3.1415 \times (0.053 \text{ m})^2 \times 0.90 \text{ m} = 7,9429 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

- c. El volumen del pozo de: 2.30m x 0.50 radio es:

$$VBT = 1.8063 \text{ m}^3 - 7.9429 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 1.7984 \text{ m}^3$$

Se deja un espacio de 10 cm de la varilla para la conexión del conductor que va al tablero que es utilizado por la resonancia magnética.

#### **E. Culminación Del SPAT**

Compactar el terreno (Bentonita – tierra de cultivo), luego colocar la caja de registro.

#### **F. Medición SPAT**

- a. Primera medición: a 24 horas, se registra medición. Anexo 1
- b. Segunda medición: dos días, se registra medición. Anexo 2
- c. Tercera medición: cuatro días, se registra medición. Anexo 3

Como resultado de las secuencias de las mediciones de los días establecidos, se ve que gradualmente la resistividad del SPAT está bajando. En la última medición realizada recién se hace las conexiones al tablero que utilizará el equipo de resonancia Magnética.

### **2.5.15. Resultados Obtenidos**

El los resultados que se obtuvo en la confección de la puesta a tierra para el equipo de de Resonancia Magnética de la unidad de Diagnóstico por imágenes es el siguiente:

Tabla 27: Resultados de mediciones de la puesta a tierra.

1° Medición	2° Medición	3° Medición	Observaciones
6.51 $\Omega$	1.56 $\Omega$	1.17 $\Omega$	Confección de puesta a tierra exclusivo para equipo de Resonancia Magnética.
28-mar-16	30-mar-16	04-abr-16	

Fuente: Elaboración propia anexo

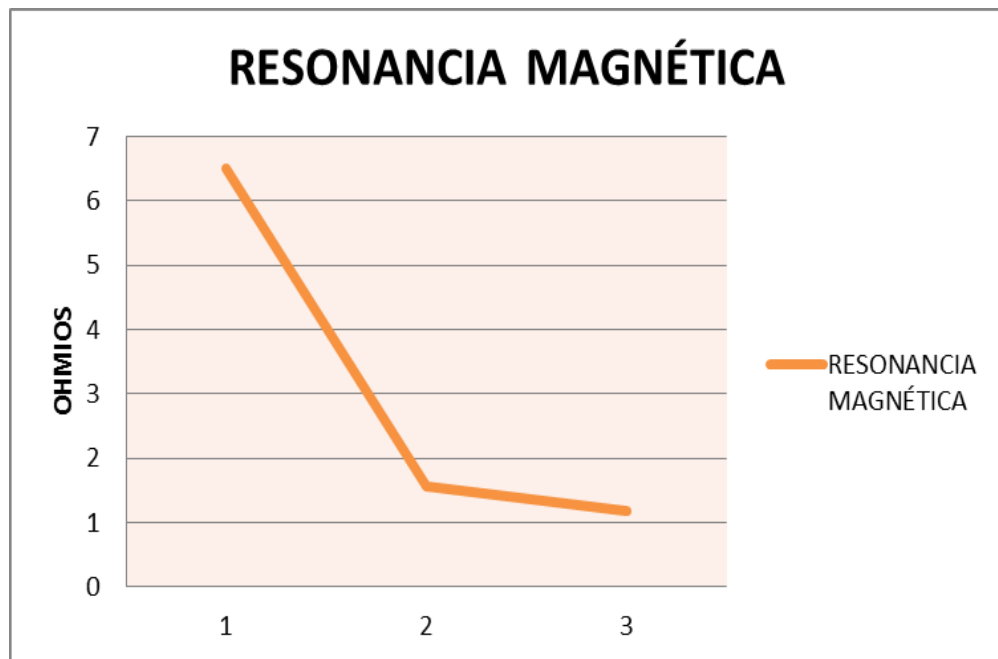


Figura 33: Resultado de la puesta a tierra con el nuevo diseño.

Fuente: Elaboración propia

## 2.5.16. Cuadro De Protocolo De Prueba SPAT



Tabla 28: Protocolo de pruebas



**PROTOKOLO DE PRUEBA DE PUESTA A TIERRA**

**APLICACIONES DE LA PUESTA A TIERRA**

MEDIA TENSION <input type="checkbox"/>	BAJA TENSION <input type="checkbox"/>	EQUIPO MEDICO <input checked="" type="checkbox"/>	COMUNICACIONES <input type="checkbox"/>
---	--	--	--

**TIPO DE PUESTA A TIERRA**

CONVENCIONAL <input checked="" type="checkbox"/>	MALLA <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>
---	-----------------------------------	----------------------------------

**TIPO DE ELECTRODO**

VARILLA DE COBRE <input type="checkbox"/>	VARILLA COOPERWELD <input checked="" type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>	DIMENSION 18.5mmØ X 2.4mm
--	---	----------------------------------	------------------------------

**DISTANCIA ENTRE ELECTRODOS TELERUMETRO (para medición de puesta a tierra)**

PUESTA A TIERRA Y ELECTRODO 5 metros	ENTRE ELECTRODO 1 Y ELECTRODO 2 5 metros
---	---

**TIPOS DE SALES**

BENTONITA <input checked="" type="checkbox"/>	THORGEL <input checked="" type="checkbox"/>	CEMENTO CONDUCTIVO <input checked="" type="checkbox"/>	TIERRA DE CULTIVO <input checked="" type="checkbox"/>
--	--	---	--

**TELUROMETRO CARACTERISTICAS TECNICAS**

ANALOGO <input type="checkbox"/>	DIGITAL <input checked="" type="checkbox"/>	MARCA TESTECH
		MODELO KT-480D

**LECTURA OBTENIDA POR EL TELUROMETRO (Ω)**

	1 ra Medición	2 da medición	3ra medición	observaciones
PUESTA A TIERRA EQUIPO DE RESONANCIA MAGNETICA	6,51 Ω 28 mar 2016	1,56 Ω 30 mar 2016	1,17 Ω 4 abril 2016	confección de puesta a tierra exclusivo para equipo de Resonancia Magnetica

Fuente: Elaboración propia

### **2.5.17. Inspección Y Mantenimiento De La Puesta A Tierra**

La verificación de SPAT se realiza de la siguiente manera:

a) A tres meses de su instalación

- Medición de la puesta a tierra
- Desconectar el conector AB
- Lijar el conector y la varilla
- Agregar el componente químico Thorgel una dosis
- Remover la tierra 50 centímetros de profundidad.
- Realizar nuevamente la medición de la puesta a tierra (llevar control) ver anexo
- Conectar el conector AB a la varilla conjuntamente con el conductor desnudo.

b) A seis meses de su instalación:

- Medición de la puesta a tierra
- Desconectar el conector AB
- Lijar el conector y la varilla
- Agregar el componente químico Thorgel una dosis
- Remover la tierra 50 centímetros de profundidad.
- Realizar nuevamente la medición de la puesta a tierra (llevar control) ver anexo
- Conectar el conector AB a la varilla conjuntamente con el conductor desnudo.

c) A 12 meses de su instalación

- Medición de la puesta a tierra
- Desconectar el conector AB

- Lijar el conector y la varilla
- Agregar el componente químico Thorgel una dosis
- Remover la tierra 50 centímetros de profundidad.
- Realizar nuevamente la medición de la puesta a tierra (llevar control) ver anexo
- Conectar el conector AB a la varilla conjuntamente con el conductor desnudo.

El mantenimiento preventivo se realizará cada seis meses (dos veces al año) por tratarse de un equipo sensible a las perturbaciones eléctricas, inyectando THORGEL de acuerdo a las dosis que se describe en la confección del SPAT.

#### 2.5.18. Características Técnicas Del Equipo De Resonancia Magnética

Tabla 29: Características del equipo Resonancia Magnética

Marca	Philips
Modelo	XR Achieva
Campo	1.5T, ampliable hasta 3T
Longitud del imán	157 cm
Longitud del túnel	60 cm
Peso	4 500 kg
Consumo de helio	Cero de evaporación
Alta linealidad gradientes quasar	max 40 mT / m, 120 tm / m / ms
Campo de visión	50 cm
Fuerza de diseño equilibrado	Proporcionar reducir las vibraciones y el ruido Acústico reducido.
Voltaje	380V o 240V, variación máxima de +/- 10%

Impedancia de línea	impedancia máxima no deberá de exceder de 0.2 ohmios para 380V, 440 V o 240V
Consumo de energía máximo	170 KVA (duración máxima 3 segundos)
La impedancia del pozo a tierra	2 ohmios, dedicado solo a la resonancia

Fuente: **Técnicos, Resonancia Magnética para. 2017**

Las exploraciones por Resonancia Magnética son mucho más complejas que cualquier otra técnica que se pueda realizar en un servicio de Diagnóstico por Imagen. Esta complejidad se debe a la utilización de aparatos muy sofisticados, con multitud de programas informáticos y de aplicaciones (Neuroimagen, Vascular, Espectroscopia, Difusión, Perfusión, Mama, Corazón etc). El contacto físico del Técnico con el paciente es menor que el que se produce en cualquier sala radiográfica porque todas las imágenes se obtienen programando, a distancia, desde la pantalla del monitor con un teclado y un ratón, el área anatómica que se va a explorar y la orientación de los cortes, según unas pautas estandarizadas que existen en cada unidad (protocolos de adquisición). [37]

#### **A. Componentes De Un Equipo De Resonancia Magnética**

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de equipos de RESONANACIA MAGNÉTICA y, aunque algunas de sus características dependerán del fabricante, la mayor parte de los componentes de software y hardware son comunes a todos ellos. [37]

Los componentes fundamentales de todo equipo de RMN son los siguientes:

- a. El imán: Es el responsable de la creación del campo magnético externo.
- b. Los gradientes magnéticos: Necesarios, entre otras funciones, para seleccionar el plano de estudio y codificar la señal recogida en la antena receptora.
- c. El sistema de radiofrecuencia: Comprende el conjunto de elementos indispensables para transmitir y recibir los pulsos de RF.
- d. El software para programar las secuencias.
- e. El software para procesar la señal y reconstruir la imagen.
- f. El monitor para observar las imágenes.
- g. El software para realizar el pos procesado de la imagen.

## **B. Modelo Del Equipo De Resonancia Magnética**

El software capaz de realizar cualquier prueba diagnóstica convencional y de alta tecnología.

El único 1.5T escalable a 3.0T MRI performance, actualizable a 3.0T.

La XR de Achieva es el 1.5T Equipado con la tecnología comprobada de la serie X, incluyendo un imán de 3T y degradados de alto

rendimiento, proporciona el estado - del arte de imágenes en 1.5T y todas las técnicas.

La XR de Achieva es el 1.5T aplicaciones avanzadas de alta resolución a velocidad máxima con un solo clic, podrá obtener un examen médico con un análisis y procesamiento eficaz.

La Resonancia Magnética, se basa en la capacidad de algunos núcleos para absorber ondas de radiofrecuencia cuando son sometidos al efecto de un campo magnético.

Dicha capacidad genera una señal que es detectada por un receptor y tratada en un ordenador para así producir imágenes. [37]

A diferencia de otros tipos de técnicas aplicadas para la obtención de imágenes como los son los rayos X y la Tomografía Computarizada (TC), la Resonancia Magnética permite cortes más finos, y en varios planos, ser más sensible para demostrar accidentes vasculares cerebrales, tumores y otras patologías. [37]

### **C. Problemas Por Impedancia Inadecuada Resonancia Magnética**

Las imágenes que vemos con la MIR (Imagen por Resonancia Magnética) se realizan mediante cortes según los 3 planos en que dividimos el cuerpo humano:

- a. Imagen del Círculo de Willis PMI de 3D
- b. Imagen en alta Resolución de la hipófisis
- c. Imagen total de la columna
- d. Imagen de Torso con un gran campo de visión
- e. Imagen de brazo junto con el cuerpo paciente
- f. Imagen de múltiples defectos del cartílago.
- g. Imagen de todo el cuerpo

- h. Imagen de torso
- i. Imagen de Angio sin contraste
- j. Imagen de Busto BLISS 1,0 x 1,0 x 1,5 mm
- k. Imagen de T2W EET 0,8 x 1,0 x 3,8 mm
- l. Imagen de Senos con prótesis de Silicón 1,2 x 1,6 x 3,5 mm
- m. Análisis de los flujos cuantitativos sobre el Área de trabajo extendido
- n. Imagen de Único tramo PDW una EET-Negro SA sangre vista usando SPIR
- o. Imagen de B-3D de todo corazón TFE
- p. Imagen de alta resolución en 3D de Entrada using
- q. Imagen de D de alta resolución de PCA
- r. Imagen de Angio con B-TRANCE arterias
- s. Imagen de renales sin Contraste.



Figura 34: Equipo de Resonancia Magnética PHILIPS.  
Fuente: **Philips. 2001.** [www.philips.com/healthcare](http://www.philips.com/healthcare)





## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO Y NIVEL**

##### **3.1.1. Tipo**

El tipo de investigación es de carácter aplicado, porque responde a un problema teórico o sustantivo y se orienta, a describir, explicar, predecir y recopilar información de la realidad, también hace referencia a la profundidad con la que se espera abordar el problema del conocimiento, para el caso de la presente investigación, se ha procurado realizar una investigación que tome en consideración conceptos previos acerca del tema de investigación, por lo cual se aplica este saber anterior. Sánchez y Reyes, (2000).

##### **3.1.2. Nivel**

El nivel de investigación es descriptivo- correlacional, esta tiene como precepto fundamental el poder encontrar el comportamiento de un fenómeno en función a la conducta de otros fenómenos, con lo cual se puede establecer que hay o no una relación intrínseca entre estas.

Se identifican variables que se desean relacionar y se aplica la técnica de análisis de correlación. Se busca el grado de relación existente entre dos o más variables de un objetivo de investigación o conceptos. No implica una relación causal entre ellos. Es decir, solo significa que dichos valores están relacionados, ya sea de forma positiva (se elevan o disminuyen juntos) o en forma negativa (cuando uno se eleva el otro disminuye). Una relación causal implica, necesariamente, que un evento sea consecuencia de otro que le anteceda y que, sin este, el último no se presentará.

Los estudios correlacionales miden cada variable para ver si existe o no relación entre ellas. Este tipo de estudios son cuantitativos e intentan

predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o fenómenos en una variable a partir del valor que tienen en la o las variables relacionadas.

Así la presente investigación se sujeta a este nivel pues hace referencia a una relación intrínseca entre la automatización de una maquinaria y el consumo de energía, la cual debe de ser probada mediante las formas explicadas en esta investigación basándose en el método científico. Sánchez y Reyes, (2000)

## **3.2. MÉTODO**

### **3.2.1. Método General**

Según, Solórzano, (2004), es el procedimiento riguroso de una manera lógica que el investigador debe seguir en la adquisición del conocimiento. En la investigación se utilizará el método científico, el cual se basa en la argumentación de un problema sobre el cual se establece un conjunto de información para luego plantear posibles respuestas, luego comprobando estas respuestas mediante el contraste. También se hace uso del método inductivo deductivo, el cual menciona que pasamos de lo general a lo particular y luego en viceversa, de lo particular a lo general.

Para el caso especial de la presente investigación, se hace uso del método científico en toda la investigación, puesto que primero se establece el problema de la investigación, para luego pasar a realizar una revisión completa que explica la situación del problema y partir del mismo se estructura una posible afirmación, la cual se pasará a contrastarse. Del mismo modo, la investigación de método inductivo deductivo en la presente se obtiene al realizar primero una explicación general de la situación problemática y de la teoría que esta inherente a esta, para luego profundizar hacia el caso especial visto por la investigación, luego se propone una solución particular, la cual puede

ser generalizada siguiendo ciertos criterios (generalmente significancia estadística). Sánchez y Reyes, (2000).

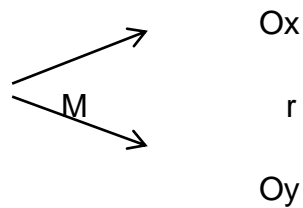
### **3.2.2. Método Específico**

Como método específico se eligió el método descriptivo, hipotético y estadístico porque consiste en analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos o fenómenos y sus variables que les caracterizan en su estado actual. Esta investigación fue primordialmente experimental en sus inicios, recopilar los datos obtenidos en las diferentes pruebas de trabajo, luego el diseño óptimo fue utilizado para la elaboración de la puesta a tierra para equipos de alta sensibilidad, llamado Biomédicos que estos requieren un valor menor a  $2 \Omega$  para un correcto funcionamiento del equipo.

Para Perea, (2006), sostiene que el método descriptivo intenta una observación sistemática, focaliza una realidad, identifica las dimensiones y sus factores internos. Así mismo, se sustenta en el cuidado y empleo de instrumentos y técnicas de gran fiabilidad y validez.

### **3.3. DISEÑO Y ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño utilizado fue el descriptivo correlacional, en la medida que los resultados obtenidos en la medición de las variables han sido tratados, para determinar el grado de relación que existe entre las variables estudiadas. Sánchez y Reyes, (1998) y Delgado, (2004). Es decir, se cuantifica cada variable probablemente relacionada y después se analiza la correlación que existe entre ambas variables de una misma muestra de estudio. En nuestro caso, criterios de puesta a tierra y equipos biomédicos; tales correlaciones se expresan en las hipótesis sometidas a prueba. Su representación gráfica es.



M, Muestra.

O, representa a las observaciones y/o mediciones realizadas.

X, representa la variable.

Y, representa a la variable.

r, representa la relación hipotética de las variables.

### 3.4. POBLACIÓN, MUESTRA Y TÉCNICA DE MUESTREO

#### 3.4.1. Población N= 5

En la siguiente investigación se desarrolló en:

Tabla 30: La población está definida por el HRDCQ-DAC-HYO

EMPRESA	ÁREA	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
HRDCQ-DAC-HYO	Servicios Generales y Mantenimiento	Equipos médicos de alta sensibilidad	Huancayo

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.4.2. Muestra

Para, la determinación del tamaño de la muestra se utilizó como fuente los equipos de alta sensibilidad como: Resonancia Magnética, Mamografía, Equipo de rayos X digital, Maquinas de anestesia, ventilador mecánico, la base de datos obtenidos de las mediciones de

la puesta a tierra en el periodo 2016 realizados en el HRDCQ-DAC-HYO I, antes y después de aplicar el nuevo diseño.

### **Tipo de muestreo**

Se realizó muestreo no probabilístico, debido que se trabajó con los datos obtenidos del equipo de Resonancia Magnética por su alto costo en su reparación, repuestos e insumos son elevados (Helio líquido y Helio gaseoso), el cuidado del magneto. Con todos los datos obtenidos en la medición de la puesta a tierra antes y después de aplicar el nuevo diseño de puesta a tierra para equipos médicos de alta sensibilidad.

## **3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE ACOPIO DE DATOS**

### **3.5.1. Técnicas De Análisis De Datos**

Para la recolección de datos de la variable independiente, se utilizó la Técnica Documental, que permitió la recopilación de evidencias para demostrar la hipótesis de investigación, que estuvo formado por documentos de diferentes tipos como: registro de datos, memorias información estadística, base de datos, etc. Ver anexo

Para la recolección de datos de las variables dependientes; para el caso de Equipos de alta sensibilidad se utilizara la técnica empírica, mediante la observación, además de la experimentación como principio de prueba para la parte demostrativa del proceso de protección.

### **3.5.2. Instrumentos**

Para la variable independiente y dependiente, se utilizó como instrumentos registros, formatos de registros de observaciones, hojas de registros, etc. El instrumento utilizado para la recolección de datos es un teluro metro marca METREL Power Q4. Mientras que para el

proceso de protección de los equipos de alta sensibilidad se hace uso de patrones de tabla según la norma.

### **3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS**

El proceso de prueba de hipótesis se detalla mediante el estadístico  $t$  – Student, el cual servirá para poder establecer la significancia de los procedimientos. Primero se procede a hacer una comparación entre los dos procesos, para lo cual se realizó un test de medias, con el cual se obtuvo el nivel de diferencia, el valor  $t$  calculado para la prueba y finalmente el nivel de significancia, llamado también  $p$  – valor de la prueba estadística.

En este sentido, los valores de  $t$  deben de ser superiores a los teóricos (2.04 en valor absoluto para un 5% de significancia). Una vez comprobado ello se puede ver de la misma manera, que el  $p$  – valor de la prueba debe ser inferior a 0.05 para que la prueba nos diga que la comparación en promedio de los dos procesos **NO SON IGUALES**, y por ende se asume que hay suficiente base estadística para poder afirmar lo contrario, que los procesos son diferentes, resultando en que la hipótesis planteada se contrasta.

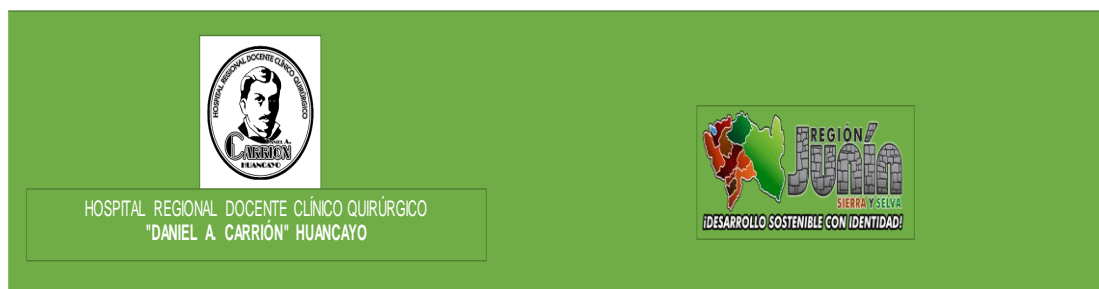
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

**Distribución porcentual de la muestra según costo de mantenimiento y confección, ver anexos 1, 2,3 (costos de mantenimiento de SPAT)**

Tabla 31: Costo de Mantenimiento de Puesta a tierra convencional por mantenimiento y confección.



<b>COSTO DE MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA CONVENCIONAL</b>												
EQUIPO		RESONANCIA MAGNETICA										
ATENCION		DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES										
MES		ene-16										
ITEM	FECHA	CRITERIO DE DISEÑO DE PUESTA CONVENCIONAL			NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD DE PUESTAS A TIERRA	COSTO POR PUESTA A TIERRA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL			OBSERVACIONES	GASTO POR MANTENIMIENTO
		Convencional	Malla	Otro				3 MESES	6 MESES	12 MESES		
1	01/01/2016	X			R. MAGNÉTICA	4 (Cuatro)	3600 Precio por un pozo			X	Mantenimiento y Confeccion de cuatros SPAT igual a 2 Ohmios	Incluido: Garantia por un año
2	02/01/2016	X			R. MAGNÉTICA					X		
3	03/01/2016	X			R. MAGNÉTICA					X		
4	04/01/2016	X			R. MAGNÉTICA					X		
5	05/01/2016	X			R. MAGNÉTICA					X		
6	06/01/2016	X			R. MAGNÉTICA					X		
<b>COSTO TOTAL</b>											<b>S/. 14,400.00</b>	

NOTA El equipo de Resonancia Magnética utiliza 4 puestas a tierra (para alcanzar el valor de 2 ohmios)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Costo de Mantenimiento de Puesta a tierra Aplicando el nuevo diseño por Mantenimiento y Confección

COSTO DE MANTENIMIENTO DE PUESTA A TIERRA NUEVO CRITERIO												
EQUIPO		RESONANCIA MAGNÉTICA										
ATENCIÓN		DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES										
MES		ene-16										
ITEM	FECHA	PUESTA A TIERRA CON EL CRITERIO DE DISEÑO			NOMBRE DEL EQUIPO	CANTIDAD DE PUESTAS A TIERRA	COSTO POR PUESTA A TIERRA	CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL			OBSERVACIONES	GASTO POR MANTENIMIENTO
		Convencional	Malla	Otro				3 MESES	6 MESES	12 MESES		
1	01/02/2016	X			R. MAGNÉTICA	1	2500.00	X	X	X	Mantenimiento y Confeccion de un SPAT igual a 2 Ohmios	Incluido: Garantía por un año
2	02/02/2016	X			R. MAGNÉTICA			X	X	X		
3	03/02/2016	X			R. MAGNÉTICA			X	X	X		
4	04/02/2016	X			R. MAGNÉTICA			X	X	X		
5	05/02/2016	X			R. MAGNÉTICA			X	X	X		
6	06/02/2016	X			R. MAGNÉTICA			X	X	X		
<b>COSTO TOTAL</b>											<b>S/. 2,500.00</b>	

Fuente: Elaboración propia

TABLA 33: Distribución porcentual de la muestra según costos de mantenimiento

DESCRIPCIÓN	Costo de Mantenimiento S/.	%
<b>SPAT (04 pozos) convencional</b>	S/ 14,400	85.21
<b>SPAT (01 pozo) Nuevo Criterio</b>	S/ 2,500	14.79

Fuente: Elaboración propia

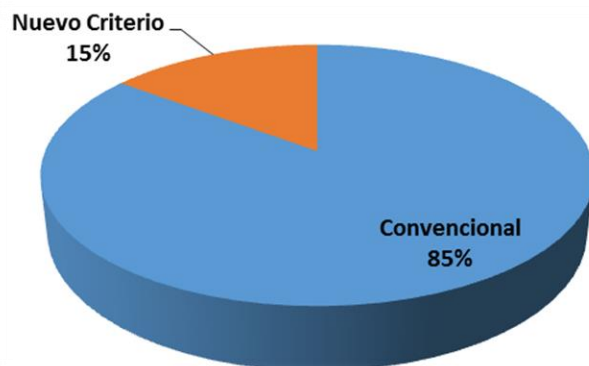


Figura 35: Distribución porcentual de la muestra según costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 33, se observa que 85.21 % ( S/. 14,400) representa el costo de mantenimiento de cuatro unidades de puesta a tierra convencional, mientras que 14.79% (S/. 2,500) representa el costo de mantenimiento de una puesta a tierra con el nuevo criterio de sistema de puesta a tierra, para equipos biomédicos, por lo que podemos mencionar con la nueva propuesta el costo de mantenimiento es bajo.

### Distribución porcentual de la muestra, horas de funcionamiento del equipo

Tabla 34: Horas de servicio anual resonancia magnética

 									
HORAS DE SERVICIO ANUAL RESONANCIA MAGNÉTICA									
SERVICIO		DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES							
MES		ene-16							
ITEM	MES	TURNO		NOMBRE DEL EQUIPO	HORAS MES	PACIENTES ATENDIDOS	ATENCIÓN TURNO NOCHE	ATENCIÓN TURNO DÍA	TOTAL PACIENTES ATENDIDOS
		D	N						
1	ENERO	16	20	R. MAGNÉTICA	33.92	69	200.00	162.00	566
2	FEBRERO	12	23	R. MAGNÉTICA	33.92	70			
3	MARZO	10	16	R. MAGNÉTICA	33.92	55			
4	ABRIL	14	10	R. MAGNÉTICA	35.90	25			
5	MAYO	23	11	R. MAGNÉTICA	33.94	45			
6	JUNIO	16	23	R. MAGNÉTICA	33.00	2			
7	JULIO	10	16	R. MAGNÉTICA	33.96	62			
8	AGOSTO	11	10	R. MAGNÉTICA	40.90	74			
9	SEPTIEMBRE	10	11	R. MAGNÉTICA	38.90	56			
10	OCTUBRE	16	20	R. MAGNÉTICA	45.90	45			
11	NOVIEMBRE	8	20	R. MAGNÉTICA	30.00	42			
12	DICIEMBRE	16	20	R. MAGNÉTICA	36.50	21			
		162	200		430.76	566			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Distribución porcentual de la muestra, tiempo de funcionamiento del equipo

Meses	Horas de servicio	%
0 a 3 meses	101.76	23.62
3 a 6 meses	102.84	23.87
7 a 9 meses	113.76	26.41
10 a 12 meses	112.40	26.10

Fuente: Elaboración propia

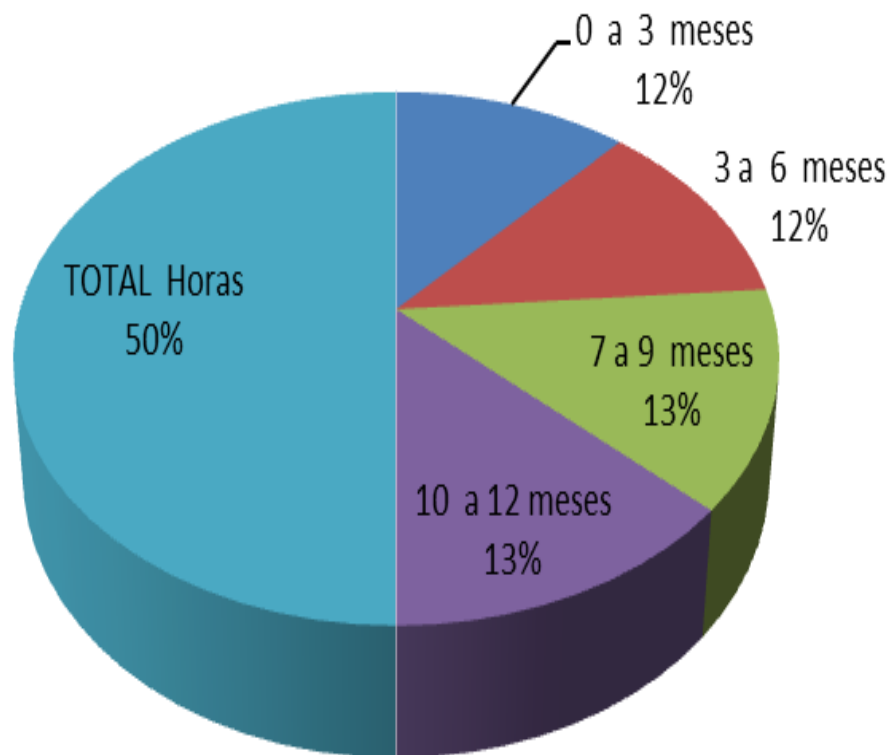


Figura 36: Distribución porcentual de la muestra, tiempo de funcionamiento del equipo  
 Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35, se observa que, el tiempo de servicio de funcionamiento del equipo se encuentra distribuido de la manera siguiente 23.62% (101.76 h) horas de funcionamiento; 23.87% (102.84 h) horas de funcionamiento, el 26.41 % (113.76 h) es el incremento de trabajo del equipos, 26.10 % (112.40 h) horas de funcionamiento del equipo. Mientras que el mayor porcentaje de funcionamiento es el 26.42 % (113.76 h), del resonador magnético. El equipo por su grado de trabajo y diagnostico debe de tener en operatividad SPTA estable menor a 2 Ohmios.

**Distribución porcentual de la muestra, atención al paciente por turno**

Tabla 36: Horas de servicio mensual de atención al Paciente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Distribución porcentual de la muestra, atención al paciente por turno.

MESES	N° de atenciones	%
0 a 3 meses	97	26.80
4 a 6 meses	97	26.80
7 a 9 meses	68	18.78
10 a 12 meses	100	27.62
<b>TOTAL</b>	<b>362</b>	

Fuente: Elaboración propia

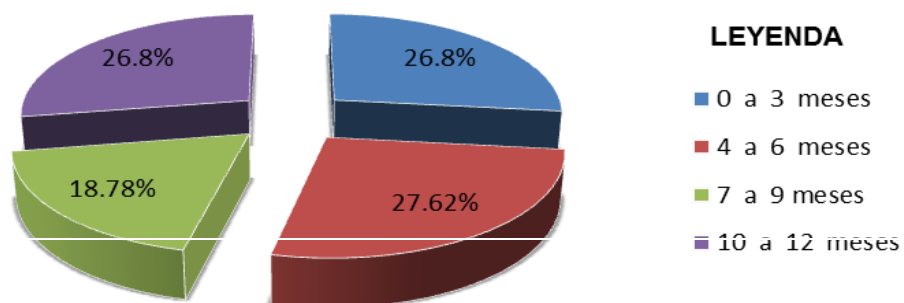


Figura 37: Distribución porcentual de la muestra, atención total de pacientes

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37, se observa que, los pacientes que son atendidos en el servicio de diagnóstico por imágenes se encuentran distribuidos de la manera siguiente: 26.80% (97 atenciones) 1er trimestre, 26.80% (97 atenciones); 2do trimestre; 18,78% (97 atenciones); 18,78% (68 atenciones) 3er trimestre y 22.62% (100 atenciones) al 4to trimestre, fueron atendidos sin restricción alguna, durante el año.

### Distribución porcentual de la muestra según atención por diagnóstico

Tabla 38: Servicios que se realizaron por especialidad




HOSPITAL REGIONAL DOCENTE CLÍNICO QUIRÚRGICO  
"DANIEL A. CARRIÓN" HUANCAYO

DESARROLLO SOSTENIBLE CON IDENTIDAD!

SERVICIO POR ESPECIALIDAD POR MES/ ANUAL														
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ITEM	NOMBRE DEL EQUIPO	TIPO DE DIAGNÓSTICO	MESES AL AÑO												TOTAL POR ESPECIALIDAD
			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	R. MAGNÉTICA	ANGIOGRÁFICO	11	5	9	40	2	4	11	5	1	5	5	6	104
2	R. MAGNÉTICA	ABDOMEN Y PELVIS	21	12	10	5	12	18	21	12	25	12	17	10	175
3	R. MAGNÉTICA	TORAX	9	9	9	42	9	9	9	9	9	9	9	9	141
4	R. MAGNÉTICA	EXAMENES ESPECIALES	2	5	2	2	2	2	2	2	2	12	5	3	41
5	R. MAGNÉTICA	CRANEO	2	2	2	2	2	25	2	2	2	2	2	2	47
6	R. MAGNÉTICA	COLUMNA VERTEBRAL	8	8	8	8	8	8	8	2	8	8	2	2	78
7	R. MAGNÉTICA	EXTREMIIDADES	15	2	45	15	15	15	15	15	15	15	15	15	197
TOTAL MES ATENCION			68	43	85	114	50	81	68	47	62	63	55	47	783

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Distribución porcentual de la muestra según atención por diagnóstico

DESCRIPCIÓN	N°	%
-------------	----	---

<b>Angiografía</b>	104	13.29
<b>Abdomen y Pelvis</b>	175	22.35
<b>Tórax</b>	141	18.00
<b>Exámenes especiales</b>	41	5.24
<b>Cráneo</b>	47	6.00
<b>Columna vertebral</b>	78	9.97
<b>Extremidades</b>	197	25.15
<b>Total</b>	<b>783</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia

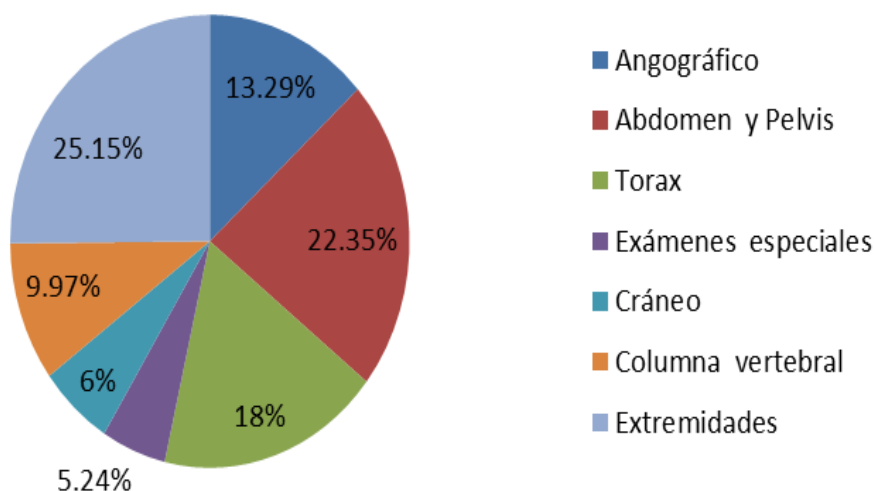


Figura 38: Distribución porcentual de la muestra según atención por diagnóstico

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 39, se observa que, de las atenciones por especialidad se encuentran distribuidos de la manera siguiente: 13.29% (104) especialidades como: craneal, cervical, torax cervical, periférica; un 22.35% (175) especialidades como: abdomen superior, abdomen completo, páncreas; un 18.00% (141) especialidades como: pulmones, pared torácica; un 5.24 % (41) especialidades como: colonoscopia virtual, endoscopia virtual, vías aéreas superiores; un 6.00 % (47) especialidades como: encéfalo, senos paranasales, silla turca- hipófisis macizo facial, base cráneo; un 9,97 % (78) especialidades como: cervical, dorsal, lumbro saca; un 25,15 % (197) especialidades como: hombro, brazo, codo, antebrazo, muñeca, mano, muslo, rodilla, pierna, tobillo,

pie. Son los servicios de las especialidades que la resonancia magnética realiza continuamente con los pacientes que son derivados al HRDCQ-DAC-HYO, que cada especialista puede diagnosticar y seguir el tratamiento oportuno al paciente.

## 4.2. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS DEL EQUIPO BIOMÉDICO

### 4.2.1. Dimensión Desperfectos Del Equipo Biomédico Resonancia Magnética

Tabla 40: Distribución de desperfectos del equipo biomédico

Equipo	Falla SPAT	%
RM	De 3.00 $\Omega$ a 3,80 $\Omega$	63.20%
RM	De 2.40 $\Omega$ a 3.00 $\Omega$	36.80%
RM	Menor 2.30 $\Omega$	0%

Fuente: Elaboración propia

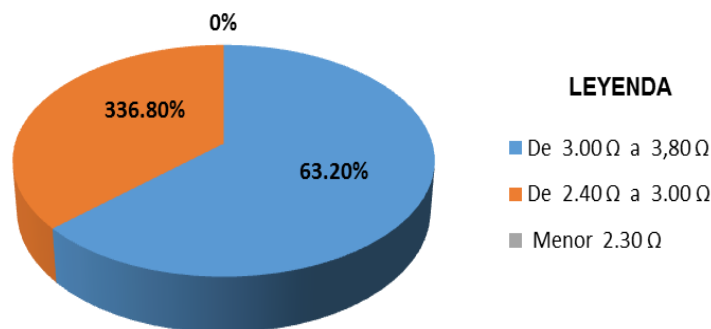


Figura 39: Distribución de desperfectos del equipo biomédico Resonancia Magnética

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 40 , se observa que, las fallas ocasionadas por el sistema de puesta a tierra de 3.8 $\Omega$  a 3.0 $\Omega$  un 63 % provoca desperfectos de distorsión como: “Imagen del Círculo de Willis PMI de 3D, Imagen en alta Resolución de la hipófisis, Imagen total de la columna, Imagen de Torso con un gran campo de visión, Imagen de brazo junto con el

cuerpo paciente, Imagen de múltiples defectos del cartílago, Imagen de todo el cuerpo, Imagen de torso, Imagen de Angio sin contraste, Imagen de Busto BLISS 1,0 x 1,0 x 1,5 mm, Imagen de T2W EET 0,8 x 1,0 x 3,8 mm” once fallas que se aprecian en el equipo, debiendo tener cuidado con el Helio líquido que se encuentra en un 50% , el magneto va descendiendo al 2% semanal.

De  $3\Omega$  a  $2.4\Omega$  un 33,33 % provoca desperfectos de: Imagen de Senos con prótesis de Silicón 1,2 x 1,6 x 3,5 mm, Análisis de los flujos cuantitativos sobre el Área de trabajo extendido, Imagen de Único tramo PDW una EET-Negro SA sangre vista usando SPIR, Imagen de B-3D de todo corazón TFE, Imagen de alta resolución en 3D de Entrada using, Imagen de D de alta resolución de PCA, Imagen de Angio con B-TRANCE arterias, Imagen de renales sin Contraste”, ocho fallas que se tiene con el equipo, en esta etapa se debe de controlar con el helio por estar en un 80% bajando semanalmente en el 1%.

Menor de  $2.3\Omega$ , un 0.0 % de fallas, el equipo está trabajando correctamente, los análisis y/o resultados son óptimos, para los diagnósticos y tratamientos. Debiendo de mantener valor de Ohmios de SPAT constante, realizando los mantenimientos cada tres meses. Ver anexo

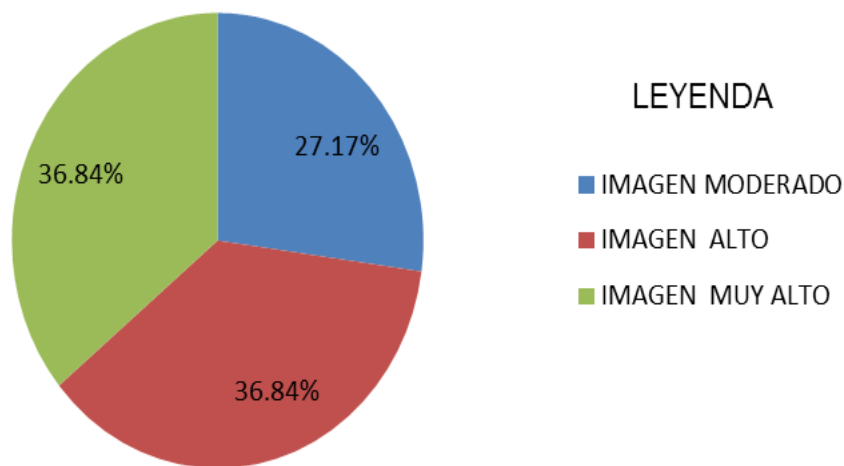
#### 4.2.2. Dimensión Del Equipo De Imagen Por Distorsión De Falla

Tabla 41: Distribución de imagen por distorsión de falla.

Descripción	N°	%
-------------	----	---

IMAGEN MODERADO	194	27.17
IMAGEN ALTO	263	36.84
IMAGEN MUY ALTO	257	35.99
TOTAL	714	

Fuente: Elaboración propia



Figuran 40: Distribución de distorsión de falla, diagnostico de uso del Equipo

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 41, se observa que, los resultados de los diagnósticos por imagen es el 27.17 % (194) de los pacientes el diagnóstico es muy distorsionado, mientras que un 36.84% (263) nivel medio de distorsión de imagen es malo y 35.99 % (257) el alto nivel de resultado de imagen es muy mala; los diagnósticos por imágenes debe ser de acuerdo al corte de precisión que realiza el equipo en una resonancia magnética, este resultado influirá para la determinación del tratamiento médico por diagnóstico.

#### 4.2.3. Dimensión Solución De Falla Del Equipo Por Puesta A Tierra

Tabla 42: Distribución solución de falla del equipo por puesta a tierra



Descripción	N°	%
<b>Menor a</b>	2.3 $\Omega$	35.94
<b>Menor a</b>	2.1 $\Omega$	32.81
<b>Menor a</b>	2.0 $\Omega$	0

Fuente: Elaboración propia

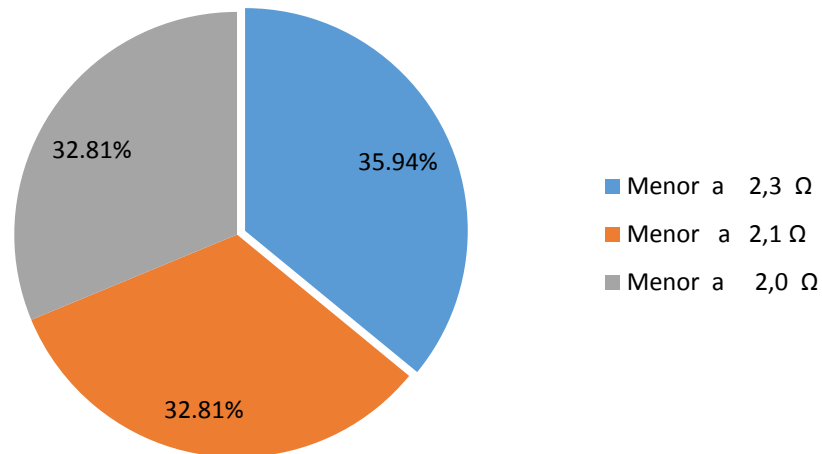


Figura 41: Distribución solución de falla del equipo por puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 42, se observa que, los resultados que se tiene por el tratamiento y elaboración de una puesta a tierra para equipos sensibles es de un 35.94 % menores a ( 2,3  $\Omega$ ) los desperfectos del equipo empiezan a disminuir, un 32.81 % menores (2.1  $\Omega$ ) el equipo pueda ser utilizado para un diagnóstico por imágenes, así mismo un 31.25 % menor (2  $\Omega$ ) el equipo de resonancia magnética empezara a trabajar sin las dificultades, sin provocar que el equipo presente fallas por sistema electrónico sensible a fallas de perturbación eléctrica. Ver anexo

#### 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS

#### 4.3.1. Hipótesis General

**Ho:** Los criterios de diseño de puesta a tierra no influyen positivamente en los equipos biomédicos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

**Hi:** Los criterios del nuevo diseño de puesta a tierra influye positivamente en los equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

Para la prueba de nuestra hipótesis general, se sometió a una prueba estadística denominada Coeficiente de correlación (“rs” de Spearman), con la finalidad de determinar la influencia de los criterios de puesta a tierra y los equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

La “rs” de Spearman, tiene como algoritmo:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \dots\dots\dots \text{(Ecuación 20)}$$

Dónde:

rs: Coeficiente de correlación entre las variables “X” e “Y”

d: Distancia existente entre los puestos que ocupan las puntuaciones correspondientes a un sujeto i cuando estas puntuaciones han sido ordenadas para “X” y para “Y”

n: Conjunto de n puntuaciones

Tabla 43: Coeficiente de Correlación

VARIABLES	Variable "Y"
	Equipos biomédicos (falla)
<b>Variable "X"</b>	$r_s = 0,724$
Criterios de diseño de puesta a tierra (horas de funcionamiento)	Nivel de Significancia = 95%

Fuente: Base de datos del Investigador – SPSS V22 –

### Interpretación:

En la tabla 43, se observa que al calcular el coeficiente de correlación que existe entre los criterios diseño de puesta a tierra y el rendimiento de equipos biomédicos en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, a través del estadígrafo "rs de Spearman" nos resulta 0,724 con un nivel de significancia de 95%.

Ahora bien, teniendo como referencia se tiene la siguiente equivalencia

Tabla 44: Valores referentes de correlación de Spearman entre dos variables

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
<b>No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09</b>
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
<b>Correlación positiva media: +0,50 a +0,74</b>
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99

Correlación positiva perfecta: +1

Fuente: Hernández y otros (2011:453)

En consecuencia como se obtuvo una “rs” de Spearman de 0.724, éste es considerado como correlación positiva fuerte. Ahora veamos la contratación de hipótesis general.

**A. Nivel de significancia o riesgo:**

$\alpha=0,05$ .

gl = 137

Valor crítico = 1,96

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

Valor crítico: son las fronteras donde se acepta las hipótesis



Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, no es alto.

**Hi:** Los costos de mantenimiento antes de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto.

Tabla 45: Distribución según costos de mantenimiento hipótesis específica 1

DESCRIPCION	COSTO TOTAL	%
<b>Costo de Puesta a tierra convencional</b>	S/. 14,400.00	85.21
<b>Costo de Puesta a tierra nuevo criterio</b>	S/. 2,500.00	14.79
<b>Total</b>		

Fuente: Elaboración propia

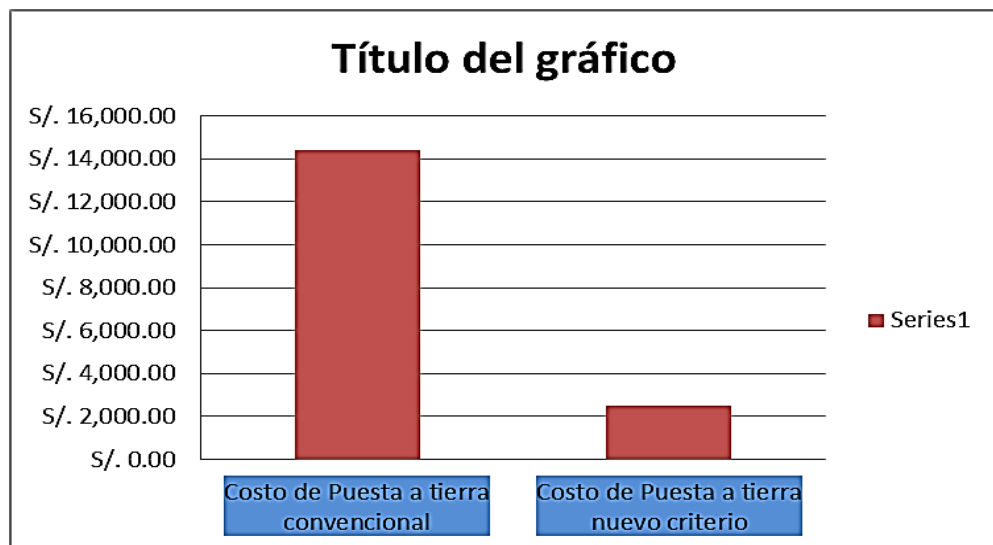


Figura 42: Distribución según costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 45, se observa que en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, respecto al costo de mantenimiento de la puesta a tierra, un 85.21 % (S/. 14,400), es el estimado de mantenimiento de puesta a tierra convencional que se requiere para que funcione el equipo, mientras que 14.79 % (S/. 2,500) representa el costo de mantenimiento con el nuevo criterio propuesto.

Respecto a la hipótesis, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis alterna ( $H_1$ ); la cual menciona que los costos de mantenimiento antes de establecer los criterios de diseño de puesta a tierra del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo son altos.

## B. Hipótesis Específica 2:

***H<sub>0</sub>***: Los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, no es bajo.

***H<sub>1</sub>***: Los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es bajo.

Tabla 46: Distribución según costos de mantenimiento hipótesis específica 2

DESCRIPCION	COSTO DE MANTENIMIENTO POR TRIMESTRE				OBS
	PRIMER TRIMESTRE	SEGUNDO TRIMESTRE	TERCER TRIMESTRE	CUARTO TRIMESTRE	
Costo de Puesta a tierra convencional	21.30%	21.30%	21.30%	21.30%	
	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	S/ 3,600.00	
Costo de Puesta a tierra nuevo criterio	3.70	3.70	3.70	3.70	
<b>Total</b>	<b>S/ 625.00</b>	<b>S/ 625.00</b>	<b>S/ 625.00</b>	<b>S/ 625.00</b>	

Fuente: Elaboración propia



En la Tabla 46, se observa que en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, respecto al costo de mantenimiento trimestral después de establecer los criterios de la puesta a tierra, un 21.30.01% (S/. 3, 600), es el estimado de la puesta a tierra convencional, que se gastará para dar el mantenimiento trimestral, mientras que 3.70% (S/. 625.00) representa los costos de mantenimiento trimestral que se gasta para el mantenimiento de la puesta a tierra nuevo criterio.

Respecto a la hipótesis, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y aceptamos la hipótesis alterna ( $H_1$ ); la cual menciona que los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta a tierra del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo son bajo.

### **C. Hipótesis Específica 3:**

***H<sub>0</sub>***: El nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, no es alto.

***H<sub>1</sub>***: El nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto.

Tabla 47: Distribución según nivel de resistividad de la puesta a tierra

DESCRIPCIÓN	Nivel de resistividad $\Omega$	%
Puesta a tierra convencional	8	87.24
Puesta a tierra nuevo criterio	1.17	12.76

Fuente: Elaboración propia



Figura 43: Distribución según nivel de resistividad de la puesta a tierra

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 47, respecto a la hipótesis planteada, se acepta la  $H_i$ ; es decir; que el nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto; observando que el 87.24 % ( $8\Omega$ ) representa la resistividad de la puesta a tierra convencional frente al 12.76 % ( $1.17\Omega$ ) de la puesta a tierra con el nuevo criterio para los equipos biomédicos de alta sensibilidad.

#### D. Hipótesis Específica 4:

**Ho:** El nivel de resistividad de la puesta a tierra con los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, no es bajo.

**Hi:** El nivel de resistividad de la puesta a tierra con los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es bajo

Tabla 48: Distribución según nivel de resistividad SPAT hipótesis específica 4

DESCRIPCIÓN	Nivel de resistividad $\Omega$	%
Puesta a tierra convencional	8	87.24
Puesta a tierra para equipos biomédicos	1.17	12.76
<b>Total</b>	9.17	

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 48, respecto a la hipótesis planteada, se acepta la Hi; es decir; que el nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto; observando que el 87.24 % (8 $\Omega$ ) representa la puesta a tierra convencional frente al 12.76 % (1.17 $\Omega$ ) de la puesta a tierra con los criterios para los equipos biomédicos.

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados estadísticos obtenidos permiten contrastar y validar la hipótesis de investigación planteada para el presente estudio. Estos constituyen una base tangible para afirmar, de modo categórico, criterios de diseño de puesta a tierra influyen positivamente en los equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.

De acuerdo al diseño metodológico tomado en cuenta se brinda también resultados en el plano descriptivo que es considerado como un estudio preliminar; así como en el análisis correlacional que constituyó, finalmente, el centro de interés para el abordaje y tomado como el estudio propiamente dicho.

A partir de un análisis descriptivo, el presente estudio reporta algunas características resaltantes tanto en la variable criterios de diseño de puesta a tierra en general con sus respectivas dimensiones: Sistema de puesta a tierra, Instalar una puesta a tierra, desplazamiento válido de una puesta a tierra, Conceptos de SPAT según Normas Nacionales e Internacionales, Movimiento de partículas eléctricas en terrenos, organización de suelos; así como respecto a la variable equipos de alta sensibilidad : Circulación de la corriente en el cuerpo humano, impedancia del cuerpo humano, resistencia del cuerpo humano y frecuencia de la corriente.

El estudio de los criterios de diseño de puesta a tierra y sus factores en las instituciones hospitalarias es trascendental pues conlleva a conocer su influencia en la mejora o continuidad respecto a la calidad del servicio brindado, así como la relación con los pacientes y trabajadores.

En su tesis QQUESHUAYLLO (36) destaca un sistema de protección dentro de una organización, para lograr la resistencia establecida entre 3-5 Ohmios SPAT, confecciona tres pozos en paralelo, logra obtener estos resultados óptimos que establece. Sin embargo no se menciona sobre los costos de cada sistema de protección que genera en: la confección, mantenimiento preventivo

y la garantía que prestan estos sistemas de protección. En la tesis que se presenta se logra una resistividad menor a 2 ohmios con un solo pozo SPAT, aplicando los materiales en proporciones por capas, logrando obtener resultados favorables como se demuestra en la parte de confección de puesta a tierra.

De ello se desprende que un buen criterio de diseño de puesta a tierra (resistividad del terreno menor a  $2\Omega$ ) ayuda a desarrollar mejores relaciones interpersonales máquina - hombre, hay también mayor protección, confiabilidad, rendimiento; en comparación a un criterio de diseño convencional (resistividad mayor a  $2\Omega$ ), donde se produce un conflicto organizacional, trayendo así: interrupciones, deterioro, baja consideración e interferencia y, por tanto, baja productividad.

En el presente estudio se obtuvo que el 85.21 % del costo de mantenimiento de cuatro puestas a tierra convencional se cobra al Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo cada año, incluido los gastos de mantenimiento, sin incluir las visitas trimestrales. Mientras que el 14.79 % representa el costo de mantenimiento de una sola puesta tierra con el nuevo criterio, incluido las visitas trimestrales y los mantenimientos preventivos. Con respecto a la dimensión de tiempo de funcionamiento del equipo; un 26.80 % opinan que funciona de 0-3 meses, mientras que 26.80 % lo consideran de 4-8 meses, un 18.78% refieren de 7 - 9 meses, en un 27.62% de funcionamiento es de 10 – 12 meses. Respecto a la dimensión atención al paciente por turno, se observa que las atenciones por especialidad es el siguiente: 13.29% (104) especialidades como: craneal, cervical, torax cervical, periférica; un 22.35% (175) especialidades como: abdomen superior, abdomen completo, páncreas; un 18.00% (141) especialidades como: pulmones, pared torácica; un 5.24 % (41) especialidades como: colonoscopia virtual, endoscopia virtual, vías aéreas superiores; un 6.00 % (47) especialidades como: encéfalo, senos paranasales, silla turca- hipófisis macizo facial, base cráneo; un 9,97 % (78) especialidades como: cervical,

dorsal, lumbro saca; un 25,15 % (197) especialidades como: hombro, brazo, codo, antebrazo, muñeca, mano, muslo, rodilla, pierna, tobillo, pie. El equipo por la sensibilidad que presenta para el diagnóstico de exámenes médico, el diseño de protección planteando hace que el equipo biomédico sea eficiente.

El presente estudio también consideró como objetivo de estudio el de describir la funcionalidad de los equipos biomédicos en el HRDCQ-DAC-HYO. Así, para el caso de los equipos de alta sensibilidad, en la población estudiada se logró determinar, en el análisis global de su funcionalidad, que la puesta a tierra convencional como empleando los criterio de diseño de puesta a tierra le dan una funcionalidad sobresaliendo el planteado por el investigador.

## CONCLUSIONES

- El estudio correlacional permitió confirmar una correlación positiva media  $r=0.724$  el nuevo criterio de puesta a tierra ( el pozo a confeccionar es de profundidad de 3 metros y una radio de 1 metro, se rellena 30 centímetros de tierra de cultivo compactado con un pisón de 15 Kg de peso desde la base hacia arriba; a la varilla de cobre se prensa a los extremos con conectores AB de alta calidad; luego a la varilla se establece con un PVC de 4" por 90 centímetros de altura a este molde se le agrega cemento conductor dejando secar por espacio de 20 a 30 minutos; luego se compacta la tierra de cultivo y bentonita los 2 metros con 30 centímetros que resta; se vierte la dosis de Thorgel a 1 metro de altura y luego a los 2 metros de altura) esta puesta a tierra obtenida es para el equipo de alta sensibilidad de la Resonancia Magnética que cuenta el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, lo que nos indica que a mejor criterio de diseño de puesta a tierra es mejor el rendimiento de los equipos de alta sensibilidad.
- Respecto al diseño de puesta a tierra que en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo efectivizó el funcionamiento de los equipos de alta sensibilidad, para la operatividad de este equipo de Resonancia Magnética sus costos son elevados en el mantenimiento y confección, para poder obtener una resistencia menor o igual a 2 Ohmios se construyó cuatro (4) puestas a tierra conectadas en paralelo cuyo costo es de S/ 14,400.00 soles, con una garantía de un año y dos visitas anuales; pues los resultados estadísticos permiten aseverar que los sistemas de puesta a tierra investigada (muestra total) reflejan un desempeño bueno en las dimensiones de funcionalidad, mantenimiento, costos de elaboración y la garantía del sistema de protección. De ello se desprende que una mejora como los criterios de diseño de puesta a tierra ayuda y efectiviza el funcionamiento de equipos biomédicos de alta sensibilidad.

- Por otro lado respecto a los equipos de alta sensibilidad que cuenta el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, en este caso Resonancia Magnética, un porcentaje significativo presentan efectividad en su funcionamiento, con el nuevo criterio de diseño de puesta a tierra para equipos de alta sensibilidad, con la confección de un solo pozo se obtiene el valor menor o igual a 2 ohmios siendo su costo de S/. 2,500.00 soles, lo que nos indica que el análisis por dimensiones de la funcionalidad de estos equipos se caracteriza por presentar un rendimiento adecuado al momento de entrar en funcionalidad con resultados favorables y óptimos.
- Se concluye que los costos de mantenimiento y confección antes de establecer los criterios de diseño de puesta a tierra del Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo es alto por confeccionar cuatro (4) puestas a tierra cuyo valor por cada uno de ellos es de S/. 3,600.00 soles; con respecto al nuevo criterio de diseño de una puesta a tierra; así mismo, en los tres niveles de funcionalidad de la puesta a tierra convencional (bajo, medio y alto) esta se encuentra en el nivel medio con respecto a los diseños de puesta a tierra.
- Se concluye que los costos de mantenimiento después de establecer los criterios de diseño de puesta a tierra del HRDCQ-DAC-HYO es bajo por que se utiliza solo una puesta a tierra, cuyo valor es de S/. 2,500.00 soles, incluido garantía, visitas trimestrales, con respecto a la puesta tierra convencional.
- Se concluye que el nivel de resistividad de la puesta a tierra sin los criterios de diseño de puesta a tierra en equipos de alta sensibilidad en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo, es alto el costo de confección, de mantenimiento y visitas semestrales.

## **RECOMENDACIONES**



- El nuevo criterio de diseño de puesta a tierra aplicado para los equipos de alta sensibilidad, se pueda tomar en consideración de este nuevo criterio por la confiabilidad que se está utilizando en el Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo. se recomienda desarrollar planes y programas para la confección del SPAT a fin de seguir mejorando sustancialmente el buen funcionamiento de todos los equipos biomédicos de alta sensibilidad.
- Este nuevo criterio de diseño de puesta a tierra, reduce los costos de mantenimiento, elaboración utilizando una sola puesta a tierra, Elaborar y aplicar programas de prevención e intervención ante casos de fallas en los sistemas de puesta a tierra Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo.
- Al Hospital Regional Docente Clínico Quirúrgico Daniel A. Carrión de Huancayo se le sugiere incorporar, los procesos de monitoreo y supervisión, profesionales con conocimiento de gestión de mantenimiento de equipos biomédicos, para prolongar la vida útil del equipamiento.
- Los equipos de alta sensibilidad en este caso de Resonancia Magnética es sensible ( por tratarse de dispositivos electrónicos especiales para la obtención de respuestas optimas a un determinado tiempo) y la confiabilidad (los diagnósticos que se espera del equipo serán interpretados por especialistas para un buen tratamiento médico para el paciente), seguridad que se espera del equipo (esperanza que cada especialista espera para el diagnóstico y tratamientos que deben de realizar al paciente), por ello se denomina equipos de alta sensibilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mantenimiento de los Establecimientos de Salud . **Bambarén, Celso Bambarén Alatriza Socorro Alatriza de. 2011.** Lima : s.n., 2011.
- [2] Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra. **NNTTPP, NTP 370.052:1999 SEGURIDAD ELECTRICA. 1999.** Lima : s.n., 1999.
- [3] **ALVAREZ ANTONIO, Humberto Alberto. 2000.** Estudio de armónicos en rectificadores estáticos de potencia con el método modificado de los coeficientes de Fourier. Lima : Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica - Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.
- [4] **ASTUDILLO OCHOA, Cristhian Rodrigo y CAJAMARCA CURRILLO, Marco Vinicio. 2012.** Calculo de sistemas de puesta a tierra aplicación de la norma IEEE 80-2000. Cuenca - Ecuador : s.n., 2012.
- [5] **Barea, Rafael.**  
[www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf), Tema 2: Seguridad Eléctrica. [En línea] [Citado el: 31 de Marzo de 2017.]
- [6] **CANCHA, WILBERT RENE QQUESHUAYLLO. 2005.** Diseño y Ejecución de una puesta a tierra de baja resistencia. Lima - Perú : s.n., 2005.
- [7] **CEEESA, MASS@TIERRA. 2015.** [www.tierrafisica.com](http://www.tierrafisica.com). [En línea] 2015.
- [8] **Chile, Electricos. 2012, .**  
[www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d/mi\\_blog/r/1\\_Informe\\_Resistividad\\_de\\_Suelo.pdf](http://www.ucursos.cl/usuario/834c0e46b93fd72fd8408c492af56f8d/mi_blog/r/1_Informe_Resistividad_de_Suelo.pdf) . [En línea] Marzo de 2012, . [Citado el: 15 de Abril de 2017.]
- [9] **CHIRIBOGA GUARAS, Raúl Alejandro. 2008.** Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito parroquia de Tababela. Quito : s.n., 2008.
- [10] **Cooper, Peru @. 2017.** [//www.procobreperu.org](http://www.procobreperu.org) (Procobre). [En línea] 25 de Abril de 2017.
- [11] **CUEVA SANCHEZ, Martín Nicolás, PECHO DE LA CRUZ, José Ángel y RIVERA LOPEZ Johannes. 2014.** Plan de Gestión que permita proponer alternativas de mantenimiento o reemplazo de equipos médicos en el Hospital Nacional Dos de Mayo. Lima- Callao- Perú. : s.n., 2014.
- [12] **DEPECA. 2015.** [www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf](http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/ asignaturas/5/tema2.pdf). [En línea] Enero de 2015.
- [13] **ECHEVERRIA PECHE, Erasmo Amador. 2012.** Modelado y análisis de la respuesta Transitoria de puestas a tierra no extensas. Lima : s.n., 2012.
- [14] **ELSE.COM. 2011.**  
<http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT/Materiales/Especificaciones/I-RS1009.pdf>. [En línea] Noviembre de 2011.

- [15] **EPRI. 2011.** Transmission Line Reference Book de EPRI. [En línea] 2011.
- [16] **Erico. 2017.** [www.erico.com /protección de instalaciones eléctricas/pag 8](http://www.erico.com/protección%20de%20instalaciones%20el%C3%A9ctricas/pag%208). [En línea] 10 de Abril de 2017.
- [17] **HOLGUIN, Marcos y GÓMEZ COELLO, David. 2010.** Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador : Facultad de ingeniería eléctrica - Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
- [18] **IEEE std142. 2017.** [www.mercury-group.com/wp-content/uploads/2017/02/groundingandbonding.pdf](http://www.mercury-group.com/wp-content/uploads/2017/02/groundingandbonding.pdf). [En línea] 01 de febrero de 2017.
- [19] **IPEN. 2013.** Requisitos de protección radiológica en diagnostico medico con rayos X. Lima : MINSA, 2013.
- [20] **2015.** Sistemas de Gestión de Tecnología para el aseguramiento de la calidad de equipos médicos I. Lima : MINSA, 2015.
- [21] **Jara Noriega, Jhon . 2015.** OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN ELECTRICA DE LA SUBESTACION TIERRA COLORADA. Piura : Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura, 2015.
- [22] **LÓPEZ ATI, Darwin Abraham. 2013.** Distorsión armónica producida por variadores de frecuencia para mejorar el desempeño de motores eléctricos trifásicos en el laboratorio de automatización de la facultad de ingeniería civil y mecánica. Ecuador : Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica - Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [23] **MEM. 2008.** Código Nacional de Electricidad. Lima : MEM, 2008.
- [24] **2012.** <http://www.minem.gob.pe/> CODIGO NACIONAL DE ELCTRICIDAD (SUMINISTRO 2011). [En línea] 2012.
- [25] **MINSA. 2013.** Lineamientos para la Elaboración del Plan de Equipamiento de Establecimientos de Salud en Áreas Relacionados a Programas Presupuestales”. Lima : MINSA, 2013.
- [26] **2016 .** “Norma Técnica de Salud que regula las actividades de Farmacovigilancia y Tecnovigilancia de Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios”. Lima : MINSA, 2016 .
- [27] **2015.** Infraestructura y Equipamiento de EE.SS del 3er Nivel de Atención. Lima : MINSA, 2015.
- [28] **MTBT. 2017.** <http://www.else.com.pe/EstandarizacionMaterialesArmadosMTBT/Materiales/Especificaciones/I-RS1009.pdf>. [En línea] 31 de Marzo de 2017.
- [29] **NAVARRO PALACIOS, Claudia Beatriz. 2006.** Análisis de la seguridad eléctrica en áreas críticas del Hospital Nacional Zacamil Dr. Juan José Fernández y hospital general del Instituto Salvadoreño del Seguro Social. San Salvador : s.n., 2006.
- [30] **OMS, Organizacion Mundial de la salud. 2017.** Introducción al Programa de Mantenimiento de Equipos Médicos. Genève Suiza : OMS, 2017.

- [31] **Pararayos, ABC. 2015.** MASS@TIERRA. [www.tierrafisica.com](http://www.tierrafisica.com). [En línea] Marzo de 2015. [Citado el: 30 de Abril de 2017.]
- [32] **PECHE ERASMO, AMADOR ECHEVERRIA. 2012.** Modelado y análisis de la respuesta Transitoria de puestas a tierra no extensas. Lima : s.n., 2012.
- [33] **Philips. 2001.** [www.philips.com/healthcare/](http://www.philips.com/healthcare/) Manual del operador del ventilador Respironics V200. [En línea] 22 de Enero de 2001.
- [34] **PONCE DE LEÓN CÓRDOVA, Jean Paúl. 2007.** Metodología para la separación y cuantificación de las contribuciones armónicas en un punto de acoplamiento común (PAC). Lima : Universidad Nacional de Ingeniería. Programa Cybertesis PERÚ, 2007.
- [35] **PROAÑO PÉREZ, Noé Fernando y VELASQUEZ ZHARATE, Victor Adolfo. 2010.** Estudio de efectos y métodos de minimización de distorsiones armónicas en equipos de distribución eléctrica comercial e industrial. Guayaquil : Facultad de Ingenierías - Universidad Politécnica Salesiana, 2010.
- [36] **QQESHUAYLLO CANCHA, Wilbert René. 2005.** Diseño y Ejecución de una puesta a tierra de baja resistencia. Lima – Perú : s.n., 2005.
- [37] **Técnicos, Resonancia Magnética para. 2017.** [http://tecnicaradiologica-ecp.jimdo.com/pág. 6](http://tecnicaradiologica-ecp.jimdo.com/pág.6). [En línea] 31 de Marzo de 2017.
- [38] **Telecomunicaciones, Electricidad y. 2017.** <http://electricidadytelecomunicaciones.blogspot.pe/p/conductividad-resistividad-resistencia.html>. [En línea] 31 de Marzo de 2017.
- [39] **Toribio Córdova C. "FISICA GENERAL III" editorial Quito, Ecuador 2016**
- [40] **VILCA CHOQUE, MIGUEL ANGEL y QUISIYUPANQUI CUSIQUISPE, JHON EDGAR . 2015.** "ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES EN LA SUBESTACION DE DOLORESPATA ACORDE A LANUEVA TOPOLOGIA EN ALTA Y MEDIA TENSION PARA EL AÑO 2018". CUSCO : CONSEJO DE INVESTIGACION DE LA UNSAAC, 2015.
- [41] **YANQUE TOMASEVICH, Mirko Mashenko. 2006.** Diseño de redes de puesta a tierra en subestaciones de corriente alterna. Lima - Peru : s.n., 2006.

## **ANEXOS**

ANEXO 1



Ingeniería Aplicada - Asesoría - Bienes  
Servicio Técnico Especializado.

RUC: 20568285086

**COTIZACION N° 456 GES 12-16**

Huancayo, 20 de diciembre del 2,016

Señores:  
**HOSPITAL REGIONAL DOCENTE CLINICO QUIRURGICO "DANIEL ALCIDES CARRION"  
HUANCAYO**

Atención : Departamento de logística

Asunto : Instalación de 04 pozos a tierra

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL S/.
04	<b>SERVICIO DE INSTALACION A TODO COSTO DE POZO A TIERRA</b>  <b>DETALLES:</b> Excavación del pozo Suministro e instalación de insumos y accesorios. Caja de registro con tapa de 40 X 40 cm de concreto. Protocolo de pruebas. Certificación. Al finalizar el trabajo se garantiza una impedancia equivalente a 02 ohmios entre los cuatro pozos.	3 600.00	14 400.00

**PRECIOS EN NUEVOS SOLES E INCLUYEN I.G.V. (18%)**

VALIDEZ DE LA OFERTA : 30 DÍAS  
TIEMPO DE ENTREGA : 10 DÍAS  
GARANTÍA : 12 MESES  
FORMA DE PAGO : CONTADO COMERCIAL

Atentamente,

  
GENERAL EQUIPMENT SOLUTION S.A.C.  
Ingr. Sandra Madalini Ramos  
GERENTE GENERAL

**COTIZACIÓN N° 1020- TMS - 2016**

Lima, 20 de diciembre de 2016

Señores:  
**HOSPITAL DANIEL ALCIDES CARRION**  
**HUANCAYO**  
Presente.-

Solicitante: UNIDAD DE LOGISTICA

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT. S/	PRECIO TOTAL S/.
01	04	<p><b>SERVICIO DE INSTALACION A TODO COSTO DE POZO A TIERRA</b>  <b>DETALLES:</b>                      Excavación Del Pozo                      Suministro E Instalación De Insumos Y Accesorios.                      Caja De Registro Con Tapa De 40 X 40 Cm De Concreto.                      Protocolo De Pruebas.                      Certificación.                      Al Finalizar El Trabajo Se Garantiza Una Impedancia Equivalente A 02 Ohmios Entre Los Cuatro Pozos.</p>	3,800.00	15,200.00

**PRECIO INCLUIDO EL IGV (18%) SOLES**

**CONDICIONES DE VENTA:**

- FORMA DE PAGO : CONTADO COMERCIAL
- VALIDEZ DE OFERTA : 20 DÍAS CALENDARIOS
- PLAZO DE ENTREGA : 30 DÍAS CALENDARIOS
- GARANTÍA : 12 MESES

Agradeciendo La Confianza Depositada En Nuestra Empresa, Lo Cual Nos Compromete A Brindarle Siempre Los Mejores Productos Y Servicios.

Atentamente



**CIA. ISOMED S.A.C.**

R.U.C. 20506148830

**COTIZACIÓN N° 300 – 2016**

Lima, 20 de diciembre de 2016

Señores  
**HOSPITAL DANIEL ALCIDES CARRION HUANCAYO**  
Presente.-

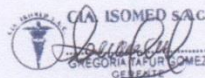
Por medio de la presente los saludamos muy cordialmente y a la misma vez hacerles llegar nuestra propuesta que detallaremos a continuación.

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	CANT.	P. UNIT. S/.	P. TOTAL S/.
01	<b>SERVICIO DE INSTALACION A TODO COSTO DE POZO A TIERRA</b> <b>DETALLES:</b> Excavación Del Pozo Suministro E Instalación De Insumos Y Accesorios. Caja De Registro Con Tapa De 40 X 40 Cm De Concreto. Protocolo De Pruebas. Certificación. Al Finalizar El Trabajo Se Garantiza Una Impedancia Equivalente A 02 Ohmios Entre Los Cuatro Pozos.	UND	04	3,720.00	14,880.00

**PRECIOS EXPRESADOS EN SOLES, INCLUIDO I.G.V. (18%)**

**CONDICIONES:**

- ✓ VALIDEZ DE OFERTA : 30 DÍAS CALENDARIOS
- ✓ PLAZO DE ENTREGA : 10 DÍAS CALENDARIOS
- ✓ GARANTÍA : 12 MESES
- ✓ FORMA DE PAGO : CONTADO COMERCIAL

  
CIA ISOMED S.A.C.  
GREGORIA TAPUR GOMEZ

Asoc. de Vivienda Los Olivos Mz. H, Lote 27,  
S.M.P. - Lima 31 - Telefax: (511) 531-9349  
E-mail: isomed@speedy.com.pe / isomed@terra.com

Venta de Equipos, Repuestos y Accesorios en general.  
Instalación y Servicio Técnico Especializado  
de Equipos Médicos - Hospitalarios





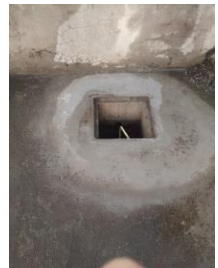
ANEXO 5



Mediciones del nuevo SPAT



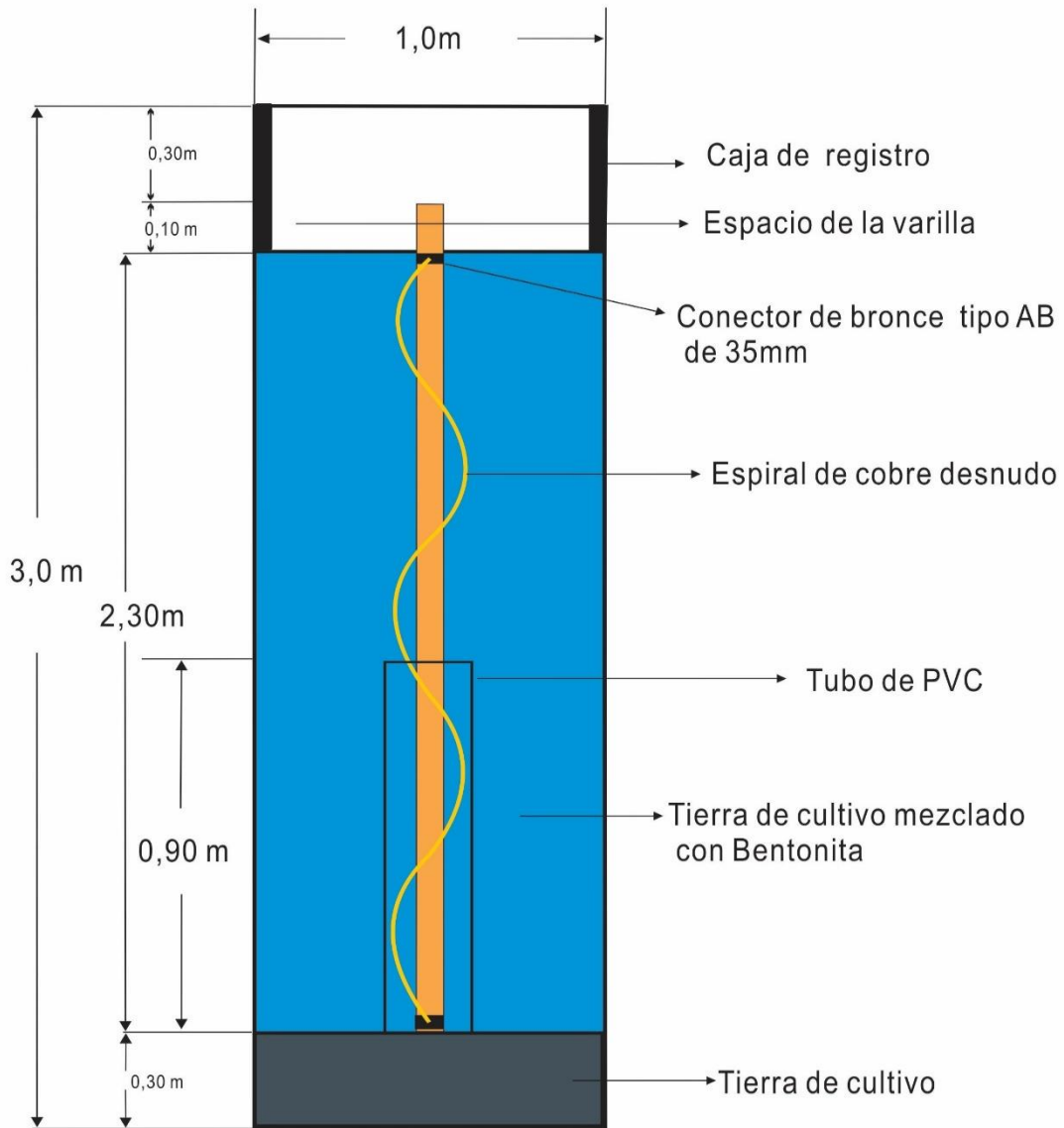
Materiales utilizados SPAT nuevo criterio



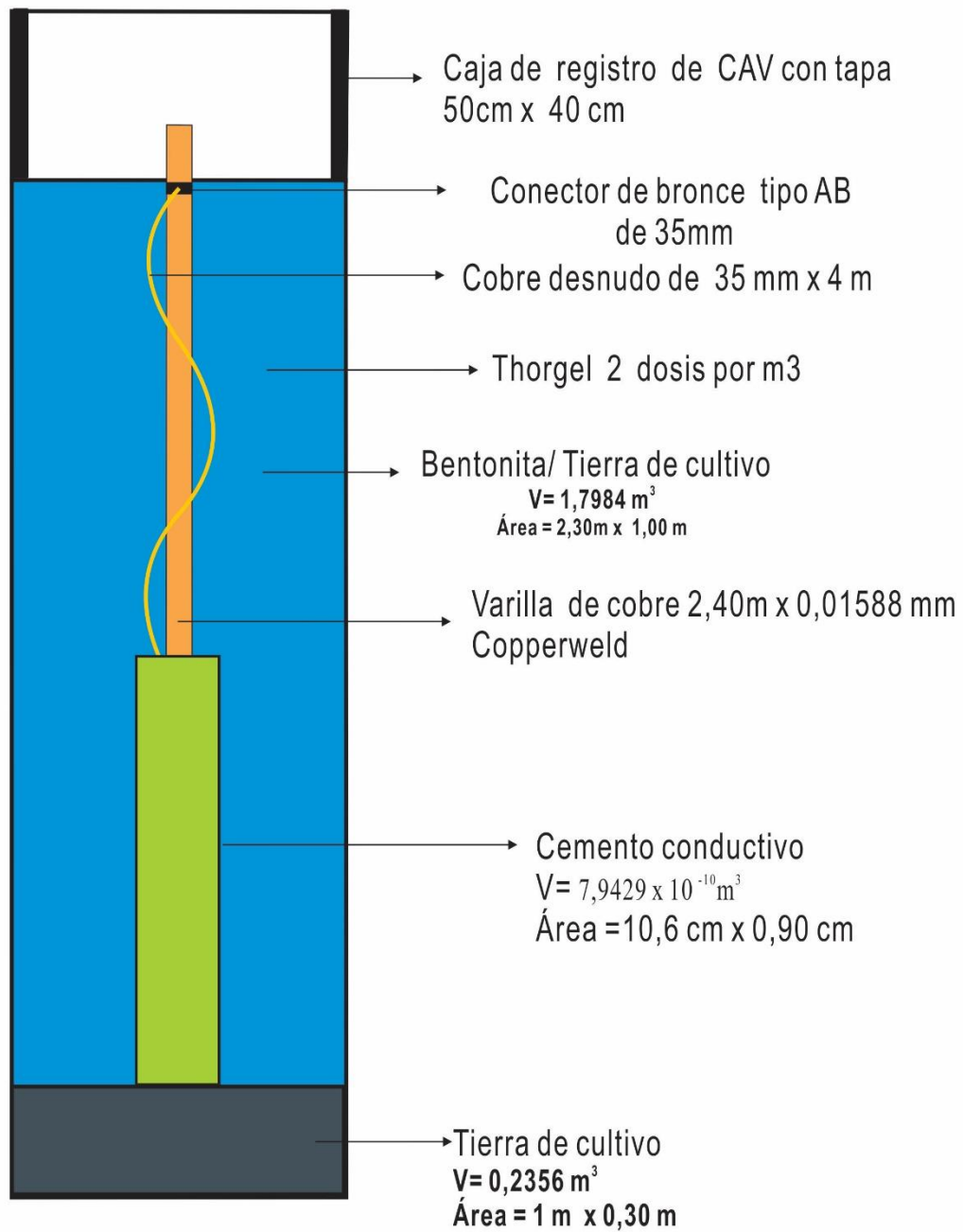
Tiempo de reposo de los Materiales de SPAT

Puesta a tierra etapa de culminación

## DESCRIPCIÓN GENERAL SPAT PARA EQUIPOS BIOMÉDICOS



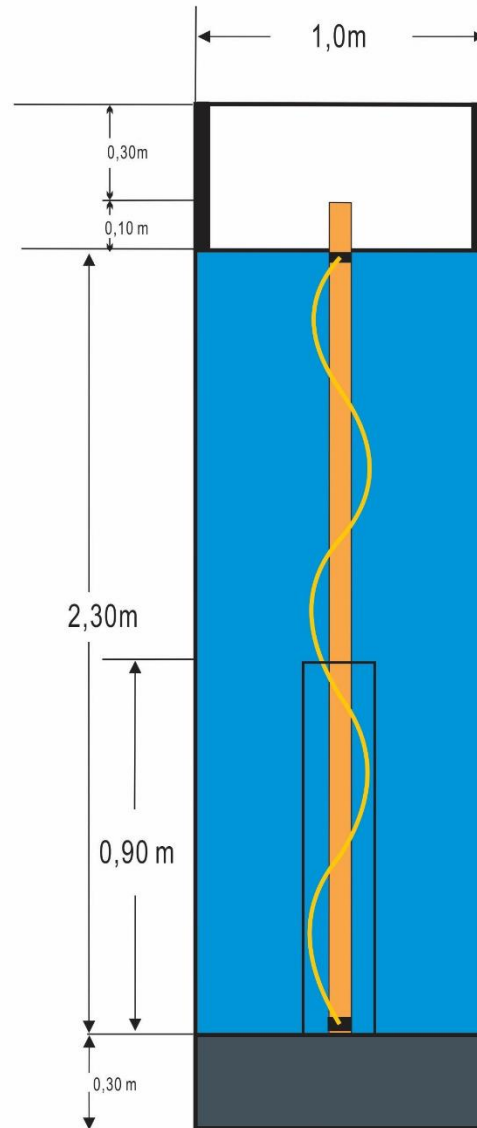
## DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS SPAT PARA EQUIPOS BIOMÉDICOS



ANEXO 9

# VOLUMEN BENTONITA / TIERRA DE CULTIVO

$$V = 1,7984 \text{ m}^3$$
$$\text{Área} = 2,30 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$$

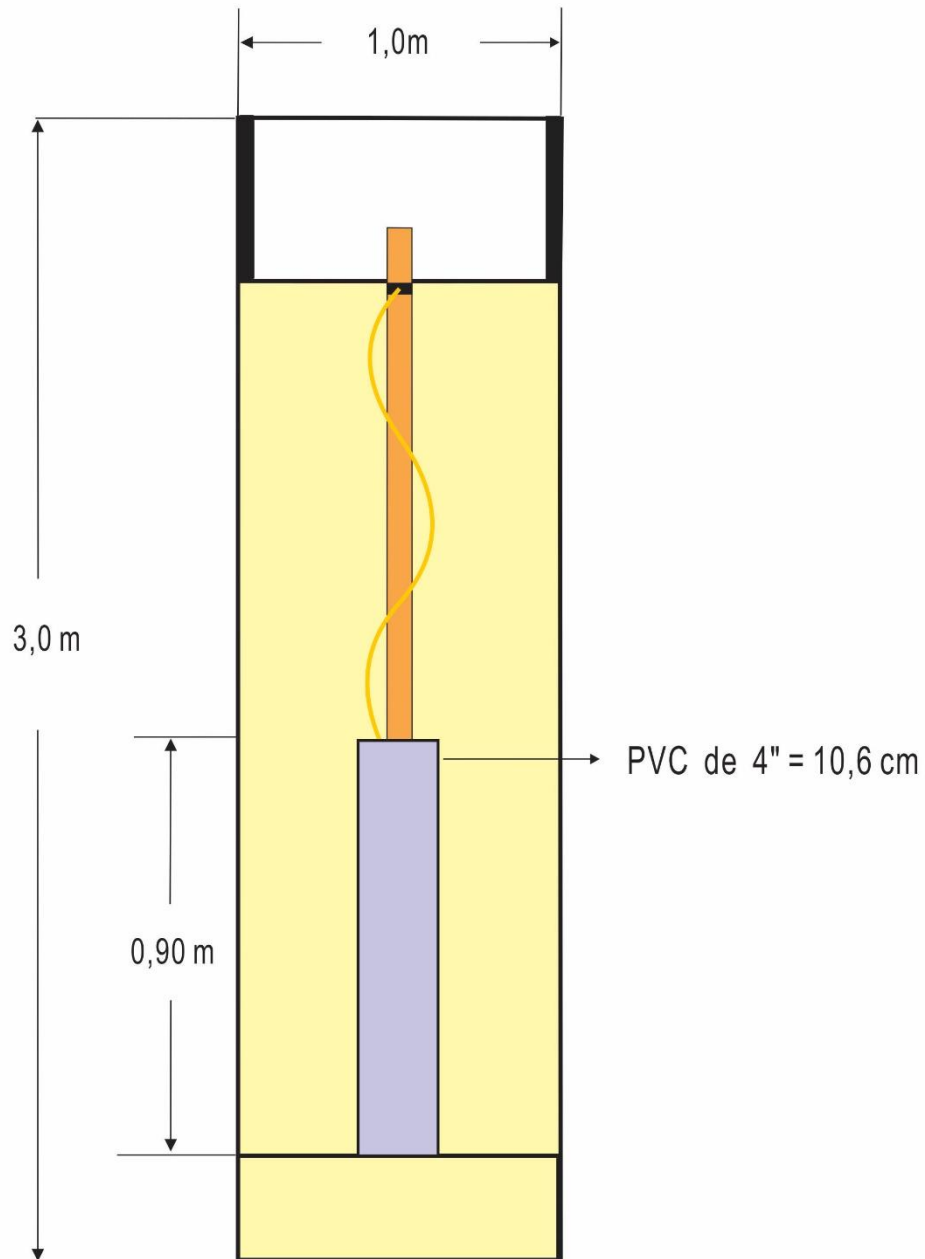


ANEXO 10

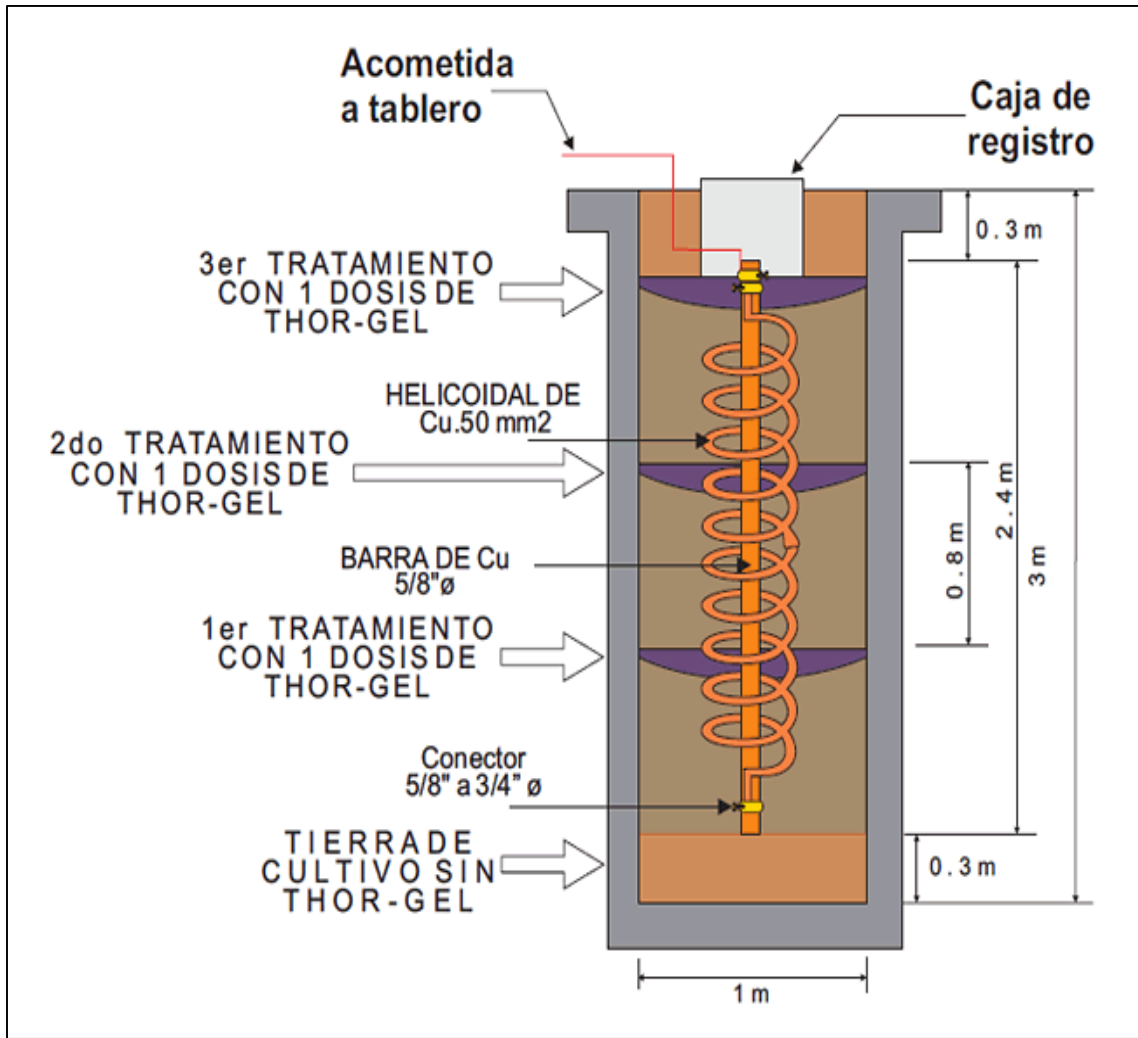
## VOLUMEN CEMENTO CONDUCTIVO

$$V = 7,9429 \times 10^{-10} \text{ m}^3$$

$$\text{Área} = 10,6 \text{ cm} \times 0,90 \text{ cm}$$



ANEXO 11



ANEXO 12





HOSPITAL REGIONAL DOCENTE CLÍNICO QUIRÚRGICO  
"DANIEL A. CARRIÓN" HUANCAYO



### CUADRO DE SERVICIO DE DIAGNOSTICO AL PACIENTE

EQUIPO		RESONANCIA MAGNETICA								
ATENCION		DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES								
MES		ene-17								
ITEM	FECHA	TURNOS		NOMBRE DEL EQUIPO	TIPO DE DIAGNOSTICO	DURACION DEL DIAGNOSTICO POR MINUTOS	PACIENTES ATENDIDOS	TOTAL PACIENTES ATENDIDOS	TOTAL MINUTOS ATENDIDOS	TOTAL HORAS ATENDIDOS
		D	N							
1	01/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	CRANEO	60	3	69	2035	33.92
2	02/01/2016			R. MAGNETICA	COLUMNA	60	3			
3	03/01/2016	X		R. MAGNETICA	CORAZON	80	1			
4	04/01/2016		X	R. MAGNETICA	TEJIDOS BLANDOS	45	2			
5	05/01/2016	X		R. MAGNETICA	TEJIDOS VASCULARES	50	2			
6	06/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
7	07/01/2016		X	R. MAGNETICA	LUMBAGO	50	1			
8	08/01/2016		X	R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	2			
9	09/01/2016		X	R. MAGNETICA	CRANEO	60	2			
10	10/01/2016		X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
11	11/01/2016	X		R. MAGNETICA	CORAZON	80	2			
12	12/01/2016	X		R. MAGNETICA	COLUMNA	60	3			
13	13/01/2016	X		R. MAGNETICA	LUMBAGO	50	2			
14	14/01/2016	X		R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	2			
15	15/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	CRANEO	60	3			
16	16/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
17	17/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	CORAZON	80	2			
18	18/01/2016		X	R. MAGNETICA	CRANEO	60	3			
19	19/01/2016		X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
20	20/01/2016		X	R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	3			
21	21/01/2016		X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
22	22/01/2016		X	R. MAGNETICA	CORAZON	80	2			
23	23/01/2016	X		R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	2			
24	24/01/2016	X		R. MAGNETICA	COLUMNA	60	3			
25	25/01/2016		X	R. MAGNETICA	LUMBAGO	50	2			
26	26/01/2016		X	R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	3			
27	27/01/2016	X		R. MAGNETICA	CORAZON	80	2			
28	28/01/2016		X	R. MAGNETICA	COLUMNA	60	2			
29	29/01/2016		X	R. MAGNETICA	LUMBAGO	50	3			
30	30/01/2016	X		R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	2			
31	31/01/2016	X	X	R. MAGNETICA	INCRUSTACIONES	80	2			



HOSPITAL REGIONAL DOCENTE CLÍNICO QUIRÚRGICO  
"DANIEL A. CARRIÓN" HUANCAYO



### FALLA DE LA PUESTA A TIERRA/ CRITERIO ESTABLECIDO

SERVICIO		Diagnostico por Imágenes					SOLUCION DE SPAT / EQUIPO	OBSERVACIONES	
EQUIPO		Resonancia Magnetica ACHIEVA 1.5 T							
ITEM	CARACTERISTICAS	NOMBRE DEL EQUIPO	PACIENTES ATENDIDOS	FALLA SPAT MAYOR 2 OHM	SOLUCION DE SPAT / EQUIPO		OBSERVACIONES		
1	Imagén del círculo de Willis PMI 3D	R. MAGNETICA	69	De 3 Ω a 3,8 Ω	Distorsionado	Análisis de los flujos cuantitativos sobre el Área de trabajo extendido Imagén de Único tramo PDW una EET-Negro SA sangre vista usando SPIR Imagén de B-3D de todo corazón TFE Imagén de alta resolución en 3D de Entrada using Imagén de Angio con B-TRANCE arterias Imagén de renales sin Contraste.			
2	Imagén de alta resolución de HIPOFISIS	R. MAGNETICA	70						
3	Imagén de columna	R. MAGNETICA	55	Menor 2.3 Ω 0% de fallas en el equipo	Diagnóstico optimo del equipo	Todas las especificaciones técnicas en funcionamiento del equipo, diagnostico optimo para evaluación del médico cuidado con el Helio gaseoso y liquido			
4	Imagén de torso con gran cambio de visión	R. MAGNETICA	55						
5	Imagén de brazo junto con el cuerpo de paciente	R. MAGNETICA	25						
6	Imagén de multiples defectos del cartilago	R. MAGNETICA	45						
7	Imagén de todo el cuerpo	R. MAGNETICA	2						
8	Imagén de Angio sin contraste	R. MAGNETICA	62						
9	Imagén de busto BIUSS 1.0 x 1.0 x 1.5 mm	R. MAGNETICA	74						
10	Imagén de T2W EET 0.8 x 1.0 x 3.8 mm	R. MAGNETICA	23						
11	Imagén de senos con prótesis silicón 1.2 x 1.6 x 3.5 mm	R. MAGNETICA	56						
12	Imagén del corazón 3D	R. MAGNETICA	45						
13	Imagén de alta resolución de PCA	R. MAGNETICA	42						
14	Imagén de Angio con B-TRANCE arterias	R. MAGNETICA	21						
15	Imagén renales sin contraste	R. MAGNETICA	70						
Mes de atención pacientes			714						