

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA
(CREADO POR LEY N° 25265)



FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ELECTRÓNICA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN

TESIS

**SISTEMA PUESTA A TIERRA MENOR A 02 OHMIOS PARA
PROTECCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS, CONTRA
DESCARGAS ELÉCTRICAS, EN ENTIDADES FINANCIERAS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CARLOS MARX CRISÓSTOMO PÉREZ

PAMPAS, ENERO DEL 2014



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas, a los 23 días del mes de Enero del año 2014, a horas 15....., se reunieron; el Jurado Calificador, conformado de la siguiente manera:

Presidente: M. Sc. Jorge Amados Vargas Aguije
 Secretario: Ing. Janeth Bextha Marcano Arroyo
 Vocal: Mg. Ing. Hipólito Carbajal Moran

Designados con Resolución N° 024-2014-FIES-UNH.; del: proyecto de investigación (Tesis), Titulado: "Sistema puesta a Tierra menor a 0.2 Ohmios para protección de Equipos Electrónicos contra descargas Eléctricas, en entidades Financieras"

Cuyos autores son los graduado (s):

BACHILLER (S): Carlos Marx Crisóstomo Pérez

A fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del proyecto de investigación, antes citado.

Finalizado la evaluación; se invito al público presente y a los sustentantes a abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al siguiente el resultado:

APROBADO POR Unanimidad
 DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos al pie.

 Presidente

 Secretario

 Vocal

DEDICADO A:

Mis padres por brindarme todo el apoyo moral y económico, con el propósito de ser profesional, y ser útil en la sociedad.

ÍNDICE

	PÁG.
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA.....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1 PROBLEMA ESPECÍFICO	15
1.3 OBJETIVO: GENERAL Y ESPECÍFICOS	16
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4.1 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	17
1.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	17
1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECOLÓGICA	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 ANTECEDENTES.....	19
2.2 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL SUELO	25
2.2.2 ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA.....	27
2.2.3 MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA	30
2.2.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA PUESTA A TIERRA	37
2.2.5 HUMEDAD DEL SUELO.....	41
2.2.6 TEMPERATURA.....	42
2.2.7 ELEMENTOS PARA EL MONITOREO DEL SISTEMA POZO A TIERRA.....	44
2.2.7.1 TRANSFORMADOR.....	44
2.2.7.2 DIODO	45
2.2.7.3 REGULADOR DE VOLTAJE.....	47

- 2.2.7.4 RESISTENCIA ELÉCTRICA48
- 2.2.7.5 RELÉ..... 49
- 2.2.7.6 TRANSISTOR.....51
- 2.2.7.7 LÁMPARA.....51
- 2.2.7.8 MOTOR.....52
- 2.2.7.9 PLACA IMPRESO53
- 2.2.8.0 PROTOBOARD.....53
- 2.2.8.1 CONDENSADOR.....54
- 2.2.8.2 CAUTÍN.....55
- 2.2.8.3 COMPARADOR DE VOLTAJE LM74156
- 2.3 HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECÍFICO57
 - 2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....57
 - 2.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS57
- 2.4 VARIABLES DE ESTUDIO58
- CAPÍTULO III.....59
- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....59
- 3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO59
- 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN59
- 3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN59
- 3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN59
- 3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN60
- 3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO60
 - 3.6.1 POBLACIÓN.....60
 - 3.6.2 MUESTRA.....61
 - 3.6.3. MUESTREO61
- 3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS61
 - 3.7.1 TÉCNICAS.....61
 - 3.7.2 INSTRUMENTOS.....61
- 3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS61
 - 3.8.1 FASE DE CAMPO62
 - 3.8.2 FASE DE GABINETE62

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	62
3.9.1 PROCESAMIENTO DE DATOS	62
3.9.2 ANÁLISIS DE DATOS	62
CAPÍTULO IV	63
RESULTADOS	63
4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	63
4.1.1 ELECCIÓN DE ELECTRODO DE TIERRA	63
4.1.1.1 ELECTRODO DE COBRE PURO.....	65
4.1.1.2 ELECTRODO CON ACERO RECUBIERTO DE COBRE (copperweld).....	67
4.1.2 EVALUACIÓN DE LA NATURALEZA DEL TERRENO.....	70
4.1.2.1 TIERRA NEGRA DE CULTIVO.....	70
4.1.2.2 TIERRA PEDREGOSO.....	71
4.1.3 DEFINICIÓN DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS	73
4.1.3.1 CEMENTO CONDUCTIVO	73
4.1.3.2 THOR GEL.....	75
4.1.4 PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DEL SPAT	76
4.1.5 ELEMENTOS DE DETECCIÓN DE HUMEDAD DEL POZO A TIERRA	81
4.1.5.1 CONSTRUCCIÓN DEL DETECTOR DE HUMEDAD	83
4.1.5.2 QUEMADO Y MONTAJE EN PLACA IMPRESO.....	84
4.1.5.3 CÁLCULOS MATEMÁTICOS DEL DETECTOR DE HUMEDAD.....	87
4.1.5.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO	89
4.1.5.5 MEDICIONES REALIZADAS EN PROTOTIPO CON EL DETECTOR DE HUMEDAD	91
4.2 DISCUSIÓN.....	97
4.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	102
ARTÍCULO CIENTÍFICO	104
ANEXOS.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Electrodo de puesta a tierra.....	28
Figura 2.2 Pletina de cobre para pozo horizontal	28
Figura 2.3 Capas cilíndricas del suelo alrededor del electrodo.....	29
Figura 2.4 Compuesto químico THOR GEL	36
Figura 2.5 Cable de cobre	39
Figura 2.6 Aplicación del cobre en telecomunicaciones	39
Figura 2.7 Modelización de un transformador monofásico ideal.....	45
Figura 2.8 Diodo rectificador.....	46
Figura 2.9 Regulador de voltaje.....	48
Figura 2.10 Variedad de resistencia	49
Figura 2.11 Conexión interna del Relé	50
Figura 2.12 Transistor de BJT	51
Figura 2.13 Lámpara incandescente	52
Figura 2.14 Diagrama interno del motor eléctrico.....	53
Figura 2.15 Placa impreso de cobre	53
Figura 2.16 Protoboard.....	54
Figura 2.17 Condensador.....	55
Figura 2.18 Cautil para soldar	56
Figura 2.19 Representación ideal del Opam como comparador.....	57
Figura 2.20 Comparador de voltaje LM741	57
Figura 3.1 Diseño de investigación para el sistema de puesta a tierra.....	60
Figura 4.1 Conductividad de los metales eléctricos.....	64
Figura 4.2 Resistividad de los conductores metálicos	65
Figura 4.3 Tiempo de vida de electrodos.....	67
Figura 4.4 Electrodo de 3/4 de acero con recubrimiento de cobre	69
Figura 4.5 Medición de la resistividad del SPAT.....	69
Figura 4.6 Tierra negra de cultivo.....	70
Figura 4.7 Resistividades de los suelos.....	71
Figura 4.8 Pletina de cobre con cemento conductor	72

Figura 4.9	Medición de resistividad óhmica en suelo pedregoso.....	72
Figura 4.10	Cemento conductivo en SPAT horizontal	74
Figura 4.11	Resultados de la resistividad del SPAT respecto a fechas.....	75
Figura 4.12	Aditivo químico THOR GEL para el SPAT	76
Figura 4.13	Hueco de 03 metros de profundidad.....	76
Figura 4.14	Instalación del electrodo de tierra.....	77
Figura 4.15	THOR GEL de color azul.....	77
Figura 4.16	Aplicación de THOR GEL de color azul.....	78
Figura 4.17	THOR GEL de color crema.....	78
Figura 4.18	Aplicación de THOR GEL de color crema	78
Figura 4.19	Empleo de la caja de registro	79
Figura 4.20	Medición de resistencia óhmica del SPAT con el telurómetro	79
Figura 4.21	Cimentación de la caja de registro del SPAT	80
Figura 4.22	Resultados obtenidos con THOR GEL	81
Figura 4.23	Quemado de la placa de circuito impreso.....	83
Figura 4.24	Perforación de la placa de circuito impreso	85
Figura 4.25	Montaje de componentes electrónico en la placa impreso	85
Figura 4.26	Circuito detector de humedad para el SPAT	86
Figura 4.27	Simulación del detector de humedad para el SPAT	86
Figura 4.28	Monitoreo de la humedad del SPAT	87
Figura 4.29	Gráfica de la humedad medida en el prototipo	92
Figura 4.30	Voltaje en el PIN3 superior al voltaje en el PIN2	95
Figura 4.31	Temperatura ambiente respecto a Horas	96

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Valores de resistividad de algunos terrenos	26
Tabla 2.2 Tratamiento con THOR GEL en el suelo.	37
Tabla 2.3 Propiedades físicas del cobre y el aluminio.	40
Tabla 2.4 Escalas de medición de la temperatura.....	43
Tabla 3.1 Modelo empleado en el prototipo.....	61
Tabla 4.1 Se muestra las propiedades eléctricas de los conductores	63
Tabla 4.2 Tiempo de vida de los electrodos del SPAT	66
Tabla 4.3 Valores de resistividad óhmica con cemento conductivo.....	74
Tabla 4.4 Mediciones obtenidas del SPAT con empleo de THOR GEL	80
Tabla 4.5 Mediciones en prototipo.....	92
Tabla 4.6 Mediciones en el prototipo quinta semana.....	93
Tabla 4.7 Mediciones en el prototipo en la sexta semana	94
Tabla 4.8 Mediciones en el prototipo en el séptimo semana	95

RESUMEN

El sistema de puesta a tierra (SPAT) que se realizó en la presente Tesis, tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios, para brindar la protección de usuarios, equipos electrónicos contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras. La importancia del sistema de puesta a tierra en telecomunicaciones, sistemas eléctricos entre otros campos, sin duda es un factor muy importante que se tiene en cuenta. Cuando se habla de SPAT, estamos hablando de la protección de personas, equipos electrónicos, antenas satelitales, torres de alta tensión, edificios, entre otros. De modo que el SPAT está íntimamente relacionado con la protección. Por eso, las entidades financieras en el Perú como por ejemplo; Banco de la Nación, Mi Banco, Continental, Caja Piura (CMAC PIURA) y otros, requieren de un alto nivel de protección, tanto para los equipos electrónicos y usuarios que laboran en él. Esto quiere decir, que el SPAT debe poseer la mínima resistividad posible, para brindar la seguridad y protección adecuada del sistema. Para conseguir esto, en la investigación se ha estudiado y analizado minuciosamente todos los elementos que conforman el SPAT. Sin embargo; gracias a las instalaciones que se hicieron en la CMAC PIURA, se logró conseguir la resistividad óhmica del SPAT menor a 02 ohmios.

En la investigación, se utilizó el método aplicativo, experimental y cuasi-experimental. Porque se realizó la experimentación real del SPAT en el campo. Esta experimentación consistió en la instalación del sistema de puesta a tierra para la entidad financiera de CMAC PIURA.

Los resultados alcanzados en la investigación, fueron satisfactorios, debido a que se logró obtener el valor de 1.78 ohmios de la resistencia óhmica del pozo a tierra. Esta lectura, se obtuvo con el empleo del instrumento de medición de la resistencia óhmica llamado telurómetro. Con este resultado se cumplió con los objetivos trazados en la presente investigación.

A sí mismo mediante el empleo del detector de humedad en el prototipo, se logró controlar la humedad de la tierra. Su función principal del sensor es captar la humedad de la tierra y regar al mismo, dependiendo del nivel de humedad en que se encuentra. Si la humedad es baja por la poca presencia de agua, entonces se activa el actuador que está compuesta por lámpara y un motor de riego. El sensor detector de la humedad se

aplicará en el SPAT, para mantener un grado de humedad saludable en la entidad financiera de CMAC PIURA. En realidad el comportamiento de la humedad de la tierra, influye en el comportamiento del SPAT. Ya que a menor humedad de la tierra, el valor de la resistividad óhmica de la tierra aumenta. Mientras cuando la humedad aumenta considerablemente por la mayor presencia de agua, entonces la resistividad óhmica de la tierra disminuye.

INTRODUCCIÓN

El empleo del sistema de puesta a tierra en el campo de las telecomunicaciones es de carácter significativo ya que toda estación satelital, torres de alta tensión, repetidoras de canales televisivas, antenas de radio entre otras. Tienen su sistema de protección, compuesta por pararrayo y un sistema de puesta a tierra (SPAT). Este último, dependiendo del valor de impedancia óhmica que posee brindará la protección hacia las personas y equipos electrónicos. Cuando el valor de impedancia óhmica del pozo a tierra supera los 10 ohmios, el SPAT ya no brinda la protección adecuada y viceversa cuando el valor de resistividad óhmica del SPAT es menor a los 10 ohmios, entonces existe protección en el sistema.

Por ejemplo; si en un determinado momento en un centro de trabajo ocurriese un eventual falla de energía eléctrica creando sobretensiones en las redes eléctricas, entonces todos los equipos electrónicos conectados en las redes eléctricas estarían propensos a peligros. Si en ese momento el SPAT tiene alta resistencia óhmica, entonces la corriente en vez de descargarse en la tierra retornaría hacia la red eléctrica, dañando a los equipos electrónicos y peor aun las personas fallecerían electrocutados por el excesivo sobre voltaje producido. Más grave aún sería con el impacto producido por una descarga atmosférica, ya que esto provocaría incendios, destrucción masiva donde impacta el rayo. Porque la corriente que genera el rayo es altísima y no se puede medir con exactitud.

Una forma segura de poder controlar las descargas atmosféricas o sobre voltajes es haciendo un camino de descarga hacia el suelo (tierra), de tal forma que las corrientes parásitas pueden ser aterrizados en la tierra. Por eso, la importancia que tiene del sistema de puesta a tierra en los diversos campos es de vital importancia.

Las entidades financieras deben tener un SPAT adecuado con impedancia menor a 05 ohmios, para garantizar la protección del sistema. Por eso, con el sistema de pozo a tierra realizado en la investigación, se mejora la protección de usuarios y equipos electrónicos contra las descargas eléctricas en entidades financieras.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron en líneas generales satisfactorios. Porque se logró obtener el valor de 1.78 ohmios de la impedancia óhmica del sistema de pozo a tierra, logrando cumplir con el objetivo trazado en la investigación.

Por otro lado, el desarrollo de la investigación realizada en la Tesis se detalla en los siguientes párrafos.

En el Capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, donde se formularon preguntas respecto a la importancia del sistema de pozo a tierra en el campo de las telecomunicaciones y la electricidad, teniendo en cuenta la importancia de la protección de personas y equipos electrónicos en las entidades financieras. Así mismo se formularon los objetivos generales y específicos de acuerdo a los problemas planteados. Del mismo modo, se realizó la justificación en la parte tecnológica, económica y ecológica.

En el Capítulo II, Se desarrolló el marco teórico de la investigación, empezando por los antecedentes. Las bases teóricas fueron desarrolladas en su plenitud, ya que son el sustento que ha servido como base para realizar la investigación. En esta sección se desarrolló la resistividad del suelo en función de sus resistividades óhmicas que poseen. Del mismo modo, se desarrolló los electrodos de puesta a tierra, los diferentes tipos de tratamientos químicos para el SPAT. Además se formuló las hipótesis generales, específicas y las variables de estudio.

En el Capítulo III, se desarrolló la metodología de la investigación, se mencionó el ámbito de estudio de la investigación, el tipo de investigación, nivel de investigación, método de la investigación, diseño de investigación, población, muestra, muestreo, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, los procedimientos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En el Capítulo IV, se muestra los diversos procedimientos realizados en la instalación del sistema de puesta a tierra en la CMAC PIURA, y la presentación de resultados de las variables en estudio de la investigación como son: electrodos de tierra, naturaleza del terreno, aditivos químicos, humedad del suelo.

Luego se culminó la investigación con la presentación de las discusiones, conclusiones, referencias bibliográficas y artículo científico.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el incremento de las agencias financieras como por ejemplo; Mi Banco, caja Piura, Banco de la Nación entre otros, es cada vez más numerosa, porque efectivamente cuando estas empresas crecen a nivel financiero, es porque sencillamente brindan un servicio adecuado al agrado de los clientes. Si nos referimos a entidades financieras, estamos hablando de un conjunto de equipos electrónicos y personas que trabajan en él. Por otro lado, se ha visto también fracasar a empresarios en diversos campos, debido a múltiples razones. Por ejemplo; por incendios, inundaciones entre otros, a veces cuando son ocasionados mediante fallas humanas, cortocircuitos, descargas atmosféricas entre otros. Estas desgracias, ocurren muchas veces al no tener un buen sistema de protección adecuado del sistema y más irreparable es cuando se observan las pérdidas humanas, porque no decir en forma frecuente, ya que a diario nos enteramos gracias a los medios informativos como televisión, radio, periódico entre otros. Por eso, la protección es una modalidad de carácter importante para la prevención de los equipos electrónicos y personas entre otros.

En Telecomunicaciones, las entidades financieras cuentan con antenas satelitales, módem como: Vsat, Router, Switch, Ata y un conjunto equipos electrónicos así como teléfono, Ups, aeroacondicionado, ventiladores, sensores de movimiento, computadoras, cajeros automáticos entre otros componentes. Por intermedio de las antenas satelitales y módem se brinda el servicio de voz (teléfono) y dato (internet) que pueden ser por parte de telefónica, Gilat y otras. Estos equipos electrónicos mencionados son modernos y de una tecnología muy avanzada, por lo que tienen un elevado valor en el costo.

Frente a éste panorama, ha surgido la inquietud para proteger eficientemente a los equipos electrónicos, personas y todo el sistema en general de los peligros,

anomalías, que pueden presentarse en cualquier instante, como es por ejemplo; de una posible descarga atmosférica (rayo) en la entidad financiera, a si como un posible sobretensión que se puede suscitarse en el banco. Por ello, siendo necesaria una política de prevención e inversión para proteger a los equipos electrónicos y personas; surge la interrogante de ¿Cómo diseñar un sistema de puesta a tierra ideal con baja impedancia óhmica, para evitar unas posibles descargas atmosféricas y/o sobretensiones eléctricas en la entidad financiera?

Una manera de trabajar en forma segura como usuario de una entidad bancaria, es cuando los equipos electrónicos estén bien protegidos contra posibles anomalías ya mencionados anteriormente que pueden producirse en cualquier momento. Por el contrario, imaginemos si un usuario del banco muera electrocutado por un exceso de sobretensión de corriente eléctrica que pueda suscitarse en pleno horario de trabajo. Éste hecho sería lamentable, ya que la pérdida humana es irreparable. Por eso la importancia de una puesta tierra es de carácter significativo, no solamente en las entidades financieras, sino también en estaciones transmisoras de señales de televisión, de radios, de energía eléctrica, residencias, colegios, municipios, casas y otros. Este sistema de puesta a tierra debe de tener la mínima resistencia posible, de tal forma que en un posible sobretensión de energía eléctrica, la corriente fluya rápidamente hacia la tierra, evitando corrientes de retorno hacia los equipos electrónicos.

Por otro lado, una forma de poder controlar la descarga atmosférica de un rayo, es haciendo un camino de descarga de energía hacia la tierra. El camino de control al rayo, se logra mediante un sistema de protección que comprende de pararrayos y de un sistema de puesta a tierra. De tal forma, que la descarga se efectúe en la tierra más no así en la antena o torres. Además, un sistema de protección adecuado, es cuando el sistema de puesta a tierra tenga valor de impedancia menor a 05 ohmios. Por ejemplo; algunas empresas como Telefónica y Gilat en el cual he trabajado, estipulan en su reglamento que un pozo a tierra, debe de tener un valor en su medición menor a 10 ohmios. Cuando menor sea la impedancia óhmica del pozo a tierra, mayor será la seguridad para los equipos electrónicos y personas en un ambiente de trabajo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios, que brinda protección de usuarios, equipos electrónicos contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras?

1.2.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- Los materiales de conducción de energía eléctrica son numerosos. Entre los principales elementos conductivos destacan el cobre, aluminio, plata y el oro. Sin embargo; el oro y la plata poseen buenas propiedades eléctricas y una de ellas es porque poseen buena conductividad eléctrica. Pero la desventaja es que tiene un elevado costo. Mientras que el aluminio es el material más voluminoso, por lo que su empleo es mínimo en circuitos electrónicos. Sin embargo; se emplea mayormente en instalaciones eléctricas de alta potencia. Por otro lado, el cobre tiene una buena conductividad eléctrica y es el material más usado en la actualidad, por su gran rendimiento y bajo costo. Frente a ese panorama surge la interrogante ¿Cuál será el material del electrodo de tierra que será usado en el SPAT?
- En la naturaleza existen diversos tipos de suelos, éstos se diferencian por el valor de resistividad óhmica que poseen. Siendo de esto un aspecto importante a considerar para el diseño del SPAT. Muchas veces, en algunas instalaciones se realiza el cambio total del suelo (tierra), debido a la elevada resistividad que poseen. Por lo cual, surge la pregunta ¿Qué tipo de tierra se empleará en el sistema pozo a tierra?
- En la actualidad, los aditivos químicos se han convertido en un elemento primordial para el SPAT, por que reducen significativamente el valor de la resistividad óhmica del suelo. En el mercado, existen muchas variedades de ingredientes químicos como por ejemplo; la bentonita, cemento conductivo, THOR GEL entre otros. Cada una de ellas, tiene propiedades y comportamientos diferentes. Por ejemplo; el cemento conductivo se comporta mejor en pozo a tierra en tipo horizontal y el uso es más frecuente

en dicho sistema y no requiere hacer mantenimientos constantes. Mientras para el tipo de SPAT del tipo vertical, el THOR GEL es el indicado ya que tiene una solución acuosa, y su mantenimiento es muy fácil y práctico. Ideal para realizar instalaciones en áreas o espacios reducidas, esto se refleja su empleo en entidades financieras como: Banco de la Nación, Caja Piura, Mi banco entre otras. Por ello, surge la interrogante ¿Qué tipo de aditivo químico se empleará, para el sistema pozo a tierra?

- En el Perú se ha visto que los SPAT no tienen un sistema de control y monitoreo, por lo que muchos pozos a tierra reducen su rendimiento por muchas razones. Una de ellas es por ejemplo; la ausencia de humedad, falta de mantenimiento correctivo entre otras. Frente a ése panorama, surge la pregunta de ¿Cómo diseñar y construir un sensor detector de humedad para el SPAT?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios, para protección de equipos electrónicos y personas contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el electrodo de tierra adecuado para el sistema.
- Evaluar y seleccionar el tipo de suelo para el sistema.
- Definir los aditivos químicos adecuados para el sistema.
- Diseñar e implementar un circuito detector de humedad para el pozo a tierra.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

En telecomunicaciones, el empleo del sistema de puesta a tierra es de vital importancia. Por ejemplo, el sistema de comunicación satelital en banda ancha de telefonía (voz) e internet (dato), están compuestos por antenas satelitales, torres de pararrayos, equipos electrónicos de alta tecnología como: módem satelital llamado Vsat, Router, Switch, decodificador, entre otros. Todos estos equipos, por la misma tecnología que poseen tiene un costo elevado y deben de ser protegidos en forma segura, contra las posibles sobretensiones o sobrecargas atmosféricas que pueden producirse en cualquier momento. Frente a ese panorama, una forma de proteger a los equipos electrónicos y personas es mediante un sistema de puesta a tierra. De modo que todos los equipos deben de ser aterrados a tierra, formando un camino de vía hacia el suelo (tierra). Por múltiples razones, el SPAT se ha convertido en la solución eficaz frente a los problemas mencionados.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Un sistema de comunicación satelital del servicio de internet, por ejemplo conformada con una antena de 1.2 metros de diámetro, equipo de recepción se señal satelital (LNB), equipo transmisor de señal (Odu), módem decodificador de señal (Vsat), accesorios de antena, pararrayos, módem de dato como: Switch, Router, computadora, entre otros equipos tienen un altísimo valor en su costo. Llegando a costear un aproximado de S/. 50 000.00 nuevos soles. Por otro lado, el sistema de puesta a tierra está conformada por electrodo de tierra, conductor desnudo de cobre, accesorios de electrodo, aditivo químico y caja de registro, tiene un costo de S/. 1 200.00 nuevos soles. Por otro lado, el personal técnico que realice la instalación, mantenimiento del sistema de pozo a tierra, es un profesional calificado conocedor de la materia, por lo que aún más eleva el costo total del SPAT. Por lo tanto, una instalación del sistema de puesta a tierra, para una entidad financiera llega a costear un promedio de S/. 4 000.00 nuevos soles.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECOLÓGICA

El sistema de puesta a tierra no contaminan el medio ambiente, porque su función es proteger a los equipos y usuarios contra sobre voltajes o descargas atmosféricas. Por ejemplo, el aditivo químico denominado THOR GEL y cemento conductor en otros, se encargan solamente de reducir la resistencia óhmica del SPAT, así como mejorar la conductividad del mismo. Mientras el electrodo de cobre de tierra, es enterrado en el suelo, sin dar ningún indicio de contaminación en el medio ambiente, mas al contrario se crea un camino de descarga hacia el suelo, de corrientes anómalas que pueden ser perjudiciales para los equipos electrónicos y personas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

- Nelson Morales Osorio. Publicó un trabajo de investigación acerca de “sistema de puesta a tierra” en la Universidad de Chile, en el año 1999. En esta investigación, el autor realizó un estudio general del sistema de puesta a tierra, con la finalidad de reducir la resistividad del suelo, empleando métodos adecuados para su diseño y la aplicación del mismo en la parte eléctrica. Además en este apartado analiza el comportamiento del electrodo de tierra en las instalaciones y hace un bosquejo del mantenimiento del SPAT. [1]
- Héctor David Gómez y Esteban Velilla Hernández. Publicaron un artículo sobre “Modelación de puestas a tierra para evaluación de sobretensiones transitorias” en la Universidad de Antioquia en Medellín, en el año 2002. En esta investigación realiza un estudio de los fenómenos transitorios de sobrevoltajes y fenómenos anómalos que suelen presentarse con frecuencia en las redes eléctricas. Además implementó un modelo base mediante un programa computacional, que permite evaluar las impedancias de la puesta a tierra. [2]
- Francisco González Longatt. publicaron un trabajo de investigación sobre “Descargas Atmosféricas” en la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Maracay Venezuela, el 8 de Junio del 2007. En el cual diseñaron un sistema de puesta a tierra haciendo los cálculos matemáticos de la resistividad de la tierra. En este artículo se muestra un bosquejo de los conceptos asociados a los sistemas de puesta a tierra, además de fundamentos del proceso de descarga atmosférica y los sistemas de protección asociados. [3]
- Carlos Alberto Avendaño, Henry Felipe Ibáñez O, Helmuth E. Ortiz. publicaron en uno de sus artículos científicos “Selección de DPSS en sistemas eléctricos de baja tensión altamente expuestos a descargas eléctricas atmosféricas” en la Facultad tecnológica en Bogotá – Colombia. En el año 1998, anunciaron un artículo que

98

presenta una alternativa adicional a la metodología propuesta por la norma internacional IEC 61312 en lo referente a la selección de dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias "DPSS", en sistemas eléctricos de baja tensión altamente expuestos a un impacto directo de rayo; la propuesta plantea el uso de nuevas ecuaciones, las cuales se obtuvieron del análisis realizado a múltiples simulaciones. [4]

- Benjamín García González y José Daniel Soto Ortiz, Ing. Msc. escribieron un artículo sobre un "método alternativo para la medición de grandes Sistemas de Puesta a Tierra - Modelo en Prueba". En el presente artículo se describe la metodología utilizada para optimizar el proceso de captura de información durante la medición de la resistencia de puesta a tierra, mediante la aplicación de un método alternativo. Durante la investigación se revisaron los criterios de ubicación de electrodos auxiliares de potencial y de corriente para la medición en los métodos convencionales de la pendiente y de intersección de curvas. Una debilidad en estos métodos corresponde a la localización del electrodo de corriente con respecto a la ubicación y dimensiones de la malla a estudiar. El resultado del trabajo logró disminuir la distancia de ubicación del electrodo de corriente y por ende la ubicación del electrodo de potencial. Propuso el método alternativo de medición de resistencia de puesta a tierra de grandes enmallados, en donde se reducen las distancias de ubicación de los electrodo auxiliares, esto incluye el electrodo de corriente simplificando su utilización lo que conlleva también a una reducción de los costos involucrados en el trabajo de campo. [5]
- Los ingenieros eléctricos. L. Vallejos, J. Rayo Olguín, J.M. Santos de Transelec S.A Chile; publicaron un artículo que concierne al "Dimensionamiento de electrodos de puesta a tierra tipo anillo para sistemas de transmisión HVDC". En el décimo tercer encuentro Regional Iberoamericano de Cigré, realizado del 24 al 28 de mayo de 2009 en Argentina. Este artículo contiene un procedimiento para el dimensionamiento y calculo de parámetros de un electrodo terrestre con forma de anillo en un terreno de dos capas paralelas de distintas resistividades utilizando el método de las imágenes. El método de cálculo permite conocer las dimensiones del electrodo que cumple con ciertas restricciones y, de manera

general, el área de influencia que la inyección de corriente produce en el terreno. Este documento presenta una herramienta y una metodología para el dimensionamiento de un electrodo terrestre, la cual permite estimar las dimensiones que la instalación tendrá y por ende, los requerimientos de suelo. Además, con esta misma herramienta es posible estimar en forma preliminar el área de influencia que los electrodos tendrán, lo cual resulta útil para identificar la aptitud ambiental del sitio de instalación estudiado. [6]

- Integradores de soluciones en protección pararrayos. En el Perú, brindan el soporte técnico en sistemas de puesta a tierra y realizan instalaciones y mantenimientos de los mismos. En este apartado se muestran métodos y procedimientos en la reducción de la resistividad del SPAT, con electrodos, aplicación del aditivo químico, estudio de la resistividad de los suelos. Además por múltiples razones, en el campo de telecomunicaciones se han consolidado por tener buenos resultados. [7]
- Los Ingenieros eléctricos. Maryory Gómez Botero, Sergio Peñaranda y Didier Estrada de Colombia. Publicaron en el año 2009, un artículo concerniente a "Corrosión del cobre en suelos con diferentes grados de agresividad". En el presente trabajo realizaron un estudio del estado de las muestras del cobre después de cinco años de exposición en diferentes tipos de suelos, caracterizaron los productos que se encontraron adheridos a la superficie metálica mediante microscopio óptico. También estudiaron la corrosividad de los suelos utilizados mediante medidas del PH, temperatura, materia orgánica y humedad. Por lo que gracias a los experimentos que realizaron, el cobre mostró buena resistencia a la corrosión. [8]

2.1 BASES TEÓRICAS

La misión principal de la puesta a tierra, para las descargas atmosféricas y eléctricas es disipar de manera eficiente la energía de la descarga eléctrica y/o atmosférica hacia tierra y garantizar la seguridad de equipos y personas. Dentro de la seguridad se consideran dos puntos importantes:

La primera es establecer conexiones equipotenciales, las uniones equipotenciales ayudan a garantizar que no se produzcan diferencias potencialmente peligrosas, entre tierra y los diferentes conductores de entrada, como conductos de agua metálicos, sistemas eléctricos y de comunicaciones. Así mismo, la creación de una red equipotencial de tierra para condiciones de sobretensiones transitorias es esencial para la seguridad de personas y equipos. Aunque esto puede ser deseable en condiciones normales, cuando se producen descargas atmosféricas u otras tensiones transitorias, son inevitables las diferencias de potencial entre las distintas puestas a tierra. Esto puede afectar a los edificios, destruir los equipos y suponer un peligro para las personas. [1]

Por otro lado, la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local, de modo que las diferencias de potencial son mínimas, de este modo se crea una plataforma equipotencial. Si una persona está en contacto simultáneamente con dos piezas diferentes de una estructura metálica expuesta, el conductor de conexión eléctrica debiera garantizar que la persona no reciba un choque eléctrico, haciendo que la diferencia de potencial entre los equipos sea insuficiente. El mismo principio se aplica en el interior de grandes estaciones eléctricas, industrias y casas. En industrias, la conexión eléctrica de estructuras metálicas expuestas, garantizará normalmente que una falla eléctrica por ejemplo a la carcasa de la maquina no generará una diferencia de potencial. En la casa, la conexión eléctrica garantiza que si ocurriese una falla a la cubierta metálica de una máquina lavadora u otro electrodoméstico, cualquier persona que estuviese tocando en el momento de falla, simultáneamente uno de estos equipos y el estanque metálico, no experimentaría un choque eléctrico.[1]

La segunda función del sistema de puesta a tierra es garantizar que en un momento de una falla a tierra, toda corriente que se origine puede retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno esta predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas. La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia de la tierra debe ser bastante baja, de modo que pueda fluir

suficiente corriente de falla a tierra, para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocarían la operación de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente. [1]

La clave para la protección contra las descargas atmosféricas es la baja impedancia óhmica del sistema de puesta a tierra. Todas las conexiones de puesta a tierra deben ser lo más cortas y breves posible para minimizar la inductancia y reducir los picos de tensión inducidos en las conexiones. El sistema de electrodos de tierra debe poder tolerar de manera eficaz las sobretensiones de las descargas y canalizarlas a tierra maximizando el acoplamiento capacitivo al suelo. Asimismo, debe minimizarse la resistencia de la propia tierra a las corrientes de la descarga. Solo tomando en cuenta estos factores puede conseguirse una máxima protección contra estos fenómenos.

La protección contra descargas atmosféricas, los sistemas de puesta a tierra, los empalmes equipotenciales y la protección contra sobretensiones son todas disciplinas interdependientes. Una protección fiable de personas y estructuras, requiere un concepto sistemático y exhaustivo con el objeto de reducir al mínimo las amenazas de las corrientes transitorias y otras perturbaciones del sistema. Por ejemplo, ningún terminal aéreo puede atraer y desviar la energía de una descarga atmosférica sin contar con una conexión fiable a tierra. Del mismo modo incluso el más caro dispositivo de protección contra sobretensiones no podrá ofrecer una protección optima si no hay instalada una conexión eléctrica de baja impedancia a tierra. Por su parte, un sistema de puesta a tierra de baja impedancia puede suponer riesgos de daños físicos y materiales si no hay una conexión equipotencial. Estas disciplinas interdependientes pueden aplicarse debidamente solo analizando la instalación integra, y no únicamente una parte de la misma o determinado equipo.

Dado que ninguna tecnología individual puede eliminar los efectos perjudiciales de las descargas atmosféricas o de las sobretensiones transitorias inducidas. El concepto sobre el que se basa este plan es un enfoque holístico y coordinado que abarca todos los aspectos de una efectiva protección atmosférica y eléctrica de las instalaciones. [1]

94

Por otro lado, uno de los propósitos del SPAT, es proveer un contacto eléctrico de baja impedancia entre el neutro del sistema eléctrico y la tierra. Idealmente el potencial eléctrico del neutro en sistema trifásico debe ser igual al de la tierra. En este caso, la vida de personas siempre estará protegida cuando toquen estructuras metálicas conectadas a la tierra de un sistema eléctrico. Desafortunadamente el valor de la impedancia del sistema de puesta a tierra con respecto a tierra remota es siempre un valor finito. De esta manera el potencial de estructuras aterradas puede ser diferente al potencial de varios puntos en la tierra durante una operación anormal, es decir en condiciones de operación altamente desbalanceadas o condiciones de falla. [2]

Las disciplinas interdependientes que constituyen el plan de protección son:

- Captar la descarga atmosférica o eléctrica. La captación de la descarga eléctrica debe realizarse hacia un punto de conexión conocido y preferencial empleando un sistema de terminal aéreo diseñado a tal efecto (pararrayo).
- Conducir esta energía hacia tierra. La energía debe conducirse a tierra a través de un conductor de bajada diseñado a tal efecto (conductor de cobre).
- Disipar la energía en el sistema de tierra. La energía debe disiparse en un sistema de puesta a tierra de baja impedancia mediante "electrodo".
- Conectar todos los puntos de tierra. Es necesario interconectar todos los puntos de tierra para ayudar a eliminar los retornos de tierra y crear una equipotencial.
- Proteger las líneas de alimentación de CA entrante. Deben protegerse los equipos contra sobretensiones y corrientes transitorias de las líneas eléctricas entrantes para ayudar a evitar averías y numerosos períodos de inactividad.
- Proteger los circuitos de datos y telecomunicaciones de baja tensión. Deben protegerse los equipos contra sobretensiones y corrientes transitorias de las líneas de telecomunicaciones y de señales entrantes para ayudar a evitar averías y numerosas períodos de inactividad. [1]

2.2.1 RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO

La resistividad eléctrica "R" de un material conductor, describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad " σ " como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. Para un conductor rectilíneo y homogéneo de sección "s" y longitud "l" la resistencia eléctrica es:

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde: R= resistencia en Ω

ρ = resistividad en (Ω -metro)

l = longitud del conductor en metros m

s = sección en metros cuadrados

A partir de esta ecuación 2.1, podemos despejar la resistividad:

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \quad \text{Ec. 2.2}$$

La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el ohmio por metro [Ω .m].

La conductividad se define como el inverso de la resistividad y su unidad en el Sistema Internacional es el Siemens (S).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Además, la resistividad es una de las magnitudes físicas con mayor amplitud de variación para diversos materiales. Su valor depende de diversos factores como la temperatura, humedad, compactación y la frecuencia de la corriente de la señal de prueba. [7]

El suelo, es una mezcla de rocas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Ésta mezcla, hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos

los factores, la humedad es el más importante, debido al nivel de agua empleado en el suelo, será determinante en la variación de resistividad del mismo. Además, puede generar alteraciones de resistividades óhmicas en el suelo. Los diferentes porcentajes de humedad para un mismo terreno, darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo.

De acuerdo, a los estudios realizados sobre las resistividades de los diferentes tipos de suelos que existen en la naturaleza, se podrá visualizar en la tabla 2.1. El suelo en terrenos pantanos, donde existen cantidades considerables de agua, el nivel de resistividad del suelo es bajo, así como la tierra negra de cultivo, son importantes debido al bajísimo resistividades óhmicas que poseen. Éste último, se empleará para el sistema de puesta a tierra. [7]

Tabla 2.1. Valores de resistividad de algunos terrenos. [7]

Naturaleza del terreno	Resistividad en (Ω -m)
Terrenos pantanosos	De algunos unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcilla compactas	100 a 200
Margas de jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena Silíceea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alteradas	100 a 600
Terrenos cultivables y fértiles	50
Terrenos cultivables poco fértiles	500

La composición geológica del suelo a profundidad es usualmente compleja y diferente de un sitio a otro. En particular la composición del suelo cercano a la superficie de la tierra está determinada por una mezcla de elementos de sílice como son el cuarzo, las arenas, la arcilla y la grava combinados con alguno o varios metales. Los silicatos son el principal elemento constitutivo del suelo y en particular éste es un elemento con buenas propiedades aislantes. Por tanto, la conductividad del suelo proviene de sales minerales y de la cantidad de agua que complementa la composición del suelo. Otro factor importante en las propiedades conductoras del suelo es el volumen, particularmente si consideramos que aun los semiconductores pueden permitir el paso de grandes cantidades de corriente, siempre que la sección transversal por la que circula sea lo suficientemente grande, y dentro de este contexto, la tierra, debido a sus dimensiones, es prácticamente ilimitada. Conociendo la naturaleza de la composición del suelo a profundidad, es posible evaluar a partir de estudios geotécnicos la composición del terreno y el nivel del manto freático, y de una forma aproximada mediante clasificaciones genéricas la conductividad del suelo. Desafortunadamente, los tipos de suelo no se pueden definir claramente. Por ejemplo, la palabra arcilla puede involucrar tipos de suelo con resistividad del terreno variable en una amplia gama. [3]

2.2.2 ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

El electrodo de tierra, es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno, de tal forma que proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra. En sistemas puestos a tierra se requerirá normalmente llevar una corriente de falla bastante grande por un corto período de tiempo y, en consecuencia, se necesitará tener una sección suficientemente grande como para ser capaz de llevar esta corriente en forma segura. Los electrodos deben tener propiedades mecánicas y eléctricas adecuadas para continuar respondiendo las sollicitaciones durante un periodo de tiempo relativamente largo, en el cual es difícil efectuar ensayos reales o inspección. El material debe tener buena conductividad eléctrica y no corroerse dentro de un amplio rango de condiciones de suelo. Los materiales

usados incluyen cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y fierro fundido. El cobre generalmente es el material preferido, por las razones que se describirán posteriormente. El aluminio se usa algunas veces para conexiones fuera del terreno, pero la mayoría de los estándares prohíben su uso como electrodo de tierra, debido al riesgo de corrosión acelerada. Corrosivo, una capa de óxido deja de ser conductivo y reduce la efectividad de la puesta a tierra. El electrodo puede tomar diversas formas: barras verticales, placas y conductores horizontales. En la figura 2.1. Se observa un conductor de cobre denominado "Electrodo" de puesta a tierra, usado generalmente para pozo de tipo vertical. Del mismo modo, en la figura 2.2. Se muestra una placa conductora (pletina) de cobre desnudo, que se usa generalmente para la instalación de pozo a tierra horizontal. [6]



Figura 2.1. Electrodo de puesta a tierra



Figura 2.2. Pletina de cobre para pozo horizontal

La conductividad de los suelos está dada principalmente por los elementos químicos que lo componen y el grado de humedad imperante. Estos valores se encuentran registrados para distintas regiones del país, pero debido a que los mismos presentan grandes variaciones en pequeñas distancias entre dos

puntos, es aconsejable medir la resistividad del suelo antes de realizar la proyección de la instalación y luego verificar los valores obtenidos.

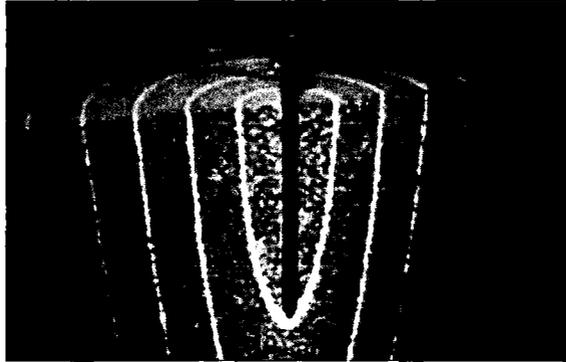


Figura 2.3. Capas cilíndricas del suelo alrededor del electrodo

En la figura 2.3, podemos apreciar como la resistencia eléctrica de una puesta a tierra depende especialmente del tipo de suelo, si consideramos el suelo en capas cilíndricas que tengan igual espesor circundando al electrodo y presumiendo que el mismo tiene una resistividad eléctrica uniforme, se puede ver claramente que la primera capa alrededor del electrodo es la que ofrece la mayor resistencia, esto se debe a que posee la menor sección normal al flujo de corriente, cada capa siguiente tiene una sección cada vez mayor y por lo tanto menos resistencia eléctrica. A una distancia entre 2,5 ó 3,0 metros, la superficie de la capa es tan grande que la resistencia de la misma es despreciable si la comparamos con la de la primera capa. [5]

Como se ha demostrado la resistencia del suelo varía inversamente con la sección y por lo tanto la resistividad del suelo es un factor preponderante en las primeras capas que se encuentran alrededor del electrodo. Mediciones efectuadas muestran que el 90 % de la resistencia eléctrica de los suelos se encuentra en un radio comprendido entre 1,5 a 3,0 metros del electrodo. De lo anterior es que se basa toda la teoría de realizar mejoramiento de los suelos alrededor de los electrodos con productos químicos para disminuir sustancialmente esta resistencia cuando los mismos presentan grandes valores de resistencia. [5]

2.2.3 MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

Existen distintos métodos para lograr la reducción de la resistencia eléctrica, aunque todos ellos presentan un punto de saturación, que es conveniente conocer para evitar diseños antieconómicos. Los métodos para la reducción son los siguientes:

a) El aumento del número de electrodos en paralelo

La acción de aumentar el número de electrodos conectados en paralelo disminuye el valor de la "Resistencia equivalente", pero esta reducción no es lineal puesto que la curva de reducción tiene tendencia asintótica a partir del 6to ó 7tmo. Electrodo y además existe el fenómeno de la resistencia reciproca. Suponiendo un medio ideal, en el que la resistividad del terreno homogéneo es de 600 Ω -m y se clava un electrodo estándar de 2.4 m.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{a} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Siendo: ρ : resistividad del suelo
 a : radio de la barra
 l : longitud de la barra
 π : pi

Se considera:

$$K = \frac{1}{2\pi l} \ln \frac{2l}{a} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Luego resolviendo la ecuación:

$$R = 600 \times 0.49454 = 296.72 \Omega. \quad \text{Ec. 2.6}$$

Según la ecuación de sumatoria de resistencias en paralelo, al aumentar un electrodo (el segundo) obtendríamos aproximadamente 150 Ω . Luego, al aumentar un tercero 100 Ω y para llegar a 5 Ω tendríamos que clavar 60 electrodos tal como se muestra a continuación. [7]

$$5\Omega = \frac{1}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_{60}}} \quad \text{Ec. 2.7}$$

b) El aumento de la longitud y el diámetro de los electrodos

La longitud del electrodo está en función a la resistividad y profundidad de las capas del terreno, obviamente se prefiere colocar el electrodo dentro de la capa de menor resistividad.

Por otro lado, debemos indicar antes de proseguir con las demás variables que los resultados están ligados íntimamente a la resistividad del terreno donde se está trabajando, teniendo valores variables entre 200 a 600 Ω -m en condiciones normales, si aplicamos la fórmula de la resistencia, en la ecuación (2.4). En el mejor de los casos conseguiremos una resistencia congruente a 0.5ρ con un electrodo de dimensiones comunes y usuales; luego al aplicar la reducción recomendada se podrá llegar en el mejor de los casos a 0.1ρ , lo cual en la práctica nos resulta un valor de aproximadamente 20 Ω para el caso más favorable; siendo este valor muy alto para sistemas de tierra usados en pararrayos, centros de cómputo y telefonía.

El aumento en el diámetro del electrodo tiene que ser mayúsculo para que su aporte reduzca significativamente la resistencia, debido a que en la fórmula de la resistencia el producto de la longitud x el diámetro del electrodo se multiplica por un logaritmo natural. [7]

c) El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos

Normalmente la distancia entre ejes de los electrodos debe ser $\geq 4L$ siendo L la longitud del electrodo; pero en los casos donde se requiera obtener resistencias eléctricas muy bajas y exista disponibilidad de área de terreno, las distancias entre ejes de los electrodos, deberán ser lo máximo posible. Pues a mayor distancia entre ejes de electrodos, mayor será la reducción de la resistencia a obtener; y ello por el fenómeno de la resistencia mutua entre electrodos.

Por eso, el aumento de la distancia entre los electrodos es uno de los aspectos que se tiene que tener en cuenta en la instalación. [7]

d) Cambio del terreno

Los terrenos pueden ser cambiados en su totalidad, por terreno rico en sales naturales; cuando ellos son rocosos, pedregosos, calizas, granito, etc., que son terrenos de muy alta resistividad y pueden cambiarse parcialmente cuando el terreno está conformado por componentes de alta y baja resistividad; de modo que se supriman las partes de alta resistividad y se reemplacen por otros de baja resistividad; uno de estos procedimientos es el zarandeo del terreno donde se desechan las piedras contenidas en el terreno.

El cambio total parcial del terreno deberá ser lo suficiente para que el electrodo tenga un radio de buen terreno que sea de 0 a 0.50 metros, en todo su contorno así como en su fondo. La resistencia crítica de un electrodo se encuentra en un radio contorno que va de 0 a 0.5 metros de este, por lo que se tendrá sumo cuidado con las dimensiones de los pozos para los electrodos proyectados. El % de reducción en estos casos es difícil de deducir, debido a los factores que intervienen, como son resistividad del terreno natural, resistividad del terreno de reemplazo total ó parcial, adherencia por la compactación y limpieza del electrodo, pero daremos una idea porcentual más menos en función al tipo de terreno y al cambio total ó parcial. Para lugares de alta resistividad donde se cambie el terreno de los pozos en forma total, el porcentaje puede estar entre 50 a 70 % de reducción de la resistencia eléctrica resultante.

Para terrenos de media resistividad, donde se cambie el terreno de los pozos en forma parcial ó total, el porcentaje de reducción puede estar como sigue:

Cambio parcial de 20 a 40 % de reducción de la resistencia eléctrica resultante. [7]

Para terrenos de baja resistividad donde se cambiará el terreno de los pozos en forma parcial, el porcentaje de reducción puede estar entre 20 a 40 % de la resistividad natural del terreno. La saturación en este caso se dará, si cambiamos mayor volumen de tierra que la indicada, los resultados serán casi los mismos y el costo será mucho mayor, lo cual no se justifica. Los suelos de

cultivo, tienen las menores resistividades óhmicas que oscilan entre 5 a 50 ohmios y son empelados con mucha frecuencia en el SPAT.

e) Tratamiento químico al suelo

El tratamiento químico del suelo surge como un medio de mejorar y disminuir la resistencia eléctrica del SPAT, sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos. Para elegir el tratamiento químico de un SPAT se deben considerar los siguientes factores:

- Alto % de reducción inicial
- Facilidad para su aplicación
- Tiempo de vida útil (del tratamiento y de los elementos del SPAT)
- Facilidad en su reactivación
- Estabilidad (mantener la misma resistencia durante varios años)

Las sustancias que se usan para un eficiente tratamiento químico deben tener las siguientes características:

- Higroscopicidad, teniendo alta capacidad de gelificación
- No ser corrosivas, logrando alta conductividad eléctrica
- Químicamente estable en el suelo, siendo no tóxico
- Inocuo para la naturaleza

Aditivos químicos

Son compuestos químicos que se agregan al suelo para modificar su composición, con el fin de hacerlos más conductivos. En algunos casos resultan dañinos para las construcciones y corrosivos para los electrodos. Su promedio de vida es en general seis meses y requieren de mantenimientos frecuentes. Entre éstos, se encuentran las sales y la mayoría de "Gels" presentes en el mercado.

Tipos de tratamiento químico

Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de un SPAT los más usuales son:

- Cloruro de sodio + carbón vegetal

- Bentonita
- Cemento conductor
- THOR GEL.

Ninguna Sal en estado seco es conductiva, para que los electrolitos de las sales conduzcan corriente, se deben convertir en soluciones verdaderas o en pseudo soluciones, por ejemplo: el cloruro de sodio en agua forma una solución verdadera, lo mismo que el azúcar, el mismo cloruro de sodio disuelto en benceno formará una pseudo solución o dispersión coloidal como también se le conoce.

Cloruro de sodio + carbón vegetal: El Cloruro de sodio forma una solución verdadera muy conductiva que se precipita fácilmente junto con el agua por efecto de la percolación, capilaridad y evapotranspiración; la solución salina tiene una elevada actividad corrosiva con el electrodo, reduciendo ostensiblemente su tiempo de vida útil, la actividad corrosiva se acentúa si el electrodo es de hierro cobreado (copperweld). Si bien es cierto que el cloruro de sodio disuelto en agua no corroe al cobre (por ser un metal noble) no es menos cierto que la presencia de una corriente eléctrica convertirá al sistema, cobre-solución cloruro de sodio, en una celda electrolítica con desprendimiento de cloro y formación de hidróxido de sodio en cuyo caso ya empieza la corrosión del cobre.

El objetivo de la aplicación del carbón vegetal molido (cisco de carbonería) es aprovechar la capacidad de este para absorber la humedad del medio, (puesto que el carbón vegetal seco es aislante) y retener junto a esta algunos de los electrolitos del cloruro de sodio que se percolan constantemente. [7]

Las bentonitas: Constituyen un grupo de sustancias minerales arcillosas que no tienen composición mineralógica definida y deben su nombre al hecho de haberse descubierto el primer yacimiento cerca de Fort Benton, en los estratos cretáceos de Wyoming en 1848; Aun cuando las distintas variedades de bentonitas difieren mucho entre sí. De acuerdo a sus propiedades respectivas, es posible clasificarlas en dos grandes grupos:

- **Bentonita sódica.** En las que el ión sodio es permutable y cuya característica más importante es una marcada tumefacción o hinchamiento que puede alcanzar en algunas variedades hasta 15 veces su volumen y 5 veces su peso.
- **Bentonita cálcica.** En las que el ión calcio es permutable, tiene menor capacidad para absorber agua y por consiguiente solo se hinchan en la misma proporción que las demás arcillas.

Las bentonitas molidas retienen las moléculas del agua, pero la pierden con mayor velocidad con la que la absorben debido a la sinéresis provocada por un exiguuo aumento en la temperatura ambiente. Al perder el agua pierden conductividad y restan toda compactación lo que deriva en la pérdida de contacto entre el electrodo y el medio, elevándose la resistencia del pozo ostensiblemente, una vez que la Bentonita se ha armado, su capacidad de absorber nuevamente agua es casi nula.

CEMENTO CONDUCTIVO: Es usado para reducir la resistividad del suelo, en prevención de electricidad estática y en la protección catódica; el cual reduce la resistencia y disminuye la impedancia de los sistemas de tierras físicas. Es usado para los pozos a tierra, mallas y conductores enterrados horizontalmente en suelo llamado también tierras físicas. Su aplicación es para sistemas eléctricos, electrónicos, digitales, industriales, telecomunicaciones, sistemas de cómputo y minería. Además se requiere tener una impedancia baja ante sobre voltajes transitorios.

Entre los beneficios tenemos:

- Protege contra contactos de toque y paso.
- Mejora la protección de sobre corriente para el equipo y sistema.
- Mantiene al mínimo los transitorios de sobretensiones que pueden aparecer en el sistema.
- Posee el contacto ideal con el suelo circundante.
- Reduce la resistencia de tierra hasta un 50 %.
- Mejora la especialidad de servicio.

Fácil de instalación a cualquier nivel de resistividad drásticamente la impedancia y mejora el comportamiento de los sistemas de puestas a tierra. [4]

THOR GEL: Es un compuesto químico complejo que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus 02 componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal, formando una malla tridimensional, que facilita el movimiento de ciertos iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u en otro sentido; convirtiéndose en un excelente conductor eléctrico.

Tiene una gran atracción por el agua, de modo que puede aprisionarla manteniendo un equilibrio con el agua superficial que la rodea; esto lo convierte en una especie de reservorio acuífero. Rellena los espacios intersticiales dentro del pozo, constituyendo una excelente conexión eléctrica entre el terreno (reemplazado) y el electrodo, asegurando una conductividad permanente. Ver figura 2.4. Además, no es corrosivo con el cobre, por lo que la vida media de la puesta a tierra con el producto THOR-GEL será entre 20 a 25 años, manteniéndola de vez en cuando si la pérdida de humedad es mayúscula y hay elevación de la resistencia eléctrica. [7]



Figura 2.4. Compuesto químico THOR GEL

El tratamiento químico con THOR GEL, consiste en incorporar al pozo, los electrolitos que aglutinados bajo la forma de un gel mejora la conductividad de la tierra y retenga la humedad en el pozo por un periodo prolongado de manera que se garantice una efectiva reducción de la resistencia eléctrica y una estabilidad que no se vea afectada por las variaciones del clima. La cantidad de dosis, por metro cúbico de tierra del SPAT, varía de 1 a 3, y está en función a la resistividad natural del terreno.

Tabla 2.2 Tratamiento con THOR GEL en el suelo [7]

Resistividad Ω -m	Dosificación
De 50 a 200	1 dosis x m ³
De 200 a 400	2 dosis x m ³
De 400 a más	3 dosis x m ³

El problema de lograr una resistencia baja en la roca así como en otros suelos de alta resistividad, está asociada con el material en contacto con el electrodo y la compactación que éste recibe al rellenar el agujero.

El relleno ideal debe compactarse fácilmente, no ser corrosivo y a la vez buen conductor eléctrico. Es ideal excavar una zanja alrededor de la varilla y llenarla con unos 20 o 40 kg de los compuestos químicos mencionados, diluyendo con agua. [7]

2.2.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS PARA SISTEMA A TIERRA

¿Por qué el cobre es tan utilizado en sistemas eléctricos?

El principal razón para utilizar el cobre, es su excelente conductividad eléctrica en otras palabras por su baja resistencia eléctrica. La resistencia es indeseable, pues produce pérdidas de calor cuando el flujo eléctrico circula a través del material. El cobre tiene la resistencia eléctrica más baja de todos los metales no preciosos. [1]

¿Existen otros materiales que puedan ser utilizados como conductores eléctricos?

Sí, casi todos los materiales conducen la electricidad en un cierto grado. Pero para ser un serio candidato a ser utilizado como conductor eléctrico, un material debe combinar una conductividad muy alta pero importantes características mecánicas. Por esa razón, prácticamente, los materiales más utilizados como conductores son los metales. Los llamados superconductores son materiales especiales que tienen, en ciertas circunstancias específicas,

una conductividad eléctrica casi perfecta. Algunos de los materiales superconductores son aleaciones de cobre. Los superconductores deben ser operados a muy bajas temperaturas (temperaturas inferiores a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ para algunos materiales) y eso es muy difícil desde el punto de vista práctico en un gran sistema.

Europa, por ejemplo tiene 7 millones de kilómetros entre líneas y cables de electricidad, imagine tratar de mantenerlos a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto no sólo es virtualmente imposible, sino que además requeriría de una gran cantidad de energía para mantener el enfriamiento. Los superconductores, sin embargo, son muy útiles en circunstancias específicas, por ejemplo, donde debe ser transportada una gran cantidad de energía eléctrica o dónde los espacios son limitados, como es el caso de grandes áreas urbanas con gran densidad de energía, y en subestaciones de transmisión. Aparte de los superconductores, cuatro metales sobresalen por su gran conductividad: la plata, el oro, el cobre y el aluminio. Debido a que la plata y el oro son demasiado costosos, el cobre y el aluminio son los principales candidatos. Otros metales tienen mucha mayor resistencia, por lo que son menos pertinentes. [1]

¿Tienen el cobre y el aluminio la misma conductividad?

No exactamente, la resistencia del aluminio es 65 % más alta que la de cobre. Como resultado de esto, para conducir la misma corriente eléctrica, un cable de aluminio necesitará una sección transversal un 65 % más grande que la de un cable de cobre. Pero esa no es toda la desventaja, además de menos conductivo, el aluminio es tres veces más liviano que el cobre. Como resultado de esto, el cobre y el aluminio tienen cada uno sus propias áreas de aplicación.

¿Cuáles son ejemplos típicos para los campos de aplicación de ambos metales?

Para cables aéreos, el peso de los cables es el factor decisivo, por eso el aluminio es el más empleado. Esto significa que los conductores son más voluminosos, pero no es significativo a la hora de diseñar una línea aérea.

El cobre como conductor eléctrico para cables bajo tierra que transportan alto voltaje, el cobre es el más pertinente; en este caso el mayor costo de este material se debe a su aislamiento. El aluminio puede significar un conductor de mayor área, por lo que se necesitará una mayor cantidad de material de aislamiento para rodearlo, lo que puede redundar en un cable de mayor costo. Consecuentemente, en este caso, se prefiere a menudo el menor volumen que ofrece el cobre. Otra ventaja del cobre para aplicaciones bajo tierra es su alta resistencia contra la corrosión. Esta es la razón por la que las líneas aéreas en zonas costeras, son a menudo construidas en cobre en vez de aluminio. [1]

La importancia del cobre en telecomunicaciones, se observa en la figura 2.5 y figura 4.6.

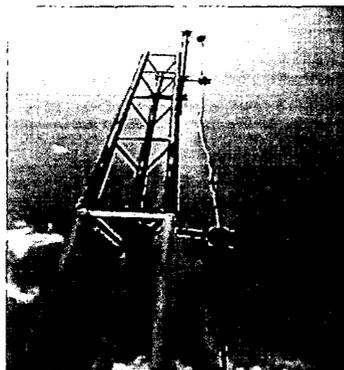


Figura 2.5. Cable de cobre

Figura 2.6. Aplicación del cobre en telecomunicaciones

¿Qué conductor usar en cables eléctricos de hogares y oficinas?

En casas y oficinas, el cobre se utiliza por razones prácticas. Los terminales de conexión como para enchufes hechos de aluminio serían mucho más grandes, lo que resultaría muy poco práctico. Los cables también serían más gruesos y se necesitarían ductos o bandejas más grandes. Además, como los cables de cobre son hechos por un número importante de finos hilos de ese material, son altamente flexibles y fáciles de pasar a través de los ductos. Existe otra razón del porqué se prefiere el cobre en los edificios, y es que éste permite que un alambre y un Terminal de prensa puedan ser conexionados sin deformaciones del conductor, situación que es altamente conveniente. Estas conexiones no pueden ser hechas en alambres de aluminio. Bajo la presión del tornillo, el

aluminio podría dilatarse, disminuyendo su área activa, lo que deriva en una conexión debilitada, con gran riesgo de sobre temperatura y la probabilidad del fuego asociado.

¿Existen otros criterios importantes aparte de la conductividad y densidad?

Sí existen. El cobre posee excelentes características que lo convierten en el conductor por excelencia en equipos eléctricos. Mecánicamente, es un material más fuerte que el aluminio, y consecuentemente más durable. Esto es especialmente verdadero para aplicaciones en entornos exigentes, tales como guarniciones de alambre para coches, alambre magnético para motores eléctricos o cables de poder en entornos industriales. Además, posee un bajo coeficiente de dilatación térmica, que implica una baja expansión cuando se calienta; esto implica proveer menos espacio libre para la expansión del material en los equipos. El cobre, tiene una mayor capacidad térmica que el aluminio (cuando se hace referencia a unidad por volumen), lo que significa que se puede disipar más calor durante procesos pasajeros. Los diseños en cobre generalmente derivan en aplicaciones eléctricas más compactas. Esta compactación, además, economiza en los materiales no conductores del aparato. Como resultado, un diseño basado en el uso de cobre puede terminar siendo más liviano que su equivalente en aluminio, a pesar del mayor peso específico que tiene el cobre. [1]

Tabla 2.3 Propiedades físicas del cobre y el aluminio [1]

Propiedad	Cobre(Cu-ETP)	Aluminio(1350)	Unidades
Conductividad eléctrica (templada)	101	61%	IACS
Resistencia eléctrica templada	1.72	2.83	Ohm-cm
Conductividad termal 20°C	397	230	W/mk
Coefficiente de expansión	17x10-6	23x10-6	Cm/°C
Fuerza tensora(templada)	200-250	50-60	N/mm2
Fuerza tensora	260-300	85-100	N/mm2
0.2% prueba de fuerza templada	50-55	20-30	N/mm2
0.2% prueba de fuerza	170-200	60-65	N/mm2
Módulo elástico	116-130	70	N/mm2
Fuerza de fatiga templada	62	35	N/mm2
Fuerza de fatiga mediana	117	50	N/mm2
Color específico	385	900	J/KgK
Densidad	8.91	2.70	g/cm3
Punto	1083	660	°C

2.2.5 HUMEDAD DEL SUELO

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. El suelo se comporta como un depósito, al cual se le puede determinar la cantidad de agua almacenada en un cualquier momento. Por otro lado, la similitud del suelo con una esponja permite explicar los procesos de retención de agua. Cuando se toma una esponja que está aparentemente seca y se comienza a adicionar agua lentamente, ésta la absorberá. Al continuar el proceso, el agua empieza a drenar libremente; si se deja de aplicar, llega un momento en que cesa el drenaje. Sin embargo, en caso de ejercer presión sobre la esponja el agua continuará drenando.

Al aplicar agua al suelo éste recibirá una cantidad de acuerdo con su capacidad de absorción, después de un intervalo de tiempo el agua empezará a drenar libremente. Cuando se interrumpe el suministro de agua al suelo, continuará drenando hasta un punto en donde la fuerza con que está retenida el agua (tensión de humedad del suelo) sea de tal magnitud que no permita drenar libremente el agua. Este contenido de humedad se conoce como *capacidad de campo*. Las leyes físicas que explican la retención de agua en la esponja, son las mismas que la definen en los poros del suelo. Esta fuerza o tensión de humedad del suelo con que el agua es retenida, es producto de la adhesión atracción entre la superficie de las partículas de suelo y el agua. Este proceso de retención que depende de las características de tensión superficial del agua del suelo y del ángulo de contacto entre el agua y las partículas de suelo, es el mecanismo principal de retención de agua en los suelos livianos, mediados y dentro de determinados intervalos de humedad, también en los suelos pesados el potencial mátrico conocido como succión es cercana a cero. Si al suelo se le aplicara una fuerza externa, el agua sería desplazada primero de los poros más grandes, y luego reemplazada por aire. La disminución continua de agua en los poros del suelo produce simultáneamente el aumento de la fuerza con que es retenida el agua en el suelo y el incremento de la tensión de humedad del

suelo, o potencial mátrico del mismo. Esto es debido a que entre menor sea el radio de los poros que retienen el agua, la tensión capilar es mucho mayor. Por tanto, a pesar de ser la capacidad de almacenamiento de agua en un suelo arcilloso mayor que en uno arenoso, la fuerza con que retiene el agua la arcilla es mayor a la de la arena. [8]

El Método Gravimétrico

Es el método tradicional para establecer el contenido de humedad de una muestra de suelo. La muestra es pesada, secada en un horno a 105 °C durante 24 horas, determinándose mediante una balanza el peso del agua y el peso de suelo seco. Con éstas medidas se determina el contenido de humedad con base en peso. Un suelo puede presentar en un momento dado un contenido de humedad con base en peso (W%) mayor al 100%, un ejemplo de esto es presentado por aquellos suelos que poseen altos contenidos de materia orgánica, así como densidades aparentes menores a 1.0 gr/cm³, capaces de tomar más agua que la que pueden pesar cuando están secos.

$$W(\%) = \frac{\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco}}{\text{Peso del suelo seco}} (100) \quad \text{Ec. 2.8}$$

El gravimétrico es el único método directo para estimar el contenido de humedad en el suelo y es el estándar con el cual son comparados otros sistemas de estimación de humedad. [8]

2.2.6 TEMPERATURA

La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando tocamos un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro sentimos una sensación de frío, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no debemos confundir la temperatura con el calor. [8]

Cuando dos cuerpos, que se encuentran a distinta temperatura, se ponen en contacto, se producen una transferencia de energía, en forma de calor, desde

el cuerpo caliente al frío, esto ocurre hasta que las temperaturas de ambos cuerpos se igualan. En este sentido, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros.

Medición de la temperatura: El instrumento utilizado habitualmente para medir la temperatura es el termómetro. Los termómetros de líquido encerrado en vidrio son los más populares; se basan en la propiedad que tiene el mercurio, y otras sustancias (alcohol coloreado, etc.), de dilatarse cuando aumenta la temperatura. El líquido se aloja en una burbuja -bulbo- conectada a un capilar (tubo muy fino). Cuando la temperatura aumenta, el líquido se expande por el capilar, así, pequeñas variaciones de su volumen resultan claramente visibles. [9]

Escalas: Actualmente se utilizan tres escalas para medir la temperatura, la escala Celsius es la que todos estamos acostumbrados a usar, el Fahrenheit se usa en los países anglosajones y la escala Kelvin de uso científico.

Tabla 2.4. Escalas de medición de la temperatura

Nombre	Símbolo	Temperaturas de referencia	Equivalencia
Escala Celsius	°C	Puntos de congelación (0° C) y ebullición del agua (100 °C)	$C = K - 273$
Escala Fahrenheit	°F	Punto de congelación de una mezcla anticongelante de agua y sal y temperatura del cuerpo humano.	$°F = 1,8 °C + 32$
Escala Kelvin	K	Cero absolutos (temperatura más baja posible) y punto triple del agua.	$K = °C + 273$

Los átomos y moléculas en una sustancia no siempre se mueven a la misma velocidad. Esto significa que hay un rango de energía (energía de

movimiento) en las moléculas. La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia.

Como lo que medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño.

2.2.7 ELEMENTOS PARA EL MONITOREO DEL SISTEMA DE POZO A TIERRA (SPAT)

2.2.7.1 TRANSFORMADOR: Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o de silicio. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios, según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión respectivamente. También existen transformadores con más devanados; en este caso, puede existir un devanado terciario. Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al devanado de entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad, en las condiciones deseadas, de menor tensión que el secundario. Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y el sentido de la corriente alterna crearan un campo magnético variable, dependiendo de la frecuencia e la corriente. Este campo de magnético se originara por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

Los transformadores están compuestos de diferentes elementos. Los componentes básicos son:

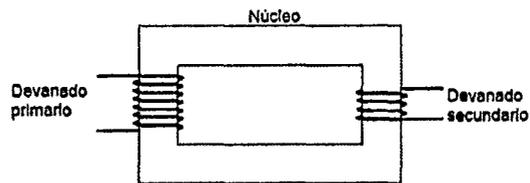


Figura 2.7. Modelización de un transformador monofásico ideal

- **Núcleo:** Este elemento está constituido por chapas de acero al silicio aisladas entre ellas. El núcleo de los transformadores está compuesto por las columnas, que es la parte donde se montan los devanados, y las culatas, que es la parte donde se realiza la unión entre las columnas. El núcleo se utiliza para conducir el flujo magnético, ya que es un gran conductor magnético.
- **Devanados:** El devanado es un hilo de cobre enrollado a través del núcleo en uno de sus extremos y recubiertos por una capa aislante, que suele ser barniz. Está compuesto por dos bobinas, la primaria y la secundaria. La relación de vueltas del hilo de cobre entre el primario y el secundario nos indicará la relación de transformación. El nombre de primario y secundario es totalmente simbólico. Los transformadores son elementos muy utilizados en la red eléctrica.

Una vez generada la electricidad en el generador de las centrales, y antes de enviarla a la red, se utilizan los transformadores elevadores para elevar la tensión y reducir así las pérdidas en el transporte producidas por el efecto Joule. Una vez transportada se utilizan los transformadores reductores para darle a esta electricidad unos valores con los que podamos trabajar. [12]

2.2.7.2 DIODO: Es un diodo semiconductor que permite el paso de la corriente eléctrica, en una misma dirección con características a un interruptor. De forma simplificada, la curva característica del diodo (I - V) consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un interruptor cerrado con una resistencia eléctrica muy pequeña. Debido a este comportamiento, se les suele

denominar rectificadores, ya que son dispositivos capaces de convertir una corriente alterna en corriente continua. El diodo deja circular corriente a través suyo cuando se conecta el polo positivo de la batería al ánodo, y el negativo al cátodo, y se opone al paso de la misma si se realiza la conexión opuesta. Esta interesante propiedad puede utilizarse para realizar la conversión de corriente alterna en continua, a este procedimiento se le denomina rectificación.

En efecto, si se aplica a este diodo una tensión alterna, únicamente se producirá circulación de corriente en las ocasiones en que el ánodo sea más positivo que el cátodo, es decir, en las alternancias positivas, quedando bloqueado en las alternancias negativas, lo que impide el paso de la corriente por ser en estas ocasiones el ánodo más negativo que el cátodo. La corriente resultante será pulsante, ya que sólo circulará en determinados momentos, pero mediante los dispositivos y circuitos adecuados situados a continuación puede ser convertida en una corriente continua constante, que es el que se emplea actualmente casi en exclusiva; presenta sobre el de vacío algunas ventajas fundamentales: Es de tamaño mucho más reducido, lo que contribuye a la miniaturización de los circuitos. [14]

Una de las aplicaciones clásicas de los diodos rectificadores, es en las fuentes de alimentación; aquí, convierten una señal de corriente alterna en otra de corriente directa.

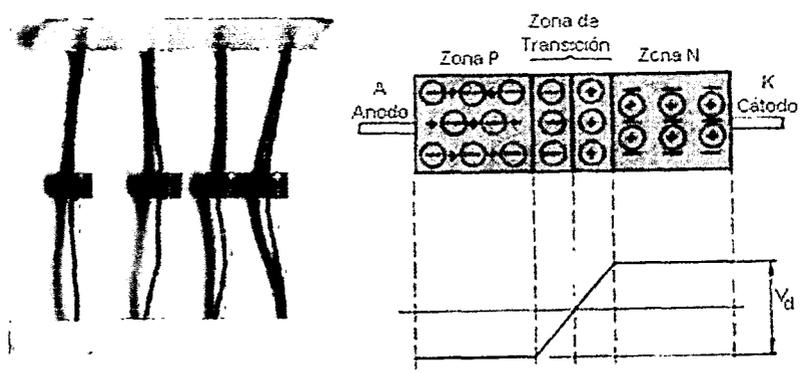


Figura 2.8. Diodo rectificador

2.2.7.3 REGULADOR DE VOLTAJE: Un regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante.

Los reguladores se pueden encontrar en las fuentes de alimentación reguladores integrados, normalmente son componentes muy parecidos a los transistores de potencia, suelen tener tres terminales, uno de entrada, un común o masa, y uno de salida, tienen una capacidad de reducción del rizado muy alta y normalmente sólo hay que conectarles un par de condensadores. Existen circuitos reguladores con un gran abanico de tensiones y corrientes de funcionamiento. La serie más conocida de reguladores integrados es la 78xx y la serie 79xx para tensiones negativas. Los de mayor potencia necesitarán un disipador de calor, este es el principal problema de los reguladores serie lineales tanto discreto como integrado, al estar en serie con la carga las caídas de tensión en sus componentes provocan grandes disipaciones de potencia. Normalmente estos reguladores no son buenos para aplicaciones de audio por el ruido que pueden introducir en preamplificadores. [15]

Los parámetros importantes son:

- Regulación de carga es el cambio en el voltaje de salida para un cambio dado en la corriente de carga.
- Regulación de línea o regulación de entrada es el grado al cual el voltaje de entrada cambia con el voltaje de salida. Es decir, como una relación del cambio entre voltaje de entrada y de salida.
- Coeficiente de temperatura del voltaje de salida, es el cambio en el voltaje de salida con la temperatura (probablemente un promedio dentro de un rango de temperatura).
- Precisión del voltaje de un regulador de voltaje refleja el error en el voltaje de salida sin tomar en cuenta la temperatura o el tiempo de funcionamiento del mismo.
- Voltaje de caída es la diferencia mínima entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida para el cual el regulador puede aún suministrar la corriente especificada.

- Valores máximos permitidos están definidos para los componentes del regulador, y especifican las corrientes de salida pico que pueden usarse, el voltaje máximo de entrada, la disipación máxima de potencia dada una temperatura, etc.
- Corriente de consumo es la corriente que pasa internamente por el circuito que no se va para la carga, medido normalmente como la corriente de entrada cuando no hay una carga conectada.
- Respuesta transitoria es la reacción del regulador cuando hay un cambio súbito de la corriente de carga (carga transitoria) o en el voltaje de entrada (línea transitoria).

Los reguladores de voltaje retroalimentados operan al comparar el voltaje de salida actual con algún voltaje de referencia asignado. Cualquier diferencia es amplificada y usada para controlar el elemento de regulación para reducir el voltaje de error, esto forma un lazo de control de realimentación negativa, haciendo que la ganancia tienda a incrementar la precisión de regulación pero reducir la estabilidad (se debe evitar la oscilación, durante los cambios de paso). También habrá una compensación entre la estabilidad y la velocidad de respuesta a los cambios. [15]

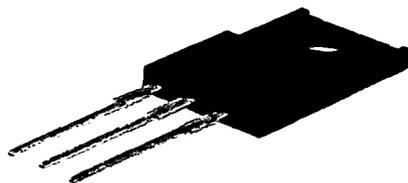


Figura 2.9. Regulador de voltaje

2.2.7.4 RESISTENCIA ELÉCTRICA: Se denomina resistencia eléctrica, simbolizada habitualmente como "R", a la dificultad u oposición que presenta un cuerpo al paso de la corriente eléctrica para circular a través de él. En el sistema internacional de unidades, su valor se expresa en ohmios (Ω). El valor de la resistencia, se mide con el instrumento llamado ohmímetro. Esta definición es válida para la corriente alterna, cuando se trata de elementos resistivos puros, esto es sin presencia del componente inductivo ni capacitivo. Pero, al existir

estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

La resistencia eléctrica como unidad de medida nos va a ayudar a diferenciar los cuerpos que son mejores conductores de los que son peores, de tal manera que podremos decir que un mal conductor posee mucha resistencia eléctrica, mientras que un buen conductor tiene poca resistencia eléctrica.

La resistencia eléctrica es la mayor o menor oposición que ofrecen los cuerpos conductores al paso de la corriente eléctrica. Este fenómeno se podría explicar así: Cuando los electrones circulan por un conductor, éstos tienen que moverse a través de todos los átomos, produciéndose una especie de rozamiento (resistencia al movimiento de electrones) que se transforma en calor. Estos choques son menores en los buenos conductores que en los malos.

Medida de la resistencia eléctrica: El aparato que se utiliza para medir la resistencia eléctrica es el óhmetro. Para medir el valor de una resistencia, bastará con conectar los extremos de ésta a las puntas del óhmetro. Existen muchos tipos de óhmetros, pero uno de los más conocidos y más utilizados para medir resistencias de una forma aproximada es el que incorpora el multítester.

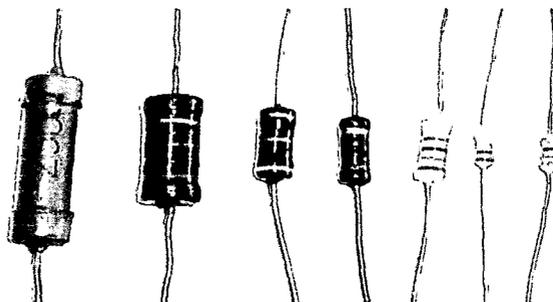


Figura 2.10. Variedad de resistencia

2.2.7.5 RELÉ: El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de

salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y desactivación, etc.

Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

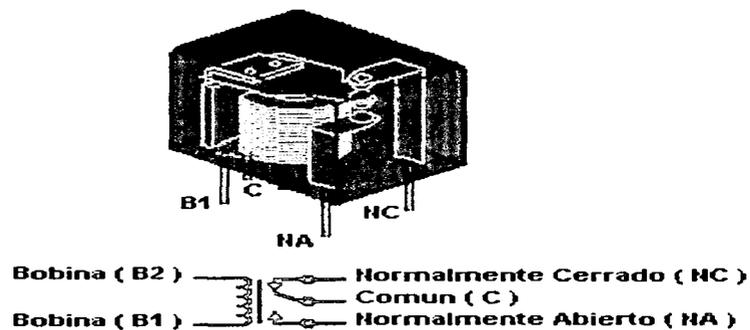


Figura 2.11. Conexión interna del Relé

B1 y B2: Son los terminales de alimentación de la bobina, cuando circule corriente por ellos el relé se activará cambiando de posición su interruptor interno y el terminal C se conectará con el terminal **NA**.

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán. [16]

2.2.7.6 TRANSISTOR: Es un componente electrónico que está presente en casi todo dispositivo eléctrico y electrónico. Funcionan en base a materiales semiconductores y poseen tres terminales. Puede ser usado como amplificador o como interruptor. Son una parte fundamental de todos los aparatos electrónicos, tanto digitales como analógicos. En los dispositivos electrónicos se utiliza como interruptor, pero también se usa para otras funciones que se relacionan con las memorias RAM y puertas lógicas. En cambio, en los aparatos analógicos, se usan los transistores como amplificadores. Existen varios tipos de transistores entre los que tenemos los transistores bipolares y los transistores de efecto de campo. Los primeros se fabrican mediante la unión de tres cristales semiconductores y son los más utilizados en todo tipo de artefactos electrónicos y analógicos.

El transistor bipolar fue inventado en 1947 en los laboratorios Bell de Estados Unidos, lo que significó un premio Nobel para los investigadores involucrados. El transistor de efecto de campo fue desarrollado en 1930, pero no se le encontró ninguna aplicación útil ni era posible fabricarlos masivamente con las tecnologías de ese entonces. [17]



Figura 2.12. Transistor de BJT

2.2.7.7 LÁMPARA: Una lámpara eléctrica es un dispositivo que produce luz a partir de energía eléctrica, esta conversión puede realizarse mediante distintos métodos como el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, por fluorescencia de ciertos metales ante una descarga eléctrica o por otros sistemas. En la actualidad, se cuenta con tecnología para producir luz con eficiencias del 10 al 70 %. El invento de la primera lámpara eléctrica incandescente se atribuye generalmente a Thomas Alva Edison que presentó el 21 de octubre de 1879, una lámpara práctica y viable que lució durante 48 horas

ininterrumpidas. El 27 de enero de 1880 le fue concedida la patente, con el número 223.898. Otros inventores también habían desarrollado modelos que funcionaban en laboratorio, incluyendo a Joseph Swan, Henry Woodward, Mathew Evans, James Bowman Lindsay, William Sawyer y Humphry Davy. Cabe recordar que el alemán, Heinrich Göbel ya había registrado su propia bombilla incandescente en 1855, mucho antes por tanto que Thomas A. Edison. Tiempo después, pero siempre antes que a Edison, el 11 de julio de 1874 se le concedió al ingeniero ruso Aleksandr Lodygin la patente nº1619 por una bombilla incandescente.



Figura 2.13. Lámpara incandescente

2.2.7.8 MOTOR: Es la máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Este movimiento, normalmente es ascendente. Las bombas pueden ser de dos tipos "volumétricas" y "turbo-bombas". Todas constan de un orificio de entrada (de aspiración) y otro de salida (de impulsión).

Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen, es el caso de la bomba de émbolo. Las turbo bombas poseen un elemento que gira, produciendo así el arrastre del agua. Este elemento "rotor" se denomina "Rodete" y suele tener la forma de hélice o rueda con paletas.

Las bombas pueden recibir la energía de diversas fuentes. Desde la antigüedad se ha usado la energía eólica en este menester. El movimiento de las paletas del molino de viento se transmite a una bomba que extrae agua de un pozo. Cuando la bomba recibe la energía a través de un motor acoplado (eléctrico, de gasóleo o gasolina), al conjunto se le llama moto-bomba. El motor puede también estar separado de la bomba. Entonces hace falta un elemento que le transmita el movimiento. Puede ser una polea, un eje, etc. [18]

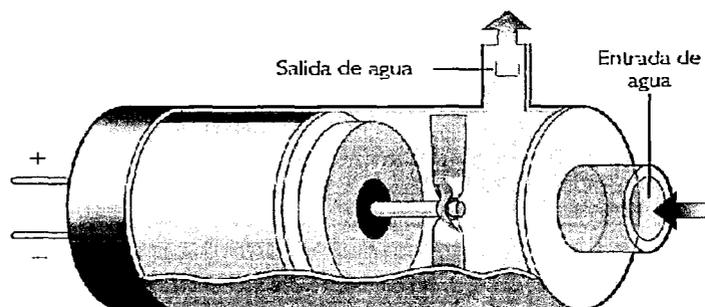


Figura 2.14. Diagrama interno del motor eléctrico

2.2.7.9 PLACA IMPRESO: En electrónica, un circuito impreso, tarjeta de circuito impreso o PCB (del inglés printed circuit board), es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre una base no conductora. El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores, y sostener mecánicamente por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos.

Los caminos son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica de resinas de fibra de vidrio reforzada (la más conocida es la FR4), cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.



Figura 2.15. Placa impreso de cobre

2.2.8.0 PROTOBOARD: Es un instrumento práctico para realizar el montaje de componentes electrónicos. Tiene partes metálicas, y es como una especie de tablero con orificios, en la cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para armar circuitos. Como su nombre lo indica, esta tableta sirve para experimentar con circuitos electrónicos, con lo que se asegura el buen funcionamiento del mismo. Básicamente, la estructura de un protoboard se divide en tres regiones:

A) Canal central: Es la región localizada en el medio del protoboard, se utiliza para colocar los circuitos integrados.

B) Buses: Los buses se localizan en ambos extremos del protoboard, se representan por las líneas rojas (buses positivos o de voltaje) y azules (buses negativos o de tierra) y conducen de acuerdo a estas, no existe conexión física entre ellas. La fuente de poder generalmente se conecta aquí. [20]

C) Pistas: La pistas se localizan en la parte central del protoboard, se representan y conducen según las líneas rosas.

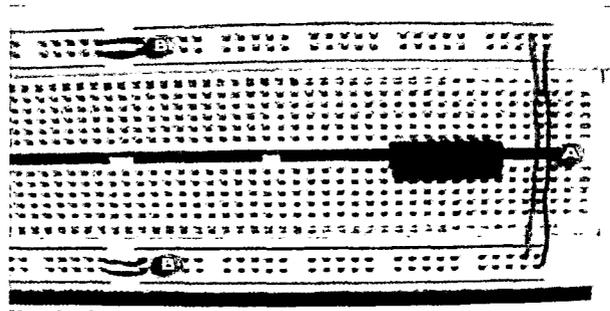


Figura 2.16. Protoboard

2.2.8.1 CONDENSADOR: Básicamente un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas (generalmente de aluminio) separadas por un material dieléctrico. Va a tener una serie de características tales como capacidad, tensión de trabajo, tolerancia y polaridad, que deberemos aprender a distinguir. Capacidad: Se mide en Faradios (F), aunque esta unidad resulta tan grande que se suelen utilizar varios de los submúltiplos, tales como microfaradios ($\mu F=10^{-6}$ F), nano faradios ($nF=10^{-9}$ F) y picofaradios ($pF=10^{-12}$ F).

- **Tensión de trabajo:** Es la máxima tensión que puede aguantar un condensador, que depende del tipo y grosor del dieléctrico con que esté fabricado. Si se supera dicha tensión, el condensador puede perforarse (quedar cortocircuitado) y/o explotar. La tolerancia es similar que en las resistencias, se refiere al error máximo que puede existir entre la capacidad real del condensador y la capacidad indicada sobre su cuerpo.

- **Polaridad:** Los condensadores electrolíticos y en general los de capacidad superior a $1 \mu\text{F}$ tienen polaridad, eso es, que se les debe aplicar la tensión prestando atención a sus terminales positivo y negativo. Al contrario que los inferiores a $1 \mu\text{F}$, a los que se puede aplicar tensión en cualquier sentido, los que tienen polaridad pueden explotar en caso de ser ésta la incorrecta.

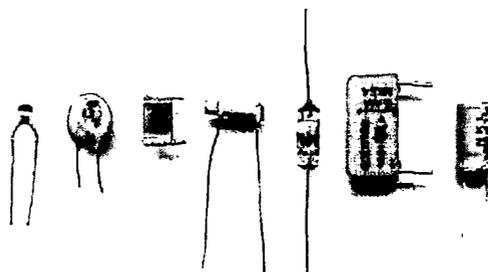


Figura 2.17. Condensador

2.2.8.2 CAUTÍN: También denominado soldador manual o soldador de lápiz. Es utilizado para soldar con estaño, es una herramienta de trabajo básica para cualquier experimentador o practicante de electrónica. Los cautines eléctricos generan calor, al pasar la corriente por la resistencia hace que la punta se caliente y alcance la temperatura indicada, generalmente un alambre de níquel-cromo de alta resistencia devanado en forma de bobina alrededor de un núcleo de cobre. El calor desarrollado en este último se transmite por conducción a la punta de la herramienta, hecha de acero inoxidable, y de esta a los puntos de unión y a la soldadura blanda la cual se realiza a temperatura de unos $300 \text{ }^\circ\text{C}$. Normalmente, los cautines para uso electrónico se consiguen con potencias reducidas como 25,40 o 60 W y se alimentan de la red pública de 220 V. Ya que generalmente se trata de trabajos delicados, como para realizar nuevos montajes o para hacer reparaciones, con la unión de dos o más conductores con elementos del equipo.



Figura 2.18. Cautil para soldar

2.2.8.3 COMPARADOR DE VOLTAJE LM741: El amplificador operacional (AO) es un dispositivo lineal de propósito general, el cual tiene capacidad de manejo de señal desde $f=0$ Hz hasta una frecuencia definida por el fabricante; tiene además límites de señal que van desde el orden de los nV, hasta unas docenas de voltio (especificación también definida por el fabricante). Los amplificadores operacionales caracterizan por su entrada diferencial y una ganancia muy alta, generalmente mayor que 105 equivalentes a 100 dB.

El amplificador operacional, es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, la cual permite que tenga excursiones tanto por arriba como por debajo tierra (o el punto de referencia que se considere).

Los comparadores son circuitos no lineales como su nombre indica, sirven para comparar dos señales (una de las cuales generalmente es una tensión de referencia) y determinar cuál de ellas es mayor o menor. La tensión de salida tiene dos estados (binaria) y se comporta como un convertidor analógico-digital de 1 bit. Su utilización en las aplicaciones de generación de señal, detección, modulación de señal entre otros, es muy importante y constituye un bloque analógico básico en muchos circuitos.[20]

La función del comparador es comparar dos tensiones de entrada y obtener como resultado una tensión alta (V_{OH}) ó baja (V_{OL}).

$$\begin{cases} V_o = V_{OL} & \text{si } V_p < V_n \\ V_o = V_{OH} & \text{si } V_p > V_n \end{cases}$$

Ec. 2.9

El comparador acepta señales analógicas a la entrada y proporciona señales binarias a la salida. Este elemento constituye un nexo de unión entre el mundo analógico y digital.

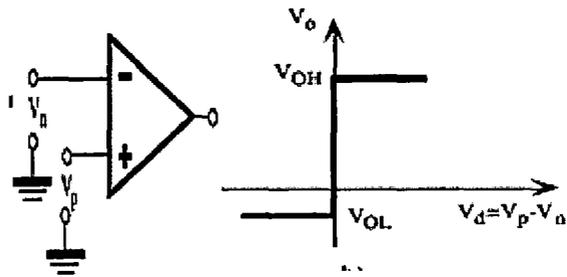


Figura 2.19. Representación ideal del Opam como comparador

Como ejemplo, el Opam 741, se comporta como un elemento de entrada lineal si la tensión de entrada en modo diferencial está comprendida entre los valores de: $-65\mu\text{V} < V_d < +65\mu\text{V}$. Fuera de ese rango la etapa de salida del amplificador entra en saturación y puede comportarse como comparador. A continuación se muestra el encapsulado del Opam 741.



Figura 2.20. Comparador de voltaje LM 741

2.3 HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECÍFICO

2.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

Con el sistema de puesta a tierra con impedancia menor a 02 ohmios se mejora la protección de usuarios y equipos electrónicos contra las descargas eléctricas en entidades financieras.

2.3.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ❖ Con el electrodo de cobre se mejora la conducción eléctrica del sistema puesta a tierra.
- ❖ El tipo de suelo empleado para el pozo a tierra, es la tierra negra de cultivo.
- ❖ El aditivo químico empleado para el sistema puesta a tierra es THOR GEL.
- ❖ Mediante el sensor detector de humedad se logra monitorear el SPAT.

2.4 VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables en estudio, para el sistema de pozo a tierra, estarán constituidas por las siguientes:

Variables independientes:

- Naturaleza del suelo: Es el tipo de suelo (tierra), que posee propiedades químicas como sales, minerales entre otras y se mide la resistividad del mismo en ohmios (Ω -m)
- Electrodo de tierra: Es el componente del SPAT, que está en contacto directo con el terreno, por medio de él circula corriente eléctrica no deseada. Siendo un camino de descargas de corrientes de fuga. Sus unidades son $\text{mm}^2 \times \text{m}$.

Variables Dependientes:

- La humedad del suelo: Se denomina a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en el terreno. Su unidad de medida es en Kilo Pascal.
- La temperatura: Es una medida de calor o energía térmica de las partículas en una sustancia y no dependen del tamaño o tipo de objeto. Sus unidades es en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$).
- Aditivo químico: Son compuestos químicos, que se aplican en el suelo, para modificar su composición con el fin de hacerlos más conductivos, disminuyendo la resistividad del suelo. Su unidad de medida es el Kg.

La operacional de las variables se representan como:

$$f1 = (f2, f3, f4)$$

De donde:

f1: Naturaleza del terreno (pozo a tierra) en ohmios.

f2: Dosis químico en Kg.

f3: Humedad del suelo en Kilo Pascal ó ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{suelo seco}}$)

f4: Temperatura ambiente en $^{\circ}\text{C}$.

f5: Electrodo de tierra en $\text{mm}^2 \times \text{m}$.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación científica se realizó en la provincia de Tarapoto, región San Martín.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada en la presente Tesis, de acuerdo a la naturaleza de los problemas suscitados en el campo, se logró realizar experimentos reales en la parte práctica respecto al sistema de pozo a tierra, que fueron aplicados en la entidad financiera "CMAC PIURA". El tipo de investigación es aplicativa, y cuasi experimental. Porque a partir de las bases teóricas empleados, se logró realizar las instalaciones del sistema de pozo a tierra en la entidad financiera. Además, se ha cumplido con los objetivos formulados en la Tesis. Gracias a las instalaciones hechas en el campo, se logró conocer a fondo el sistema de puesta a tierra.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Para el sistema de puesta a tierra realizado en la investigación es el aplicativo, cuasi-experimental y el descriptivo. Porque se ocupó en la parte experimental, con aplicación de la teoría básica se consiguió los resultados esperados. Para esto, se analizó con datos reales obtenidos con las mediciones efectuadas con el instrumento de medición llamado telurómetro. Los análisis efectuados en la instalación del SPAT, fueron con ayuda de la teoría básica, siendo de alguna manera el soporte en la investigación realizada.

3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación científica se empleó el método cuasi-experimental y práctico. Porque a partir de las instalaciones realizadas en la entidad financiera de Cmac Piura, se obtuvo los resultados esperados, en la obtención de la resistencia

óhmica mínima del pozo a tierra. Cumpliendo de esa forma con los objetivos trazados en la presente Tesis.

3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño de la investigación, se avalúo el comportamiento de las variables independientes, dependientes y los indicadores. Una vez realizado la elección de los mismos, se experimentó en la parte práctica, cada una de las variables en la instalación del sistema de pozo a tierra. El objetivo de la investigación científica, está relacionado directamente con el diseño del sistema de puesta a tierra. El SPAT ha sido implementado con el diseño y construcción del detector de humedad. El cual se encarga de controlar y monitorear el nivel humedad del SPAT.

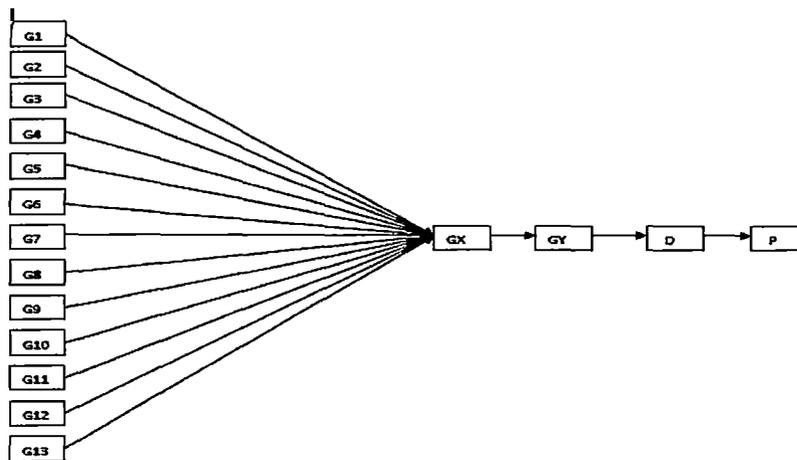


Figura. 3.1 Diseño de investigación para el sistema de puesta a tierra

G [1-13]: Grupo de Indicadores

G x: Variable Independiente

Gy: Variables Dependientes

D: Diseño

P: Protección contra descargas eléctricas y monitoreo del SPAT

3.6 POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO

3.6.1 POBLACIÓN

La población en estudio ha sido compuesta por 20 mediciones de resistencia óhmica del sistema de pozo a tierra, en la región de San Martín.

3.6.2 MUESTRA

Se tomó una muestra de cinco elementos obtenidos en las mediciones de las resistividades óhmicas en el sistema de puesta a tierra.

3.6.3 MUESTREO

Es el aleatorio simple, por las mediciones de resistividad óhmica realizadas con el instrumento de medición denominado telurómetro, en las instalaciones del SPAT en la entidad financiera de "CMAC PIURA".

3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1 TÉCNICAS: Las técnicas que se emplearon en la presente investigación científica son: visual y documental. La primera, el valor de las resistencias óhmicas obtenidas durante las mediciones realizadas en la puesta a tierra se lograron visualizar en el telurómetro. La segunda, mediante los artículos científicos realizados por los investigadores, se recolectó algunos datos como por ejemplo, las propiedades eléctricas de los conductores entre otros.

3.7.2 INSTRUMENTOS: En la investigación realizada, se emplearon instrumentos de recolección de datos como: telurómetro, multítester digital, simuladores electrónicos y tablas.

Tabla 3.1. Modelo empleado en el prototipo.

FECHA:								
Horas	Temp. Ambiente en (°C)	Humedad en (%)	Prof. De prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (Off-On)

3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las instalaciones efectuadas del sistema de puesta a tierra en la CMAC PIURA, ha servido para la recolección de datos, conseguido mediante las mediciones reales que se hicieron en el sistema.

3.8.1 FASE DE CAMPO

Debido a las Instalaciones realizados en la entidad financiera, se logró obtener los datos reales, mediante las mediciones de resistencia óhmica que se hizo con el telurómetro en el sistema de puesta a tierra. El experimento realizado en el prototipo con la aplicación del detector de humedad. Sirvió de base, en las mediciones de voltaje, resistencia y corriente que se hizo con el equipo electrónico denominado Multitester digital.

3.8.2 FASE DE GABINETE

En la fase de gabinete se trabajó, con el empleo de los instrumentos de medición ya mencionados. Con el telurómetro se hizo la medición de la resistividad óhmica del SPAT. Con el multitester se logró medir los voltajes en el detector de humedad. Con ello, se graficó los resultados obtenidos en la figuras, que serán mostradas en el capítulo IV y la presentación de los resultados.

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.9.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas con el telurómetro en el sistema de pozo a tierra, fueron procesados y graficados en el programa Excel. Con éste programa, se graficó las figuras y los cuadros que se muestran en la Tesis. Gracias al empleo del programa simulador ISIS PROFESIONAL 7, se simuló el diseño del SPAT y el detector humedad.

3.9.2 ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron recolectados mediante las mediciones realizadas en el SPAT y estos datos fueron analizados con el programa Excel. Mediante este programa, se logró mostrar los resultados mediante tablas y figuras. Por otro lado, el experimento práctico que se realizó en las instalaciones del SPAT y con el detector de humedad en el prototipo, ha sido importante en el análisis de los datos, completándose con la estadística descriptiva para mostrar los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 ELECCIÓN DE ELECTRODO DE TIERRA

La elección adecuada del electrodo para el SPAT es muy importante, ya que se evalúa las propiedades y características de los conductores eléctricos que conducen energía eléctrica. Considerando el tiempo de vida, el costo, la conductividad, la resistividad, la resistencia a la corrosión, entre otros aspectos.

Tabla 4.1. Se muestra las propiedades eléctricas de los conductores

Material conductor	Resistividad en ($\Omega \cdot m$)	Conductividad en (S)
Plata	1.59×10^{-8}	1,006
Cobre	1.68×10^{-8}	0,918
Oro	2.20×10^{-8}	0,705
Aluminio	2.65×10^{-8}	0.48
Tungsteno	5.6×10^{-8}	0.476
Hierro	9.71×10^{-8}	0.121
Acero	7.2×10^{-7}	0.115
Platino	1.1×10^{-7}	0.166
Plomo	2.2×10^{-7}	0.083
Nicromio	1.50×10^{-6}	0.085
Mercurio	3.5×10^{-8}	0.0148

En la figura 4.1. Se observa que el cobre es el segundo material con la mejor conductividad eléctrica y posee la resistividad ideal a la comparación de otros materiales conductivos eléctricos. Además, sus propiedades lo hacen

indispensable en la construcción de instalaciones de alta tecnología con un rendimiento que resulta inalcanzable con otros materiales. Incluso los superconductores se crean con aleaciones de cobre.

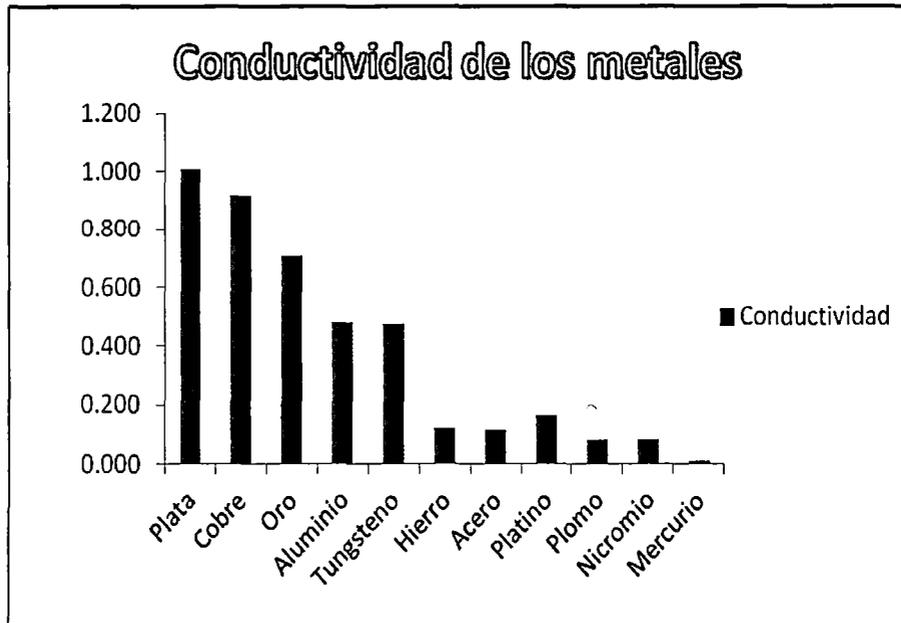


Figura 4.1 Conductividad de los metales eléctricos

Por otro lado, en la figura 4.2. Se observa los materiales conductivos como plata y el cobre poseen las menores resistividades óhmicas respecto a las otros materiales eléctricas. Éstos parámetros, son importantes en la construcción de los conductores eléctricos y electrodos de puesta a tierra.

En el SPAT, los electrodos tienen baja resistividad óhmica y se considera despreciable respecto a la resistividad del suelo. Éste último, posee resistividad elevada dependiendo de su naturaleza, que en páginas posteriores se detallará.

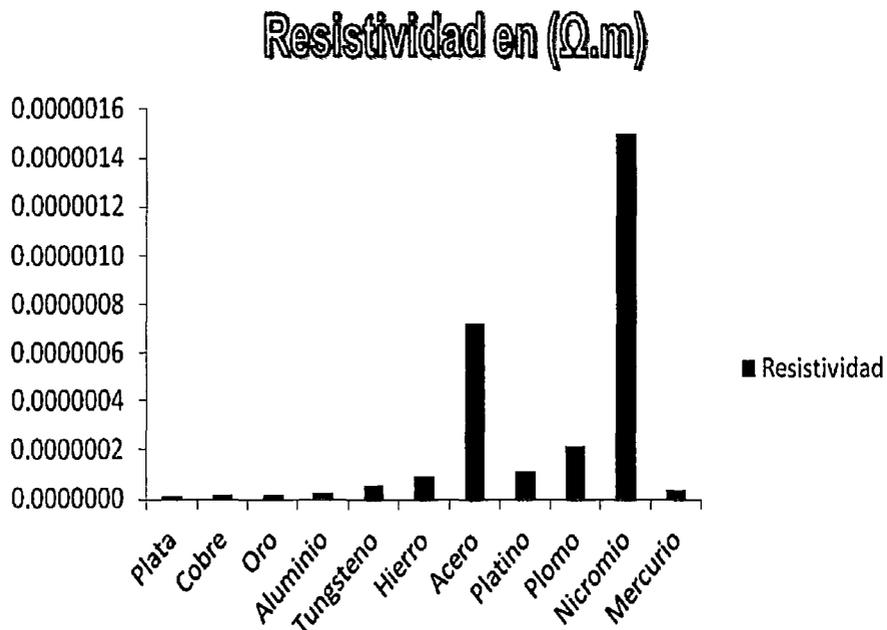


Figura 4.2. Resistividad de los conductores metálicos

Por diversos motivos, en el sistema puesta a tierra (SPAT), el cobre se ha convertido en el material más preferido en instalaciones eléctricas.

En la actualidad, los electrodos para el SPAT son fabricados con materiales de alta pureza como el cobre y el acero. Al realizar aleaciones entre éstos materiales, se ha conseguido buenos resultados. A continuación se mencionan dos tipos de electrodos para el SPAT.

- Electrodo de cobre puro
- Electrodo con acero recubierto de cobre

4.1.1.1 ELECTRODO DE COBRE PURO

El electrodo de puesta a tierra de cobre puro, como su nombre lo dice posee el 99.9 % de material puro de cobre. Además, tiene una alta conductividad eléctrica, alta resistencia mecánica a las elevadas temperaturas de trabajo, a si mismo tiene alta resistencia a la corrosión.

Por corrosión se entiende, al deterioro, desgaste o deforme que sufre un material (metal) en sus propiedades, debido a la reacción con el medio al cual se

somete. Corrosión electroquímica, es un fenómeno en el que intervienen el metal, oxígeno y agua. Existen varios tipos de corrosión: atmosférica, galvánica, química y mecánica. Sin embargo; la corrosión está inmersa en el campo de aplicación de los conductores eléctricos, de modo que es un enemigo que enfrenta los metales.

El electrodo de cobre puro, garantiza el camino de vía de la corriente parasita hacia el suelo. Entre sus aplicaciones importantes destacan:

- ❖ En sistemas de puestas a tierra, en la interconexión de cables de bajada procedentes de pararrayos.
- ❖ Interconexión de pozos a tierra
- ❖ Sistemas de aterramiento en sistemas de telecomunicaciones y otras áreas.
- ❖ Como principales conductores eléctricos aislados.
- ❖ En áreas de distribución eléctrico

VENTAJAS:

- ❖ Por su alta conductividad es el metal ideal para instalaciones eléctricas.
- ❖ Por su construcción permite un rápido enfriamiento o disipación de calor.
- ❖ Posee alta resistencia a la corrosión.
- ❖ Su construcción flexible permite seguir el contorno de pretilas, techos y aristas durante su instalación.

En la tabla 4.2. Se muestra el tiempo de vida en años, de las variedades de electrodos del SPAT.

Tabla 4.2. Tiempo de vida de los electrodos del SPAT

ESPERANZA DE VIDA DE LOS ELECTRODOS DE SPAT	
Tipos de electrodos	Tiempo de vida en (años)
Zinc Galvanizado	15
Acero revestido de cobre	45
Cobre puro	40
Acero inoxidable	50

Tiempo de vida de electrodos de SPAT en (Años)

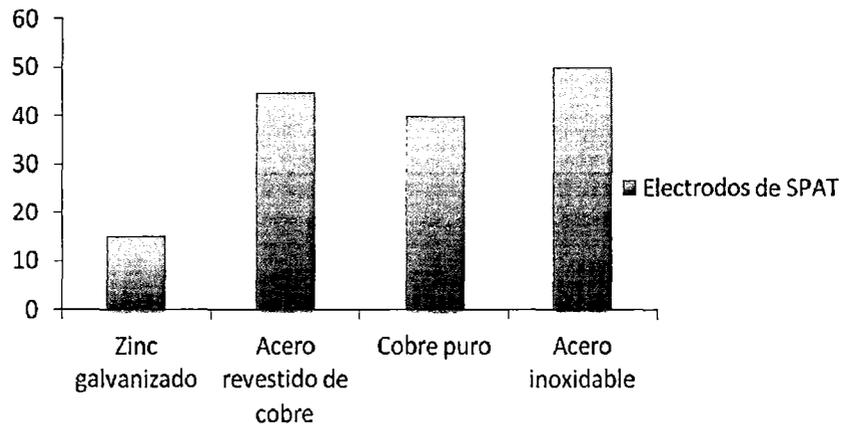


Figura 4.3. Tiempo de vida de electrodos

Además, sus propiedades lo hacen indispensable en la construcción de instalaciones de alta tecnología, con un rendimiento que resulta inalcanzable con otros materiales. Incluso los superconductores se crean con aleaciones de cobre. Los electrodos de cobre puro y acero revestido de cobre, son aquellos electrodos de tierra que tienen mayor demanda en la actualidad. Éstas se ven reflejadas en las instalaciones de SPAT, en los diversos campos de aplicación.

4.1.1.2 ELECTRODO CON ACERO RECUBIERTO DE COBRE (Copperweld)

Para el sistema de puesta a tierra, las barras tipo copperweld de acero con revestimiento de cobre, han reemplazado prácticamente a todos los otros métodos y materiales hasta ahora conocidos. El acero le da dureza y la rigidez necesaria para que puedan ser clavadas fácilmente a grandes profundidades evitando el deforme o torcedura. Mientras que el cobre tiene alta resistencia a la corrosión y tiene una excelente conductividad eléctrica.

Los electrodos copperweld, son mucho más económicos que los macizos de cobre puro y pueden enterrarse a profundidad. No obstante, dependiendo de la calidad del electrodo, la cubierta de éstos puede presentar desgaste o deslizarse

50

durante el enterramiento. Una vez dañada la capa de cobre, la integridad del electrodo queda afectada. Por eso se debe de enterrar e instalar el electrodo con mucho cuidado.

Instalación del electrodo en la CMAC PIURA

En la agencia financiera “San Hilarión” perteneciente a la Caja Piura (CMAC PIURA) en la región San Martín. Se ha instaló el sistema de puesta a tierra, para proteger a los usuarios y equipos electrónicos frente a los posibles sobre voltajes que pueden suscitarse en cualquier momento.

En la instalación del sistema de puesta a tierra, se utilizó los siguientes materiales:

- Electrodo de acero con recubrimiento de cobre de 2.4 metros de longitud por $\frac{3}{4}$ de calibre.
- Conductor desnudo de cobre de 50 mm de calibre.
- Conector AB de $\frac{3}{4}$.
- Caja de registro.
- Tierra negra de cultivo.

El procedimiento de la instalación realizó, se detallará paso a paso en las páginas posteriores en la sección aplicación del aditivo químico THOR GEL. En la figura 4.4. Se muestra el electrodo copperweld usado en la instalación del SPAT en CMAC PIURA, con sus respectivos accesorios debidamente conectados entre sí, el espiral que se muestra es de cobre desnudo de 50 mm.

Por otro lado, en las empresas de telecomunicaciones como Telefónica y Gilat, se usan en gran magnitud al electrodo copperweld, por que se obtienen buenos resultados en el sistema de pozo a tierra.

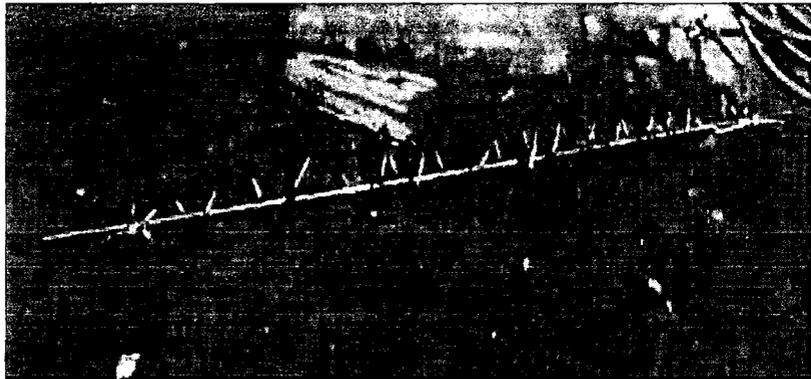


Figura 4.4. Electrodo de 3/4 de acero con recubrimiento de cobre

El resultado que se obtuvo de la aplicación del electrodo copperweld, se muestra en la figura 4.5. La medición de impedancia óhmica del pozo a tierra en la CMAC PIURA, se hizo con el empleo del instrumento telurómetro.

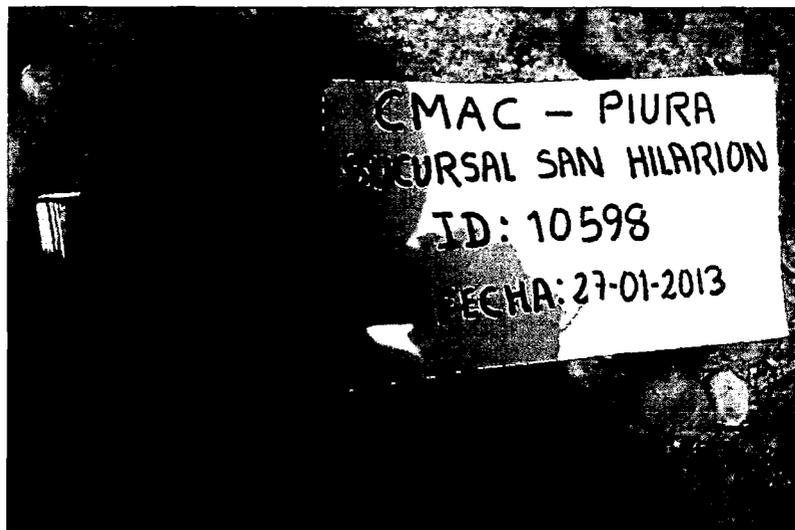


Figura 4.5. Medición de la resistividad del SPAT

Se muestra claramente en la pantalla del telurómetro el valor de 1.59 ohmios, que equivale al valor de la resistencia óhmica del pozo a tierra. Éste resultado, nos indica que el SPAT se encuentra en óptimas condiciones y brinda la protección ideal del sistema. Sin embargo; éste resultado se ha conseguido gracias a las aplicaciones del aditivo químico THOR GEL y el empleo de tierra negra de cultivo.

4.1.2 EVALUACIÓN DE LA NATURALEZA DEL TERRENO

4.1.2.1 TIERRA NEGRA DE CULTIVO

La tierra negra de cultivo debido a sus buenas propiedades nutritivas y orgánicas que posee, se ha convertido en un elemento importante para muchas aplicaciones en los diversos campos. La tierra de cultivo debido a la resistividad óhmica baja que posee, se ha convertido en la tierra adecuada para los sistemas de puesta a tierra.

Por otro lado, de acuerdo a los estudios realizados se ha determinado que la tierra negra de cultivo es ideal para sistemas de pozo a tierra. En la entidad financiera de San Hilarión de la CMAC PIURA, se realizó la instalación del sistema de puesta a tierra empleando la tierra negra de cultivo. En esta instalación se experimentó el comportamiento de la tierra, logrando obtener buenos resultados, acorde como se esperaba.

Para obtener la tierra de cultivo, tuve que trasladarme con un moto carguero a al campo, para seleccionar varias muestras de tierras que contengan la menor cantidad de piedras. De preferencia se seleccionó la tierra negra de cultivo, teniendo en cuenta que el valor de resistividad es bajo. Por estudios se ha comprobado que la resistividad de las piedras es muy alta a la comparación de tierras cultivables. Las diferencias de resistividades óhmicas de los tipos de terrenos existentes en la naturaleza se muestran en la figura 4.7. Esta figura es obtenida a partir de la Tabla 2.1 desarrollados en el capítulo II.



Figura 4.6. Tierra negra de cultivo

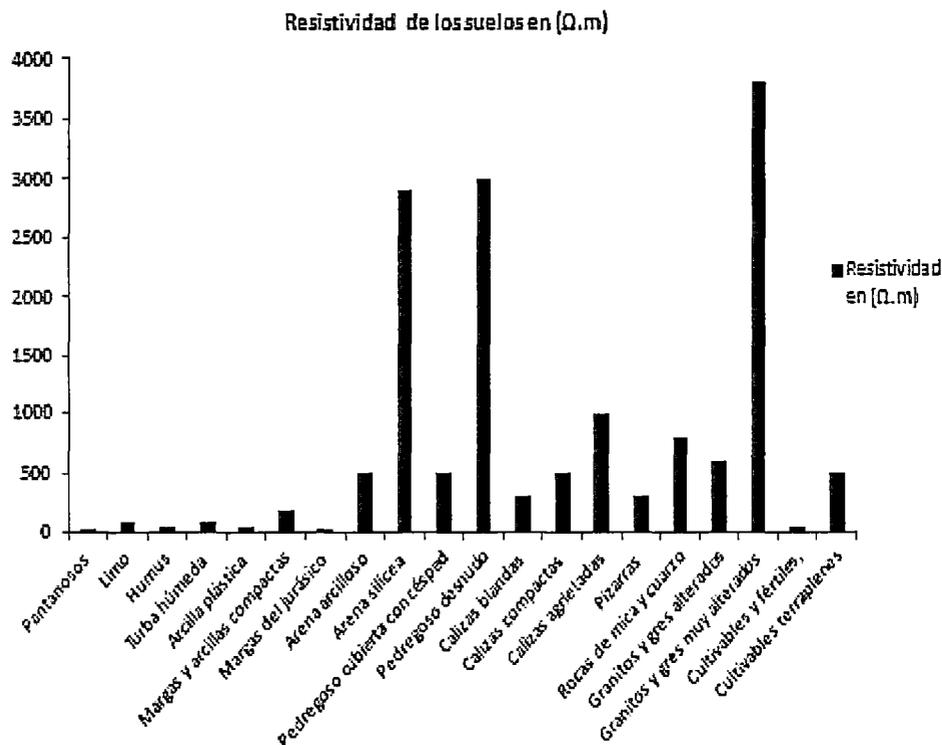


Figura 4.7. Resistividades de los suelos

En la figura 4.7, Se muestra las resistividades óhmicas de los diferentes tipos de suelos existentes en la naturaleza. Por su parte, la tierra de cultivo tiene baja resistividad óhmica que comprende a los 50 ohmios aproximadamente. Es importante resaltar que la humedad juega un papel muy importante en la determinación de la resistividad de la tierra. A mayor humedad de la tierra, por la presencia del agua, la resistividad de los mismos disminuye.

4.1.2.2 TIERRA PEDREGOSO: En la agencia financiera "San Hilarión" de la CMAC PIURA, se hizo las instalaciones del SPAT en tipo horizontal. El tipo de suelo en el que se instaló fue pedregoso, donde se realizó una excavación de 0.50 x 0.80x 4,00 metros de profundidad. Se instaló la pletina de cobre empleando el aditivo químico llamado "cemento conductor".

El cemento conductor, mayormente se emplea en el SPAT de tipo horizontal. Éste compuesto químico, tiene la propiedad de absorber la humedad existente del suelo para endurecerse con la pletina de cobre. De éste modo, la pletina

de cobre aumenta en su grosor y volumen del mismo, aumentando la conductividad de la pletina y reduciendo notablemente la resistividad del pozo a tierra.

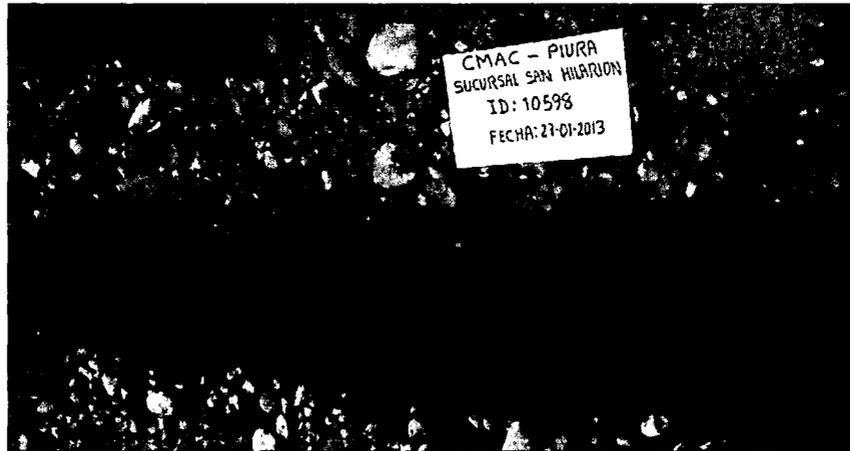


Figura 4.8. Pletina de cobre con cemento conductivo

El proceso de la instalación de la pletina de cobre se muestra en la figura 4.8. En esta figura, se observa al cemento conductivo que cubre toda la sección o área de la pletina.

Los resultados son obtenidos con la medición de la resistencia óhmica del pozo a tierra con el empleo del telurómetro. Este equipo mostró el valor real de 1.78 ohmios. Lo cual indica que la entidad financiera de CMAC PIURA en "San Hilarión" brinda la seguridad y la protección necesaria de equipos y usuarios que laboran en esta institución.

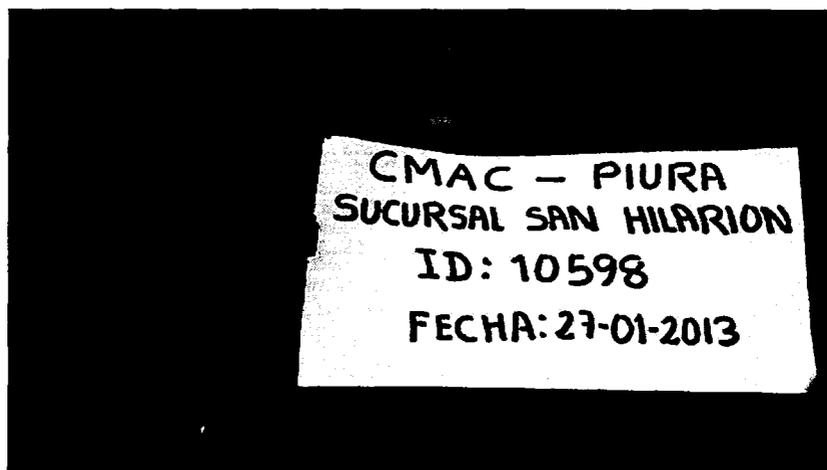


Figura 4.9. Medición de resistividad óhmica en suelo pedregoso

4.1.3 DEFINICIÓN DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS

Los aditivos químicos que se utilizó en las instalaciones del pozo a tierra en la CMAC PIURA son los siguientes:

4.1.3.1 CEMENTO CONDUCTIVO: Es una solución químico eficaz y duradera para la obtención de una menor resistencia del SPAT. Tiene la forma en polvo de color gris. Su aplicación en el diseño de puesta a tierra es muy fácil y se emplea en SPAT del tipo vertical y horizontal.

Cuando el electrodo de tierra es rellenada con el cemento conductivo, éste absorbe la humedad del suelo circundante y se endurece para convertirse en un conductor sólido. La superficie del electrodo aumenta considerablemente, la resistividad del suelo se reduce sustancialmente y por ende la impedancia del sistema de pozo a tierra reduce significativamente.

Ventajas:

- Excelente calidad de conexión a tierra
- Conexión a tierra, con excelente relación entre costo y beneficio.
- Una vez instalado, absorbe la humedad del terreno circundante y se endurece.
- Libre de mantenimiento.
- No contamina el medio ambiente.
- Excelente calidad a bajo costo.
- Es utilizado en diferentes tipos de terrenos.
- Fácil de instalar.

Instalación del SPAT en tipo horizontal: El procedimiento de la instalación para el tipo horizontal, que se realizó en la agencia de CMAC PIURA en "San Hilarión" es como sigue:

Paso 1. Se hizo una excavación del suelo, con medidas de 0.50 x 0.80 x 4.00 metros de profundidad. Luego se insertó en la zanja, la tierra negro

de cultivo, previamente tamizada a la altura de 0.20 metros de altura.

Paso 2. Se insertó 20 Kg de cemento conductivo en la zanja, haciendo el tendido uniforme en toda el área.

Paso 3. Se Colocó la pletina de cobre en la zanja por encima del cemento conductivo.

Paso 4. Nuevamente se insertó el cemento conductivo por encima de la pletina de cobre, creando como una especie de capas.

Paso 5. Se insertó tierra negra de cultivo en la zanja, compactando con un pisón de 20 kilos de peso hasta el nivel del suelo.



Figura 4.10. Cemento conductivo en SPAT horizontal

Una vez terminado la instalación del pozo a tierra, se procedió con la medición de la resistividad óhmica del SPAT. Los resultados en las mediciones se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Valores de resistividad óhmica con cemento conductivo

MEDICIÓN DEL SPAT EN TIPO HORIZONTAL		
Fecha	Resistividad del SPAT en (Ω)	Cantidad de bolsas de cemento conductivo en (Kg.)
11-01-2013	6.30	50
19-01-2013	4.10	50
27-01-2013	1.78	50
04-02-2013	1.66	50

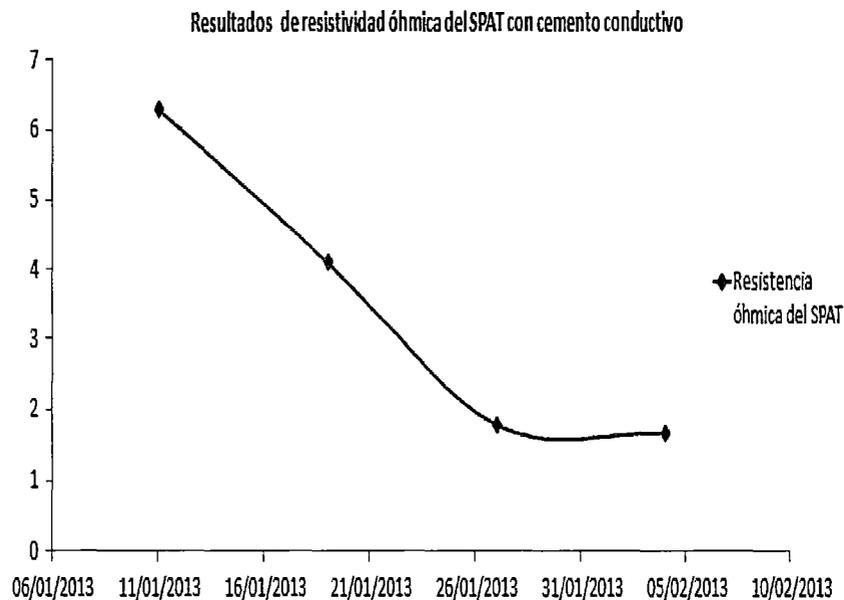


Figura 4.11. Resultados de la resistividad del SPAT respecto a fechas

Se observa en la figura 4.11, el empleo del aditivo químico llamado cemento conductivo. Se muestra que el valor de la resistencia óhmica del pozo a tierra disminuye considerablemente a medida que transcurre el tiempo.

El resultado real en la medición del pozo a tierra, se obtiene en la cuarta semana. Esto debido a que el cemento conductivo absorbe poco a poco la humedad de la tierra, endureciendo y aumentando la sección del la pletina de cobre.

4.1.3.2 THOR GEL: Es un compuesto químico, que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus dos componentes, una de ellas de color crema y el otro de color azul, por lo que la resultante tiene naturaleza coloidal, formando una malla tridimensional que facilita el movimiento de los iones dentro de él. Convirtiéndose en un excelente conductor eléctrico.

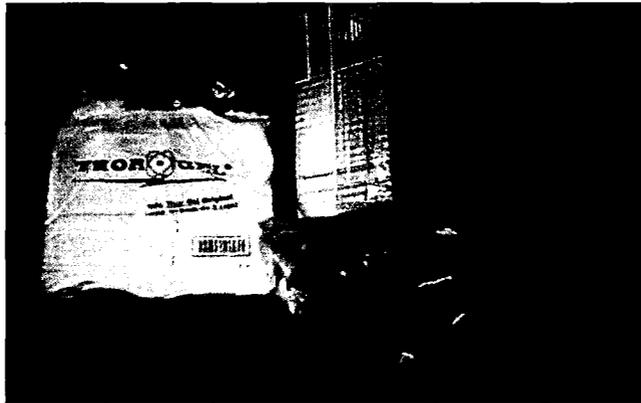


Figura 4.12. Aditivo químico THOR GEL para el SPAT

Ventajas:

- Tiene gran atracción por el agua, convirtiéndose en una especie de reservorio acuífero.
- Se logra una buena conductividad eléctrica.
- Reduce significamente el valor de la resistencia óhmica del suelo.

4.1.4 PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DEL SPAT

En la entidad financiera "San Hilarión" se hizo la instalación del SPAT en tipo vertical. Para ello se realizó el siguiente procedimiento:

Paso 1. Se hizo una excavación de un pozo (hueco) de 01 metro de diámetro por una profundidad de 03 metros, desechando todo tipo de material de alta resistividad óhmica como: piedras, hormigón, arena y cascajo.

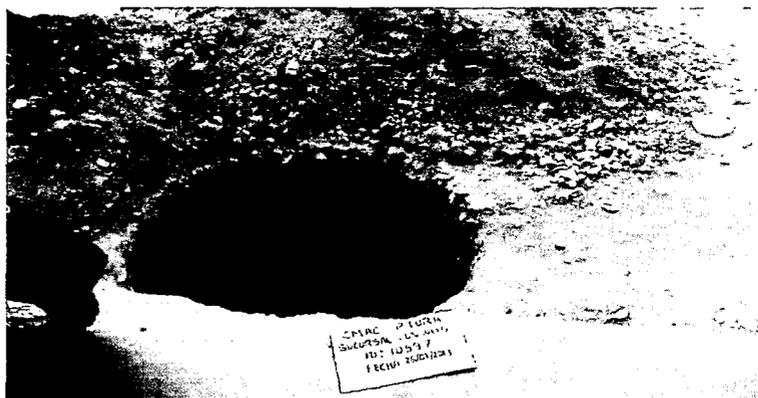


Figura 4.13. Hueco de 03 metros de profundidad

Paso 2. Se rellenó el hueco con tierra negra de cultivo previamente tamizada en malla de $\frac{1}{2}$. Luego se compactó 0.30 metros de altura utilizando un pisón de 20 Kg.

Paso 3. Se insertó el electrodo de cobre en el hueco, rellenando con tierra negra de cultivo hasta 01 metro de altura. Una vez rellenado el hueco, se hizo la compactación utilizando el pisón.



Figura 4.14. Instalación del electrodo de tierra

Paso 4. Se disolvió el contenido de la bolsa azul, en un recipiente de plástico de 20 litros contenido con agua en un tiempo de 10 minutos.



Figura 4.15. THOR GEL de color azul

Paso 5. Luego se insertó en el hueco el compuesto químico y se esperó su total absorción en un tiempo de 30 minutos.



Figura 4.16. Aplicación de THOR GEL de color azul

Paso 6. Se disolvió el contenido de la bolsa crema en un recipiente de 20 litros con agua. Este procedimiento duró 10 minutos.



Figura 4.17. THOR GEL de color crema

Paso7. Se inserto el aditivo químico en el hueco, esperando su total absorción por un lapso de 30 minutos.



Figura 4.18. Aplicación de THOR GEL de color crema

Paso 8. Se repitió los pasos anteriores, hasta 5 cm por debajo del electrodo. Luego se colocó la caja de registro al ras del piso. La caja de registro es importante porque es allí por donde se accede a la barra o electrodo del pozo a tierra, para realizar la inspección y el mantenimiento del mismo. Además, protege la integridad de los electrodos de tierra.



Figura 4.19. Empleo de la caja de registro

Paso 9. Se procedió con la medición del pozo a tierra. Para tal efecto, se utilizó el instrumento de medición óhmica denominado telurómetro.

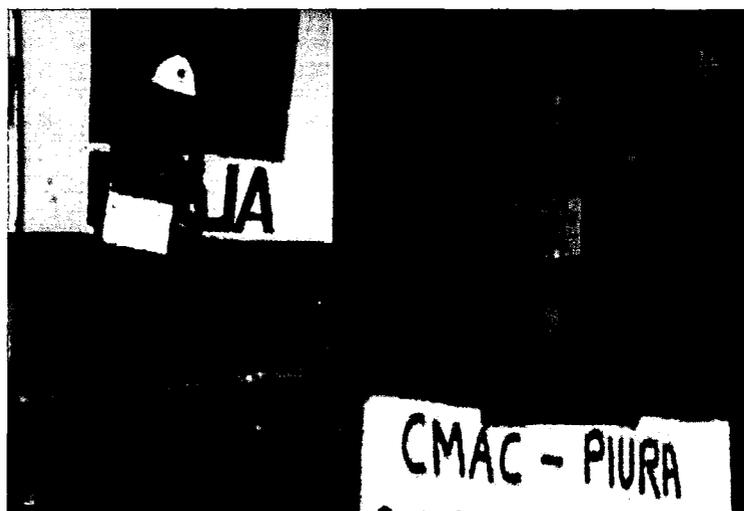


Figura 4.20. Medición de resistencia óhmica del SPAT con el telurómetro

Paso 10. Finalmente se una vez realizado la medición del SPAT, se cimentó la parte externa de la caja de registro, para que sea macizo y consistente.

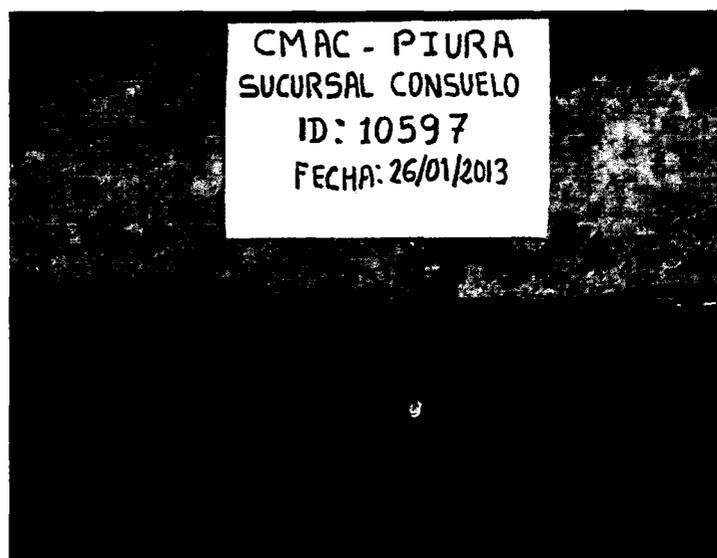


Figura 4.21. Cimentación de la caja de registro del SPAT

Una vez culminada con la instalación del SPAT en la entidad financiera, se realizó las mediciones de la resistencia óhmica del sistema de pozo a tierra. Éstas mediciones realizados, se visualiza en la tabla 4.4

Tabla 4.4. Mediciones obtenidas del SPAT con empleo de THOR GEL

Empleo del aditivo químico THOR GEL		
Fecha	Resistencia óhmica del SPAT en (Ω)	Dosis de Thor Gel en (Kg.)
01/01/2013	5,00	03
08/01/2013	3.70	03
16/01/2013	1.78	03
26/01/2013	1.59	03

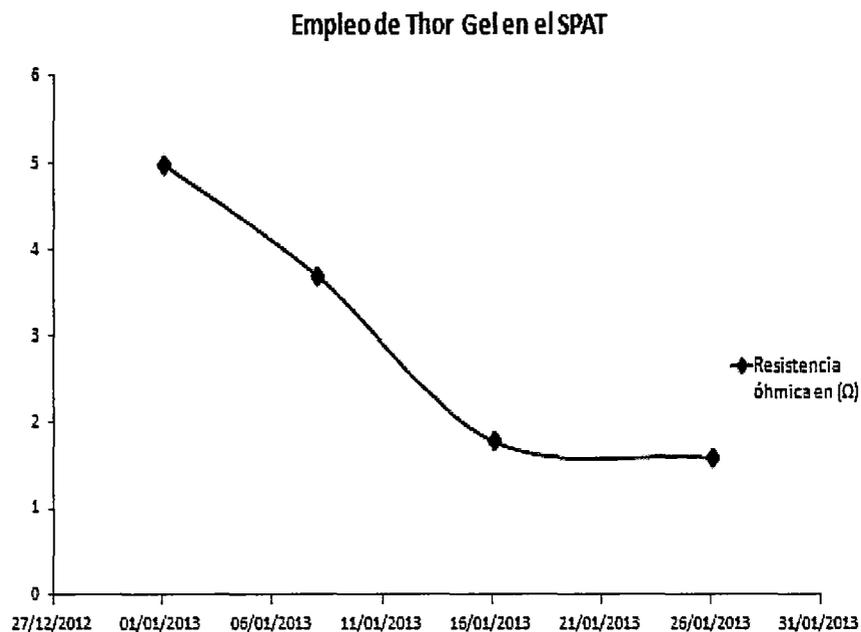


Figura 4.22. Resultados obtenidos con THOR GEL

En la figura 4.22. Se observa que los valores de resistencia óhmica del SPAT disminuyen a medida que transcurre el tiempo. El valor real, que se obtuvo con el empleo del telurómetro fue en la cuarta semana, debido a que la filtración de la dosis de THOR GEL en el pozo a tierra es lenta, ya que es una solución acuosa. Por lo que el aditivo químico THOR GEL, hace su efecto al 100 % en la cuarta semana.

4.1.5 ELEMENTOS DE DETECCIÓN DE HUMEDAD DEL POZO A TIERRA

En la presente Tesis, se diseñó y se construyó un circuito detector de humedad para el sistema de pozo a tierra. Con éste sensor, se logra controlar el nivel de la humedad del pozo a tierra. Por otro lado, mantener la humedad adecuado del SPAT es muy importante, porque a mayor humedad se mejora la conductividad del suelo (tierra), por lo que reduce el valor de resistividad del mismo.

El agua, dependiendo de su estado en que se encuentra, puede ser pura o con sales disueltas, que a su vez lo podemos encontrar en la naturaleza como

líquido, gaseoso ó sólido. En realidad, el agua pura es una mala conductora de la electricidad y la podemos obtener directamente de las lluvias y de su destilación. Mientras que el agua contenido de sales, es una buena conductora de la electricidad. Sin embargo; las sustancias químicas disueltas en forma de iones son las responsables de la aparente conductividad del agua. Se sabe que la molécula de agua está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno que forma el H₂O. La unión de estos de tres es muy alta, por lo que la molécula eléctricamente es neutra. Si aplicamos una tensión lo suficientemente grande para separar los iones, éstos se cargan positivamente y negativamente por lo que conducen la corriente. De ésta, mientras mayor sea las soluciones acuosas (cantidad de sales) mayor será la conductividad del agua.

Se hizo la experimentación del detector de humedad del SPAT en un prototipo. El prototipo consiste en una muestra de tierra negra de cultivo que se empleó en la instalación del pozo a tierra.

Por otro lado, para determinar el nivel de humedad del pozo a tierra, se empleó el método Gravimétrico. Con éste método, el nivel de humedad de la tierra se obtuvo en base a peso. A continuación se muestra la fórmula gravimétrica, para medir el nivel de la humedad del suelo.

$$(\%) \text{HUMEDAD} = \frac{\text{PESO DE SUELO HÚMEDA} - \text{PESO DE SUELO SECO}}{\text{PESO DE SUELO SECO}} (100)$$

Ec. 4.1

Mediante el uso de la fórmula 4.1, se ha logrado obtener el valor de la humedad de la tierra en el prototipo. Para ello; se tomó una muestra de tierra negra húmeda de 01 kg. Luego ésta muestra, se hizo secar durante una semana en temperatura ambiente promedio de 22 °C, con la finalidad de obtener una muestra de tierra seca. A partir de ello, con el empleo de la fórmula gravimétrica, se obtuvo la humedad de la tierra que será mostrado en la tabla 4.5 en adelante.

4.1.5.1 CONSTRUCCIÓN DEL DETECTOR DE HUMEDAD

MATERIALES EMPLEADOS:

- ❖ 01 Placa de circuito impreso
- ❖ 01 Pasta para soldar
- ❖ 01 Estaño para soldar
- ❖ 01 Cautín
- ❖ 01 Plumón indeleble de color negro
- ❖ 01 Lápiz
- ❖ 01 Cinta maski
- ❖ 01 Transformador de 12 V
- ❖ 07 Diodos 1N5399
- ❖ 02 Condensadores electrolíticos de 2200 uF
- ❖ 04 Condensadores cerámicos "104"
- ❖ 01 Timer 555
- ❖ 01 Opam 741
- ❖ 06 Resistencias de 1watts: 1 K Ω , 0.5 K Ω , 2.2 K Ω , 9.9 K Ω , 0.07 K Ω
- ❖ 01 Resistencia fija 100 ohmios de 10 watts
- ❖ 01 Resistencia variable de 50 K Ω
- ❖ 01 LDR
- ❖ 02 Led: verde y rojo
- ❖ 01 Relé de 12 V
- ❖ 03 Transistores 2N222A
- ❖ 02 Diodo zener: de 2 V y 9 V
- ❖ 01 Foco de 25 watts
- ❖ 0.5 metros de cable de prueba para protoboard
- ❖ 01 Taladro
- ❖ Tabla delgada de 0,10 x 0.7 metros
- ❖ Luna transparente de 0.15 x 0.20 metros

4.1.5.2 QUEMADO Y MONTAJE EN PLACA IMPRESO

PASOS:

- Paso 1.** Se limpió con lija la placa de circuito impreso y luego se procedió a pegar con cinta maski, todo el área a utilizar en el quemado.
- Paso 2.** Se dibujó con lápiz y plumón indeleble el circuito del detector de humedad en la placa impreso.
- Paso 3.** Una vez terminada el dibujo del circuito de sensor de humedad, se cortó con el cúter los espacios que no se usan en el montaje.
- Paso 4.** En un recipiente de plástico se colocó el ácido y luego se insertó la placa de circuito impreso.



Figura 4.23. Quemado de la placa de circuito impreso

- Paso 5.** Se movió el recipiente durante 10 minutos, hasta lograr que el quemado de la placa del circuito impreso perfecto.
- Paso 6.** Se quitó el ácido del recipiente y luego se procedió a lavar con abundante agua fría, eliminando todo tipo de desperdicio. Luego se hizo secar la placa del circuito impreso.
- Paso 7.** Utilizando el taladro, se perforó la placa del circuito impreso donde se insertaron los componentes electrónicos. Luego quedó habilitada para soldar con el caudín, los componentes electrónicos.

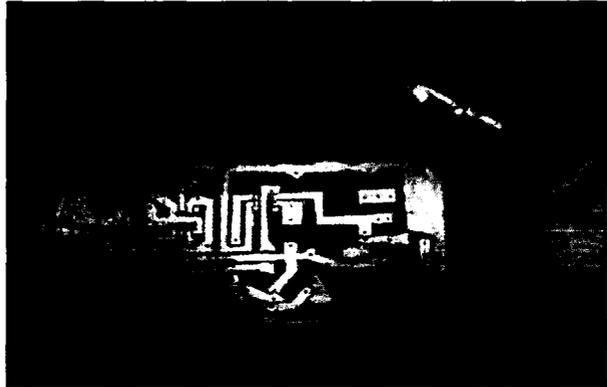


Figura 4.24. Perforación de la placa de circuito impreso

Paso 8. Utilizando el caudín se procedió a soldar los componentes electrónicos en la placa del circuito impreso. Luego, se hizo el montaje respectivo de la placa del circuito impreso en la tabla delgada plana como se muestra en la figura 25.

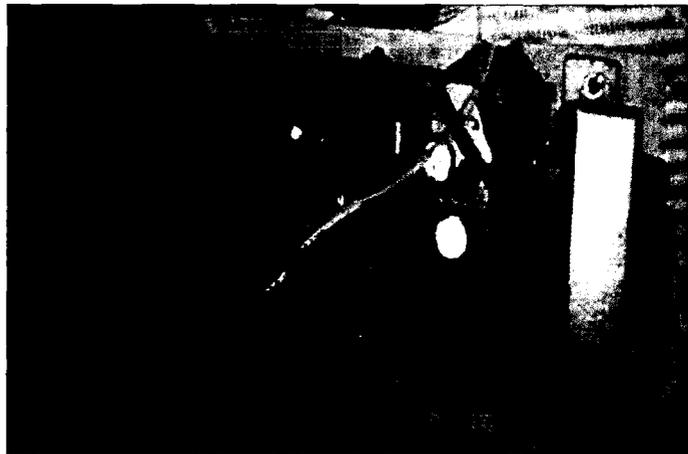


Figura 4.25. Montaje de componentes electrónico en la placa impreso

En la figura 4.25, se muestra el montaje final del circuito detector de humedad para el sistema de puesta a tierra. Para ello se mejoró la estética del sensor detector de la humedad con empleo del vidrio transparente. Una de las otras causas del empleo del vidrio, ha sido para que se visualice el parpadeo del led de color verde. Este parpadeo, indica el nivel o porcentaje de humedad que tiene la tierra. De modo que cuando el parpadeo en el led verde es intenso,

significa que existe alto contenido de agua y por ende alta humedad y viceversa intensidad de parpadeo lento indica poca humedad en la tierra.

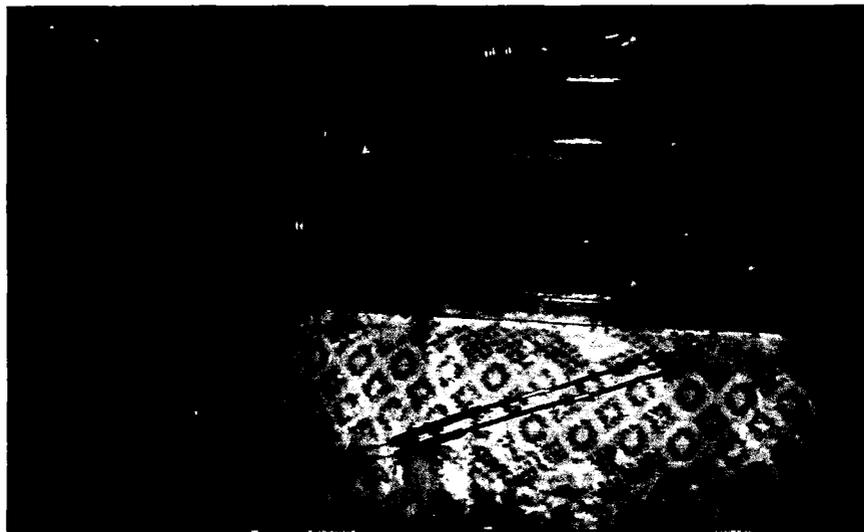


Figura 4.26. Circuito detector de humedad para el SPAT

La simulación del detector de humedad se realizó con el empleo del software ISIS PROFESIONAL 7 antes de su construcción. Mediante este programa se puede simular múltiples circuitos electrónicos. Siendo éste programa simulador, una herramienta de vital importancia en el mundo de la electrónica.

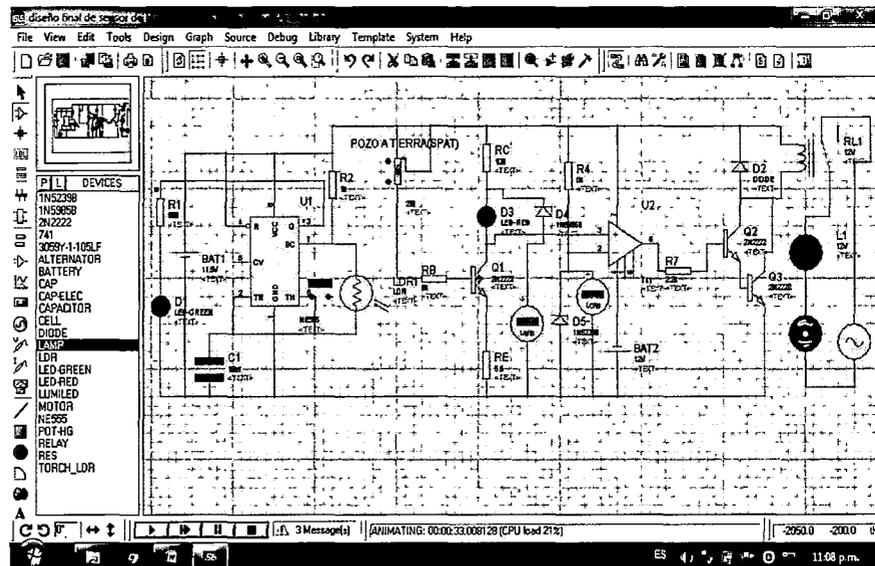


Figura 4.27. Simulación del detector de humedad para el SPAT

En efecto, el sensor detector de humedad cumple una función importante en el sistema de puesta a tierra (SPAT). Porque mediante ello, se controla el estado de humedad de la tierra.

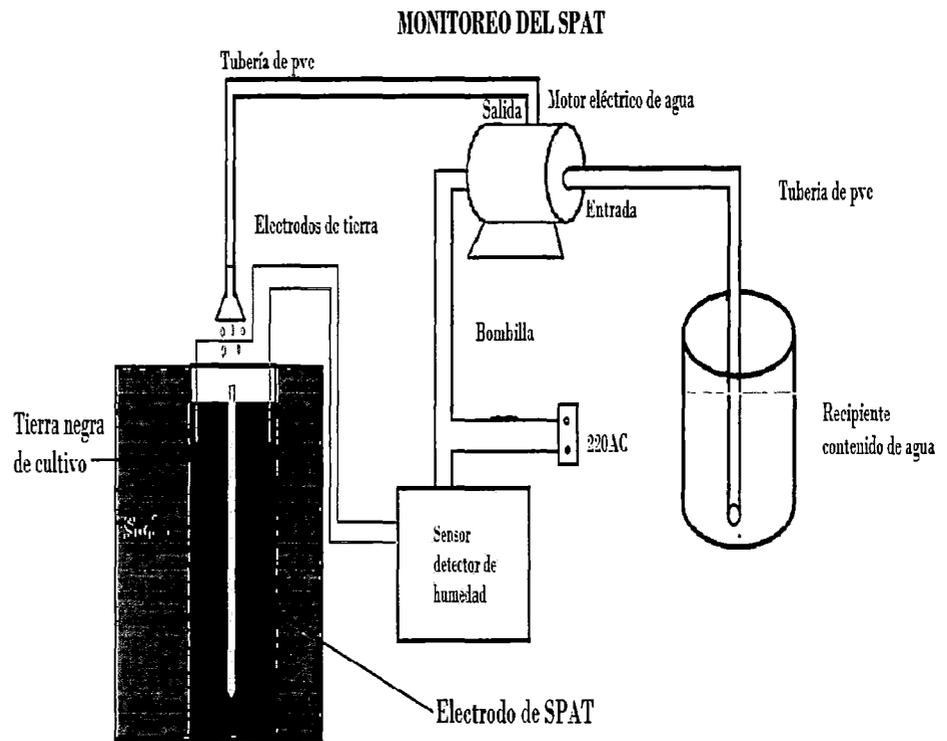


Figura 4.28. Monitoreo de la humedad del SPAT

4.1.5.3 CÁLCULOS MATEMÁTICOS DEL DETECTOR DE HUMEDAD

Siendo:

Ie: Corriente del emisor en amperios (A)

Ic: Corriente del colector en amperios (A)

Ib: Corriente de la base en amperios (A)

Rb: Resistencia de la base en ohmios (Ω)

PAT: Resistencia del pozo a tierra en ohmios (Ω)

Rc: Resistencia del colector en ohmios (Ω)

Re: Resistencia de la base en ohmios (Ω)

Vz: Voltaje del Zener igual a 2 V

Vbe: Voltaje base-emisor

β: Beta (ganancia de corriente del transistor)

Malla Base-Emisor

Sabemos que:

$$I_c = \beta \cdot I_b; \quad I_e = I_c + I_b$$

Luego: $I_e = (\beta + 1) \cdot I_b$

$$-V_{cc} + I_b \cdot R_b + I_b \cdot PAT + I_e \cdot R_e + V_{be} = 0$$

$$-V_{cc} + I_b \cdot (R_b + PAT) + I_e \cdot R_e + V_{be} = 0$$

$$-V_{cc} + I_b \cdot (R_b + PAT) + (\beta + 1) \cdot I_b \cdot R_e + V_{be} = 0$$

$$-V_{cc} + I_b \cdot [R_b + PAT + (\beta + 1) \cdot R_e] + V_{be} = 0$$

Luego la corriente de base:

$$I_b = (V_{cc} - V_{be}) / [R_b + PAT + (\beta + 1) R_e]$$

Malla Colector- Emisor:

$$-V_{cc} + I_c \cdot R_c + V_z + V_{ce} + I_e \cdot R_e = 0$$

Multiplicando por (-1)

$$V_{cc} - I_c \cdot R_c - V_z - V_{ce} - I_e \cdot R_e = 0$$

$$V_{cc} - V_z = V_{ce} + I_c \cdot R_c + I_e \cdot R_e = 0$$

Luego, asumiendo que: $I_e = I_c$

$$V_{cc} - V_z = V_{ce} + I_c \cdot R_c + I_c \cdot R_e = 0$$

$$V_{ce} = V_{cc} - V_z - I_c \cdot (R_c + R_e)$$

Calculando el voltaje el V_c y V_e será:

$$V_c = V_{ce} + V_e$$

$$V_c = V_{cc} - V_z - I_c \cdot R_c$$

$$V_e = V_{cc} - I_b \cdot R_b$$

$$V_e = V_{be} + I_e \cdot R_e$$

La corriente de saturación (Isat):

Asumiendo que: $I_c = I_e$

$$-V_{cc} + R_c \cdot I_c + V_z + R_e \cdot I_e$$

$$V_{cc} - V_z = I_c \cdot (R_c + R_e)$$

Luego:

$$I_{sat} = (V_{cc} - V_z) / (R_c + R_e)$$

TIEMPO DE PARPADEO DEL TIMER NE555

De la figura 4.26, se tiene la siguiente fórmula del tiempo de subida (nivel alto).

$$T_1 = 0.693 \cdot (R_1 + LDR) \cdot C_1$$

El tiempo de bajada (nivel bajo) es:

$$T_2 = 0.693 \cdot LDR \cdot C_1$$

El tiempo total de parpadeo es:

$$T = T_1 + T_2$$

$$T = 0.693 \cdot (R_1 + 2LDR) \cdot C_1$$

La frecuencia de oscilación es:

$$F = 1/T = 1.44 / [(R_1 + 2 \cdot LDR) \cdot C_1]$$

Siendo:

T: periodo

T1: tiempo de subida

T2: tiempo de bajada

F: frecuencia

LDR: resistencia variable con la luz

C1: condensador

4.1.5.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El funcionamiento del sensor detector de humedad, consiste en detectar la humedad del pozo a tierra. Cuando éste, se encuentre seco

por la escasés de humedad en el SPAT entonces la conductividad del suelo es casi nula, por lo que el SPAT necesita de agua para que tenga la conductividad adecuada para su buen funcionamiento. En esta situación, el sensor de humedad al detectar la poca de humedad de la tierra activa automáticamente en paralelo al foco y el motor de riego. Este último drenará el agua lo suficiente hacia la tierra, hasta que sea húmeda, quedando la salida del sensor en estado (ON). Sin embargo; cuando el SPAT ya tenga la humedad adecuada, el motor de riego deja de drenar agua, quedando la salida del sensor en estado apagado (off), por lo que los actuadores dejan de funcionar.

Por otro lado, cuando aumenta la humedad del SPAT, incrementa el nivel de conductividad del mismo, y por consiguiente disminuye la resistividad óhmica del SPAT ya que es el objetivo a conseguir. Así mismo, en la medida el pozo a tierra disminuye la humedad pierde su conductividad eléctrica.

Por otro lado, una vez insertado los dos electrodos del sensor detector de humedad en la tierra y suponiendo que el SPAT posee alta humedad. Entonces por la resistencia "RB" fluirá una pequeña corriente en la base del transistor (Q1), por lo que el transistor entra en operación, de modo que tendremos un pequeño voltaje en el colector (Vc), conectado a la entrada no inversora (pin 3) del Opam. Éste voltaje, es comparado con el voltaje del zener de 9 voltios a la entrada inversora (pin 2) del operacional 741. Mientras el voltaje en el pin 3 sea menor a 9 V, a la salida del Opam por el (pin 6) se tiene un voltaje negativo igual a (-Vcc). Quedando en estado off los transistores Q2 y Q3 y por consiguiente el foco (L1) y el motor permanecerán apagados.

Cuando ya el voltaje Vc (pin 3), supera al voltaje del zener (pin 2), a la salida del Opam tendremos un voltaje igual a +Vcc, suficiente para que los transistores Q2 y Q3 entran en saturación, habilitando al relé de 12 voltios. Por consiguiente se activa automáticamente el foco y el motor

de riego, drenando agua al SPAT. En estas condiciones el nivel de humedad es bajo.

Por otro lado, de acuerdo a la intensidad de corriente que circula por el colector del transistor Q1, el led de color azul (D3) iluminará al LDR. Por lo que a mayor intensidad de luz que genera el Led D3, la resistencia del LDR disminuirá considerablemente, de tal forma que a la salida del Timer 555 (pin 3), tendremos una respuesta de parpadeo por el led verde (D1). Además, el tiempo de oscilación e iluminación del led D1, nos indica el nivel del estado de humedad del SPAT.

La intensidad de parpadeo del led (D1), será proporcional a la humedad aplicada a la entrada del circuito (SPAT). Esto quiere decir; cuando el nivel de humedad del pozo a tierra es alto, el led D1 parpadeará en forma intensa y cuando la humedad es baja, el valor de resistencia del LDR aumentará considerablemente por la poca presencia de luz que genera el led (D3). De ésta manera; el led verde (D1), se comporta como un indicativo del estado de humedad que posee el pozo a tierra.

4.1.5.5 MEDICIONES REALIZADAS EN PROTOTIPO CON EL DETECTOR DE HUMEDAD

Los valores que se muestran en las tablas siguientes, son obtenidos del experimento que se realizó en la parte práctica, con aplicación e intervención del sensor detector de humedad para el suelo. Para lo cual, se utilizó una muestra de 0.75 y 0.60 Kg. de tierra negra de cultivo previamente tratada, pesadas con una balanza electrónico digital. Esta muestra se insertó en un recipiente de plástico.

Por otro lado, el porcentaje de humedad de la tierra se obtiene mediante el método gravimétrico.

Tabla 4.5. Mediciones en prototipo

FECHA: 15/10/2013								
Horas	Temp. Ambiente en (°C)	Humedad en (%)	Prof. De prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (Off-On)
06:00	14	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
		54.6	10	1.16	0.75	9.14	0.73	Off
10:00	22	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
		54.6	10	1.16	0.75	9.14	0.73	Off
14:00	23	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
		54.6	10	1.15	0.75	9.14	0.73	Off
18:00	10	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
		54.6	10	1.16	0.75	9.14	0.73	Off

A partir de la tabla 4.5, se obtiene la gráfica del estado de humedad de la tierra en función de voltajes en el PIN3, a la entrada del Opam 741. Por otro lado, la tabla anterior nos indica que el actuador se encuentra en estado Off. En este caso los actuadores del sensor detector de humedad se encuentran apagados.

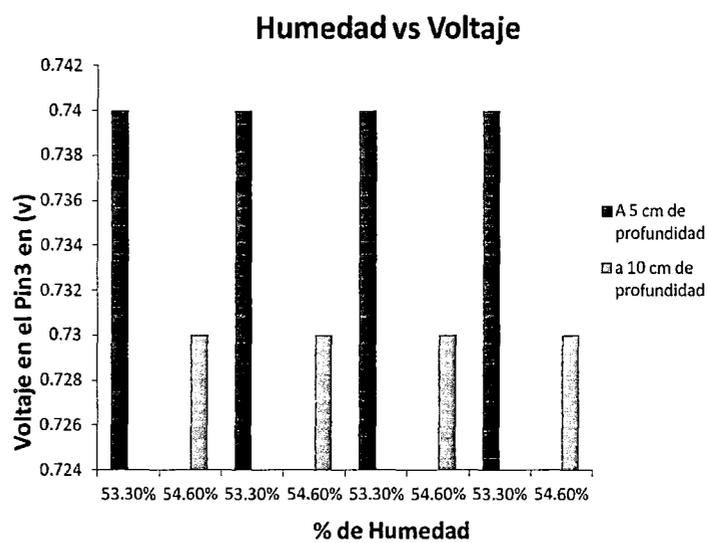


Figura 4.29. Gráfica de la humedad medida en el prototipo

La figura 4.29, muestra una pequeña variación en el porcentaje de la humedad de la tierra. Se observa, que la humedad de la tierra a una profundidad de 05 cm es menor a la humedad de 10 cm de profundidad. Para este caso, se ha considerado que la humedad de la tierra es adecuada bordeando en un promedio de 53 %. Cuando la humedad de la tierra supera los 53 % significa que la humedad es idónea para el SPAT.

Tabla 4.6. Mediciones en el prototipo quinta semana

FECHA: 12/11/2013								
Horas	Temp. Ambiente (°C)	Humedad en (%)	Prof. De prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (Off-On)
06:00	12	15	5	0.69	0.60	9.14	8.59	Off
		17.3	10	0.88	0.75	9.14	4.74	Off
10:00	21	15	5	0.69	0.60	9.14	8.81	Off
		17.3	10	0.88	0.75	9.14	4.45	Off
14:00	22	15	5	0.69	0.60	9.14	8.51	Off
		16	10	0.87	0.75	9.14	4.82	Off
18:00	15	13.3	5	0.68	0.60	9.14	8.34	Off
		16	10	0.87	0.75	9.14	4.75	Off

En la quinta semana, se observa un ligero cambio de humedad y el voltaje en el pin 3 del Opam. Este último, cuando incrementa su valor en voltaje disminuye el % de humedad de la tierra. Sin embargo; el voltaje en el pin 2, permanece constante. Además, la temperatura ambiente máxima en el día llegó hasta los 22 °C a las 14:00 horas. En estas condiciones, los actuadores del sensor detector de humedad se encuentran en estado Off, dando un indicativo que existe humedad aceptable en la tierra.

Tabla 4.7. Mediciones en el prototipo en la sexta semana

FECHA: 26/11/2013								
Horas	Temp. Ambiente (°C)	Humedad en (%)	Prof. De prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (off-on)
06:00	13	8.3	5	0.65	0.60	9.14	9.21	Off
		9.3	10	0.82	0.75	9.14	8.11	Off
10:00	20	8.3	5	0.65	0.60	9.14	9.13	Off
		9.3	10	0.82	0.75	9.14	8.73	Off
14:00	23	6.6	5	0.64	0.60	9.14	9.10	Off
		9.3	10	0.81	0.75	9.14	8.25	Off
18:00	12	6.6	5	0.64	0.60	9.13	9.14	On
		8	10	0.81	0.75	9.13	8.85	Off

La temperatura ambiente en la sexta semana llegó a una máxima de 23 °C. Esto indica que a las 14:00 horas, la intensidad de calor en el día fue superior al resto de horas del día. Además, se observa que la temperatura ambiente en las primeras semanas fue similar a la sexta semana.

Por otro lado, a las 18:00 horas, cuando el electrodo se encuentra instalado a 5 cm de profundidad, el voltaje en el pin3 supera al voltaje del pin2 en la entrada inversora del Opam 741. Por lo que el actuador entra en operación quedando en estado "On". Esto quiere decir que se enciende el foco, indicando que la humedad de la tierra se encuentra baja. En consecuencia, el motor empieza a drenar agua en la tierra con la finalidad de conseguir la humedad saludable que necesita la tierra.

En la tabla 4.8, se muestra que los electrodos insertados en la tierra a profundidades de 05 y 10 cm, el estado del actuador se encuentran en estado "On". Lo cual indica que la tierra se encuentra seca por la poca presencia de agua en la tierra.

Tabla 4.8. Mediciones en el prototipo en el séptimo semana

FECHA: 03/11/2013								
Horas	Temp. Ambiente (°C)	Humedad en (%)	Prof. De prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (off-on)
06:00	14	3.3	5	0.62	0.60	9.14	9.82	On
		4	10	0.78	0.75	9.14	9.76	On
10:00	22	3.3	5	0.62	0.60	9.14	9.93	On
		4	10	0.78	0.75	9.14	9.71	On
14:00	24	1.6	5	0.61	0.60	9.14	9.89	On
		2.6	10	0.77	0.75	9.14	9.84	On
18:00	13	1.6	5	0.61	0.60	9.13	9.96	On
		2.6	10	0.77	0.75	9.13	9.85	On

En la séptima semana, se observa claramente que el actuador se encuentra en estado "On". Esto quiere decir que el voltaje en el pin3 superó al valor de voltaje del pin2, de modo que el % de humedad de la tierra es bajísima. En estas condiciones, la conductividad de la tierra se ve afectada por la poca presencia de agua.

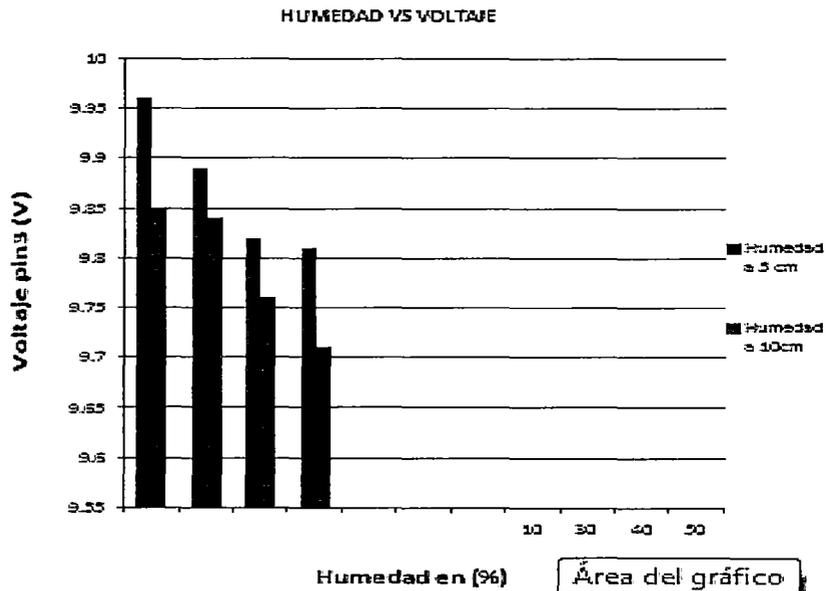


Figura 4.30. Voltaje PIN3 superior al voltaje en el PIN2

En la figura 4.29 y 4.30, se aprecia claramente que la humedad a 5 cm de profundidad es menor a la de 10 cm. Éstas diferencias también se reflejan en voltaje en el pin3, de tal forma que el grado de humedad del suelo, es proporcional al voltaje obtenido por el PIN3 del Opam 741 del sensor de humedad. Cuando la humedad de la tierra es baja por la misma escasés de agua, entonces por el PIN3 tenemos un elevado valor de voltaje. Cuando la humedad es alta, el voltaje por el PIN3 es bajo.

Por otro lado; de acuerdo a las tablas 4.5 hasta 4.8 la temperatura ambiente osciló desde un mínimo de 10 °C hasta el máximo de 24 °C. En la figura 4.31, se muestra el cambio de temperatura de acuerdo a las horas en los días que se experimentó.

La temperatura ambiente, se incrementó a partir de las 10:00 horas hasta las 14:00 horas del día. Así mismo, la intensidad de calor que genera el sol, será determinante en la variación de humedad de la tierra. Esto significa que mayor intensidad del calor, el agua que ha sido sumergida en el suelo se evapora rápidamente, provocando sequedad en la tierra por la pérdida de agua y por consiguiente pérdida de humedad del mismo.

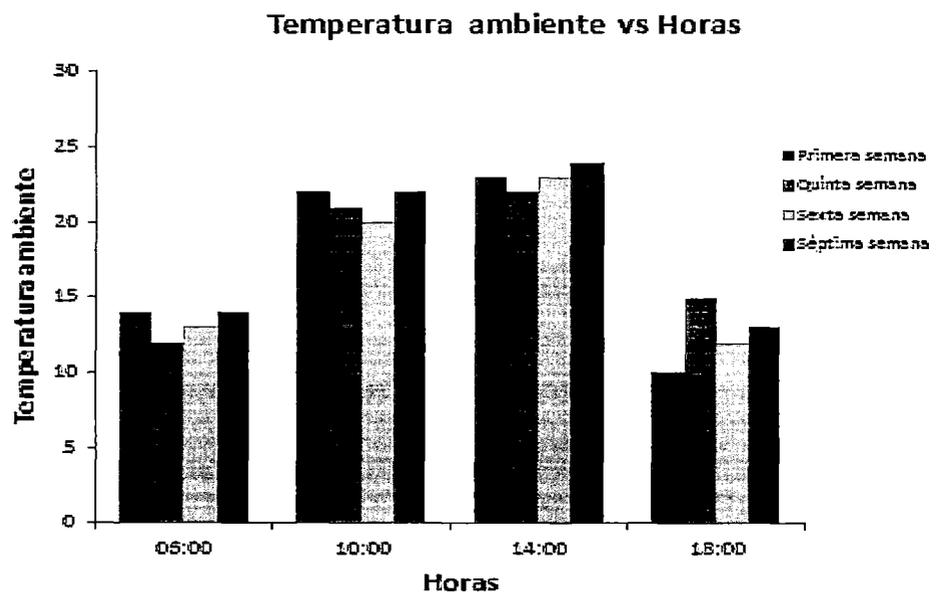


Figura 4.31. Temperatura ambiente respecto a Horas

4.2 DISCUSIÓN

En telecomunicaciones, los sistemas de puesta a tierra (SPAT) con valores de impedancias menores a los 10 ohmios, aseguran la protección de personas y equipos electrónicos. Con la instalación del SPAT realizado en la CMAC PIURA se logró obtener resistencias óhmicas bajas menores a los 02 ohmios. Para tal efecto se utilizó el aditivo químico THOR GEL empleado en la tierra negra de cultivo, debido a que tiene baja resistividad óhmica respecto a otros tipos de tierras. También se utilizó el electrodo de cobre porque posee buenas propiedades eléctricas. Para tal efecto, en la instalación se empleó el tipo de SPAT vertical, debido al reducido espacio que posee el CMAC PIURA. También en el tipo de SPAT horizontal se empleó la pletina de cobre, cemento conductivo con tierra negra de cultivo y se consiguió resultados óptimos.

Por otro lado, la humedad de la tierra fue determinante en la variación de la resistividad de los suelos. Por eso, el SPAT se logró implementar con el sensor de humedad, para su monitoreo automático con la finalidad de mantener un nivel de humedad adecuado para el sistema.

4.2.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

- ❖ Con la medición realizada con el telurómetro en el SPAT en CMAC PIURA, se logró obtener el valor de 1.78 ohmios la resistencia óhmica del pozo a tierra. Con éste valor conseguido, se logró la protección de los equipos electrónicos y usuarios en la entidad financiera, ya que las personas y los equipos electrónicos no sufrieron ningún daño como averías y desperfectos. Además las teorías establecen que el SPAT debe de tener un valor óhmico menor a 10 ohmios, para que brinde protección adecuado. De esta manera se logró conseguir los resultados esperados.
- ❖ Con el electrodo de cobre de tierra empleado en la instalación del SPAT realizado en la CMAC PIURA, se logró buena conductividad eléctrica, debido a que no se presentó ningún inconveniente de falla en la conducción eléctrica. Además, se ha comprobado con la teoría que el cobre es el elemento más conductivo respecto a otros materiales. Debido

29

a eso, por múltiples razones en la actualidad, el cobre es el material más empleado en la parte eléctrica.

- ❖ Con el uso en la instalación de la tierra negra de cultivo, fue determinante en la obtención de resultados óptimos en el SPAT. Ya que esta tierra posee la menor resistividad óhmica respecto a otros tipos de tierras.
- ❖ Con el aditivo químico THOR GEL empleado en la instalación del SPAT en CMAC PIURA, se logró bajar la resistividad óhmica hasta un valor bajo. Por otro lado, en instalaciones de tipo vertical el compuesto THOR GEL es adecuado, debido a que su empleo es muy fácil y muy práctico en el mantenimiento del SPAT. Por eso, empresas como Telefónica, Gilat entre otros emplean con frecuencia el THOR GEL por sus buenos resultados.
- ❖ Con el sensor de humedad se logró detectar la humedad de la tierra en el prototipo. El actuador del sensor dreña el agua lo suficiente para que la tierra sea húmeda. Por otro lado, la teoría de la naturaleza del terreno se ha comprobado que a mayor cantidad de agua en la tierra, la resistividad de la tierra es bajo. Por lo tanto con el sensor de humedad se logró implementar el SPAT en la entidad financiera.

CONCLUSIONES

- Con la instalación del sistema de pozo a tierra realizado en la entidad financiera de "San Hilarión" en la Caja Piura (CMAC PIURA), se obtuvo el valor de 1.78 ohmios de la impedancia del sistema de pozo a tierra. Con esto, se logró proteger a los usuarios y equipos electrónicos en la entidad financiera.
- Con el electrodo de cobre puro, se mejoró la conductividad eléctrica del SPAT en un 90%, evitando la corrosión prematura del electrodo, ya que el cobre posee propiedades sólidas que mantienen el tiempo de vida útil hasta 40 años. Mientras con el electrodo de acero revestido de cobre (copperweld), su tiempo de vida es mayor en 05 años respecto al cobre puro. En la actualidad es el electrodo con mayor demanda en el SPAT.
- La determinación de la resistividad del terreno, es un factor muy importante para el SPAT en instalaciones eléctricas. Éstas dependieron de factores como la humedad y temperatura. Para tal efecto, con la aplicación de la tierra negra de cultivo en el sistema de pozo a tierra, se logró bajar la impedancia óhmica hasta 1.78 ohmios.
- Con el empleo del compuesto químico denominado THOR GEL, se redujo significativamente el valor de la resistividad óhmica del pozo a tierra en un 90 %. Y se obtuvo el valor de 1.78 ohmios con la medición realizada con el instrumento de medida llamado telurómetro. Además, se comprobó que la instalación de THOR GEL es muy práctico y se comporta mejor en sistemas de pozo a tierra en tipo vertical.
- Con el empleo del detector de humedad, se detectó la humedad de la tierra. Cuando éste se encontró seco debido a la ausencia de agua. El sensor detectó la poca humedad de la tierra y activó automáticamente a los actuadores que comprende de un foco y al motor de riego. Por lo tanto, con éste sensor se logró controlar y monitorear la humedad de la tierra en el prototipo y será aplicado en el SPAT.
- Se comprobó en la práctica que la humedad a 10 cm de profundidad, debajo del suelo es mayor que a la de 05 cm de profundidad en un 3 %, esto es debido a que el agua se filtra en el suelo y su proceso de evaporización demora dependiendo de la temperatura

ambiente a que está expuesta. Provocando mayor pérdida de la humedad de la tierra en los primeros 05 centímetros de profundidad.

- La temperatura ambiente, se incremento hasta los 24 °C a partir de las 10:00 hasta las 14:00 horas del día. Y disminuyó considerablemente a las 18:00 horas, siendo determinante, en el cambio de humedad del pozo a tierra.

RECOMENDACIONES

- Ésta investigación científica realizado, sirve como base para el estudiantado en general tenga una noción clara del sistema de puesta a tierra (SPAT) y sepa distinguir la importancia del mismo, en el campo de las telecomunicaciones y electricidad.
- El sensor de humedad, tiene muchos aplicativos en la parte práctica. Por ejemplo; en la agricultura se puede emplear en un invernadero, para detectar el porcentaje de humedad de las plantas, de tal forma que se pueda monitorear automáticamente el sistema, ahorrando y minimizando el trabajo del hombre.
- Se recomienda a las personas en general que usen el aditivo químico THOR GEL y cemento conductor, cuando realicen las instalaciones del sistema de puesta a tierra. Porque se ha comprobado en la práctica que dichos compuestos químicos, son eficientes en la reducción de resistividades óhmicas del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Morales N. Sistema de puesta a tierra: aplicaciones y métodos de reducción de resistividad del suelo. Primera Edición. Santiago: ProCobre; 1999.
- [2] Gómez HD, Velilla E. Modelación de puestas a tierra para evaluación de sobretensiones transitorias [tesis de especialidad]. Medellín: Universidad de Antioquia; 2002.
- [3] Gonzales F. Sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas. Br J.2007; 1:1-9.
- [4] Alberto A, Felipe AH, Ortiz HE. Selección de DPSs en sistemas de baja tensión altamente expuestos a descargas eléctricas atmosféricas. Grup Inv Gipud. 1998; 16:10-3.
- [5] García B, Soto JD. Método alternativo para la medición de grandes sistemas de puesta a tierra-Modelo de prueba. Alambique.2002; 1:1-12.
- [6] Vallejos L, Rayo J, Santos JM, Olgún G. Dimensionamiento de electrodos de puesta a tierra tipo anillo para sistemas de transmisión HVDC. Cigré. 2009; 1:2-6.
- [7] Integradores de soluciones en protección. Manual de puestas a tierra Thor Gel. Lima: Pararrayos; 2006.
- [8] Gómez M, Peñaranda S, Estrada D. Corrosión del cobre en suelos con diferentes grados de agresividad. Latín Am Metal Mater. 2009; S1 (2): 801-7.
- [9] Josa R, Rubio CM, Cobos DR, Ferrer F. determinación de la resistividad térmica en función de la humedad precedente para un suelo franco limoso con diferentes porcentajes de gravas: estudios en zona no saturada del suelo. Lab Ferrer Soils and environ. 2009; Vol. IX: 1-6.
- [10] García JC. Efecto de los cambios de humedad en la resistencia de u parcialmente saturado de ceniza volcánica [tesis en maestría]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2003.
- [11] Moreno J. Instalaciones de puesta a tierra en centros de transformación. 2 ed. Málaga: (A.S.A); 1991.

- 15
- [12] Retana JE. Protección contra descargas atmosféricas en localizaciones peligrosas [tesis de especialidad]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2010.
 - [13] Villa MP. Criterios de seguridad en la aplicación de puesta a tierra en instalaciones eléctricas de edificios [tesis de especialidad]. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2010.
 - [14] Eletroteste. [Internet]. [Consultado 2013 Oct 15]. Disponible en:
<http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Diodos-Semiconductores.php>
 - [15] Ignacio J. [Internet]. [Consultado 2013 Oct 17]. Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Regulador_de_tensi%C3%B3n
 - [16] Taringa. [Internet]. [Consultado 2013 Nov 03]. Disponible en:
<http://www.taringa.net/posts/info/5800372/Funcionamiento-del-rele.html>
 - [17] Taringa. [Internet]. [Consultado 2013 Nov 11]. Disponible en:
<http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/10387362/Guia-basica-para-transistores-y-triac.html>
 - [18] Artículosweb. [Internet]. [Consultado 2013 Set 28]. Disponible en:
<http://www.articulosweb.net/ambiente-natural/las-bombas-de-agua>
 - [19] Ruiz GA. [Internet]. [Consultado 2013 Set 13]. Disponible en:
http://www.unicrom.com/Tut_comparadores_voltaje.asp
 - [20] Circuitoselectronicos. [Internet]. [Consultado 2013 Oct 24]. Disponible en:
<http://www.circuitoselectronicos.org/2007/10/el-protoboard-tableta-de-experimentacin.html>

“SISTEMA PUESTA A TIERRA MENOR A 02 OHMIOS PARA PROTECCIÓN DE EQUIPOS ELECTRÓNICOS, CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS, EN ENTIDADES FINANCIERAS”

CM Crisóstomo-Pérez

Universidad Nacional de Huancavelica
Facultad de Ingeniería Electrónica-Sistemas
Escuela Académico Profesional de Electrónica

I. RESUMEN

El sistema de puesta a tierra (SPAT) que se realizó en el presente artículo, tiene como objetivo principal al diseño e implementación de un sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios, para brindar la protección de usuarios, equipos electrónicos contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras. De modo que el SPAT está íntimamente relacionado con la protección. En este documento se plasma el procedimiento del diseño e instalación del SPAT en la entidad financiera de CMAC PIURA. Así mismo se desarrolla el diseño, la construcción y la experimentación en prototipo del detector de humedad para el sistema.

Palabras claves: SPAT sistema de puesta a tierra, CMAC PIURA, THOR GEL.

II. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores importantes en la protección de equipos electrónicos y usuarios de la entidad financiera es con el sistema de puesta tierra (SPAT) con la menor impedancia óhmica posible. En el campo de telecomunicaciones y electricidad, el SPAT cumple una función importante para resguardar el estado de funcionamiento de los equipos electrónicos, antenas satelitales, computadoras entre otros.

El valor de impedancia óhmica del pozo a tierra define el nivel de protección de los mismos. De modo que cuando éste valor óhmico es menor de 10 ohmios, significa que existe protección y

seguridad de los equipos y personas y viceversa mientras el valor óhmico del SPAT supera el valor de referencia indicado, entonces los equipos electrónicos y personas quedan desprotegidos frente a los diversos anomalías como sobre voltajes y descargas atmosféricas que pueden suscitarse en cualquier momento.

Las entidades financieras deben tener un SPAT adecuado con impedancia menor a 05 ohmios, para garantizar la protección del sistema. Por eso, con el sistema de pozo a tierra realizado en la investigación con valor de impedancia de 02 ohmios se mejora la protección de usuarios y equipos electrónicos contra las descargas eléctricas en entidades financieras.

Una forma segura de poder controlar las descargas atmosféricas o sobre voltajes, es haciendo un camino de descarga hacia el subsuelo (tierra), de tal forma que las corrientes parásitas pueden ser aterrizados en la tierra de una manera controlada. Para tal efecto dependerán de los variables en estudio.

El electrodo de tierra, está en contacto directo con el terreno y constituye un parámetro importante en el SPAT, ya que debe de tener alta resistencia a la corrosión y no debe corroerse dentro de un amplio rango de condiciones del suelo. Además, debe poseer buena conductividad eléctrica, los materiales usados incluyen el cobre, acero galvanizado, acero inoxidable y fierro fundido.

Los aditivos químicos que se emplean en el SPAT tienen la misión de mejorar y reducir significativamente la resistencia eléctrica del suelo, con la finalidad de hacerlos

más conductivos. Existen en la actualidad diversos compuestos químicos para el SPAT como por ejemplo: Thor Gel, cemento conductivo, bentonita, entre otros.

La resistividad del suelo es un aspecto importante que se tiene en consideración, ya que de acuerdo a su composición intrínseca, su valor en la resistividad óhmica depende de diversos factores como la temperatura, la humedad, compactación entre otros. Por lo que las resistividades de los tipos de suelos no son uniformes. Por otro lado, la humedad por la presencia de agua en el suelo, juega un papel muy importante en el cambio de las resistividades del suelo, ya que a mayor humedad el suelo se vuelve más conductivo y disminuye su resistividad óhmica y viceversa, cuando hay escases de humedad el suelo es poco conductivo y por ende eleva el valor de resistividad óhmica, de modo que no es conveniente en el SPAT.

Mediante el diseño del sistema de puesta a tierra, realizados en la investigación, se logró obtener resultados óptimos.

III. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Un sistema de *puesta a tierra*, tiene como misión principal en disipar de manera eficiente hacia tierra, la energía de corriente parásita producto de sobre voltajes y descargas atmosféricas con la finalidad de garantizar la seguridad y la protección de equipos electrónicos y de personas expuestas en un determinado ambiente. Los aspectos importantes de SPAT son:

- Proporcionar una impedancia óhmica baja para facilitar la operación satisfactoria de las protecciones en condiciones de falla.
- Mantener los voltajes del sistema dentro de límites razonables bajo condiciones de falla (tales como descarga atmosférica y sobre voltajes).
- Limitar el voltaje a tierra sobre materiales conductivos que circundan conductores o equipos eléctricos.

- Proporcionar una plataforma equipotencial aterrando todos los equipos.

- Conducir y disipar la energía parásita hacia tierra de baja impedancia mediante "electrodo".

- Proteger los circuitos de datos y telecomunicaciones de baja tensión.

A. ELEMENTOS DEL SPAT

▪ **Electrodo de tierra.** Es el componente fundamental del SPAT, ya que constituye un camino en la descarga de la energía de falla hacia la tierra. Los electrodos de tierra son fabricados de material de cobre, acero inoxidable y zinc galvanizado, acero recubierto de cobre. [1]

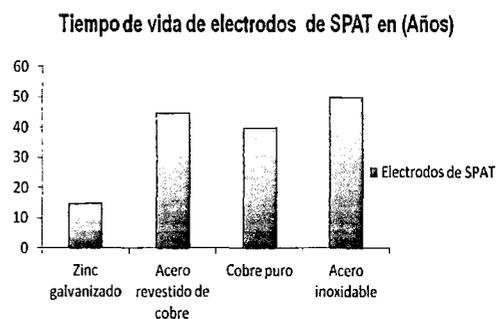


Figura 1. Tiempo de vida de electrodos

Por otro lado, los electrodos de cobre puro y acero recubierto de cobre (copperweld) son los más usados. Ya que el cobre posee buenas propiedades eléctricas, como su alta resistencia a la corrosión, buena conductividad eléctrica, resistencia a las altas temperaturas de trabajo, entre otros.

▪ **Naturaleza del suelo.** El suelo, es una mezcla de rocas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Ésta mezcla, hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De estos factores, la humedad es el más importante, porque será

determinante en la variación de resistividad del mismo. Además, puede generar alteraciones de resistividades óhmicas en el suelo. Los diferentes porcentajes de humedad para un mismo terreno, darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo. [1]

El terreno es el encargado de disipar las corrientes de fuga o de defecto y las de origen atmosférico. La resistencia al paso de la corriente entre los electrodos y el terreno define la resistividad del mismo, permitiéndonos conocer su comportamiento eléctrico. [7]

Tabla1. Resistividad del terreno en (Ω -m)

Naturaleza del terreno	Resistividad en (Ω -m)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcilla compactas	100 a 200
Margas de jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena Silicea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alteradas	100 a 600
Terrenos cultivables y fértiles	50
Terrenos cultivables poco fértiles	500

Para el SPAT la tierra de cultivo es el preferido, ya que posee la baja resistividad óhmica.

▪ **Aditivo químico.** Son compuestos químicos que se agregan al suelo para modificar su composición, con el fin de hacerlos más conductivos y reducir la resistividad del suelo. Entre éstos, se encuentran las sales y la mayoría de "gels" presentes en el mercado. [7]

Las características del empleo de THOR GEL se muestran en la siguiente figura 2.

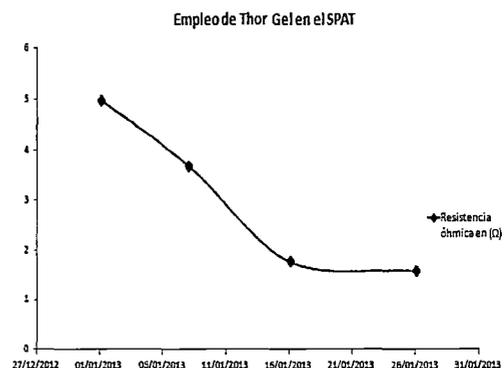


Figura 2. Empleo de THOR GEL

Co se observa en la figura 2. El nivel de resistividad del SPAT, disminuye lentamente a medida que pasa los días. De modo que a la cuarta semana se observa el valor real de la resistividad del SPAT porque el filtrado del compuesto químico en el pozo a tierra se logra uniformizar lentamente, ya que es una solución acuosa.

Para sistemas de puesta a tierra el aditivo químico THOR GEL es el compuesto ideal, por su buena efectividad en la reducción de la resistividad del pozo a tierra.

B. PASOS EN LA INSTALACIÓN DEL SPAT

-Se escavó el suelo a una profundidad de 03 metros de profundidad por 01 metro de diagonal.

-Se rellenó el hueco con tierra negra de cultivo previamente tamizada en malla de $\frac{1}{2}$. Luego se compactó 0.30 metros de altura utilizando un pisón de 20 Kg.

-Se insertó el electrodo copperweld de $\frac{3}{4}$ en el hueco, rellenando con tierra negra de cultivo hasta 01 metro de altura. Una vez rellenado el hueco, se hizo la compactación utilizando el pisón.

-Se disolvió el contenido de la bolsa azul, en un recipiente de plástico de 20 litros contenido con agua en un tiempo de 10 minutos.

-Luego se insertó en el hueco el compuesto químico y se esperó su total absorción en un tiempo de 30 minutos.

-Se disolvió el contenido de la bolsa crema en un recipiente de 20 litros con agua. Este procedimiento duró 10 minutos.

-Se inserto el aditivo químico en el hueco, esperando su total absorción por un lapso de 30 minutos.

-Se repitió los pasos anteriores, hasta 5 cm por debajo del electrodo. Luego se colocó la caja de registro al ras del piso. La caja de registro es importante porque es allí por donde se accede a la barra o electrodo del pozo a tierra, para realizar la inspección y el mantenimiento del mismo. Además, protege la integridad de los electrodos de tierra.

-Se procedió con la medición del pozo a tierra. Para tal efecto, se utilizó el instrumento de medición óhmica denominado telurómetro obteniendo el valor de 1.78 ohmios.



Figura 3. Medición del SPAT con el telurómetro

-Finalmente una vez realizado la medición del SPAT, se cimentó la parte externa de la caja de registro, para que sea macizo y consistente.

IV. DETECCIÓN DE HUMEDAD EN PROTOTIPO

En la detección de la humedad de la tierra, se empleó el método gravimétrico.

$$(\%) \text{HUMEDAD} = \frac{\text{PESO DE SUELO HÚMEDA} - \text{PESO DE SUELO SECO}}{\text{PESO DE SUELO SECO}} (100)$$

Figura 3. Ecuación de la humedad

Se utilizó una muestra de tierra negra de cultivo de 0.75 y 0.60 Kg llenadas en un recipiente de plástico c/u de ellas. Estas muestras han sido secadas durante 07 días en

pleno sol, a una temperatura ambiente promedio de 25 °C. En cada muestra se insertó ½ litro de agua y se esperó su total absorción. Los resultados alcanzados con el detector de humedad se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Mediciones realizadas en prototipo con el detector de humedad (Primera semana)

Horas	Temperatura Ambiente en (°C)	Humedad en (%)	Prof. prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (Off-On)
06:00	14	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
06:00	14	54.6	10	1.16	0.75	9.14	0.73	Off
10:00	22	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
10:00	22	54.6	10	1.16	0.60	9.14	0.73	Off
14:00	23	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
14:00	23	54.6	10	1.15	0.75	9.14	0.73	Off
18:00	10	53.3	5	0.92	0.60	9.14	0.74	Off
18:00	10	54.6	10	1.15	0.75	9.14	0.73	Off

El voltaje en el pin 3 es menor que el voltaje de referencia (pin 2), en este caso la salida del actuador se encuentra apagada y esto significa que existe humedad en el prototipo. En la medida que el % de humedad decrece, quiere decir que incrementará el voltaje en el pin 3.

Tabla 4. Mediciones obtenidas en el prototipo (Séptimo semana)

Horas	Temperatura Ambiente en (°C)	Humedad en (%)	Profundidad prueba (cm)	Peso húmedo (Kg.)	Peso seco (Kg.)	Voltaje PIN2 (V)	Voltaje PIN3 (V)	Estado del Actuador (Off-On)
06:00	14	3.3	5	0.62	0.60	9.14	9.82	On
06:00	14	4	10	0.78	0.75	9.14	9.76	On
10:00	22	3.3	5	0.62	0.60	9.14	9.93	On
10:00	22	4	10	0.78	0.75	9.14	9.71	On
14:00	24	1.6	5	0.61	0.60	9.14	9.89	On
14:00	24	2.6	10	0.77	0.75	9.14	9.84	On
18:00	13	1.6	5	0.61	0.60	9.13	9.96	On
18:00	13	2.6	10	0.77	0.75	9.13	9.85	On

En la séptima semana se observa claramente que el voltaje en el pin3 supera al valor del pin2, y el valor de humedad disminuyó considerablemente respecto a la primera semana. En estas condiciones la tierra se encuentra seca y el estado del actuador se encuentra encendido, por lo que el motor de riego drena agua lo suficiente para que la tierra sea húmeda.

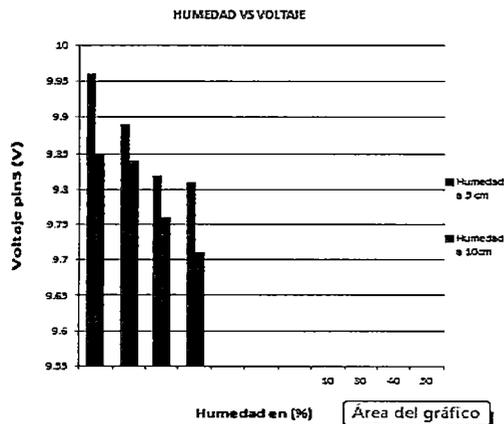


Figura 4. Humedad a 5 y 10 cm de profundidad

En la figura 4. Se observa que a menor humedad el voltaje se incrementa en el pin 3, esto significa que la humedad a 5 cm es menor que a 10 cm. Por otro lado, en la figura 5 se muestra la temperatura ambiente en los días de medición en el prototipo.

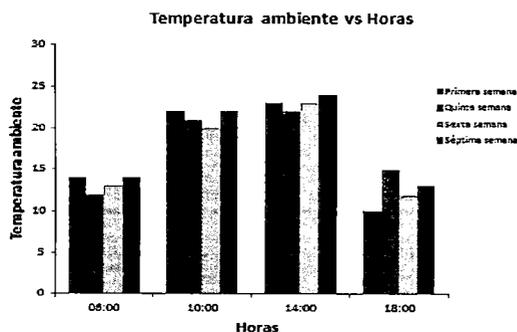


Figura 5. Temperatura vs horas

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado el desarrollo de la instalación del SPAT realizada en la entidad financiera de Cmac Piura. Se logró obtener el valor de 1.78 ohmios de la resistencia óhmica del pozo a tierra y se logró proteger adecuadamente los equipos electrónicos y usuarios en la entidad financiera. Por otro lado, se logró diseñar y

construir el detector de humedad para el SPAT. El actuador del sensor de humedad, sólo se activa cuando la tierra se encuentra seca, debido a la ausencia de agua (poca humedad). Por lo que realiza el monitoreo automático del sistema.

Este documento sólo corresponde a un resumen de aspectos tratados en la investigación.

VI. BIBLIOGRAFÍAS

- [1] Morales N. Sistema de puesta a tierra: aplicaciones y métodos de reducción de resistividad del suelo. Primera Edición. Santiago: ProCobre; 1999.
- [2] Gómez HD, Velilla E. Modelación de puestas a tierra para evaluación de sobretensiones transitorias [tesis de especialidad]. Medellín: Universidad de Antioquia; 2002.
- [3] Gonzales F. Sistemas de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas. Br J.2007; 1:1-9.
- [4] Alberto A, Felipe AH, Ortiz HE. Selección de DPSs en sistemas de baja tensión altamente expuestos a descargas eléctricas atmosféricas. Grup Inv Gipud. 1998; 16:10-3.
- [5] García B, Soto JD. Método alternativo para la medición de grandes sistemas de puesta a tierra-Modelo de prueba. Alambique.2002; 1:1-12.
- [6] Vallejos L, Rayo J, Santos JM, Olguín G. Dimensionamiento de electrodos de puesta a tierra tipo anillo para sistemas de transmisión HVDC. Cigré. 2009; 1:2-6.
- [7] Integradores de soluciones en protección. Manual de puestas a tierra Thor Gel. Lima: Pararrayos; 2006.
- [8] Gómez M, Peñaranda S, Estrada D. Corrosión del cobre en suelos con diferentes grados de agresividad. Latin Am Metal Mater. 2009; S1 (2): 801-7.
- [9] Josa R, Rubio CM, Cobos DR, Ferrer F. determinación de la resistividad térmica en función de la humedad precedente para un suelo franco limoso con diferentes porcentajes de gravas: estudios en zona no saturada del suelo. Lab Ferrer Soils and environ. 2009; Vol. IX: 1-6.

ANEXOS

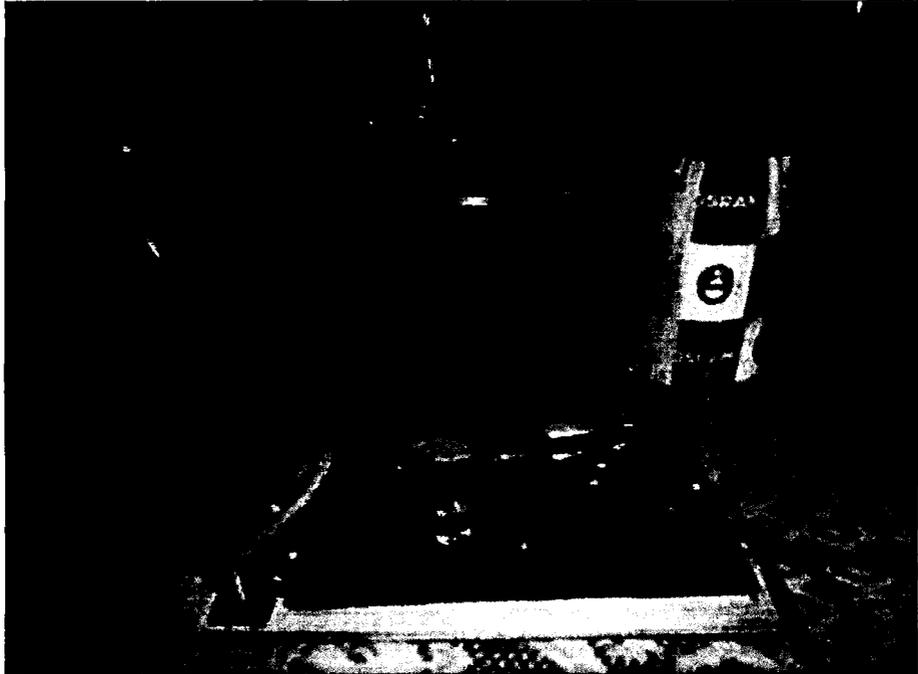


Foto 1. Vista panorámica del sensor de humedad

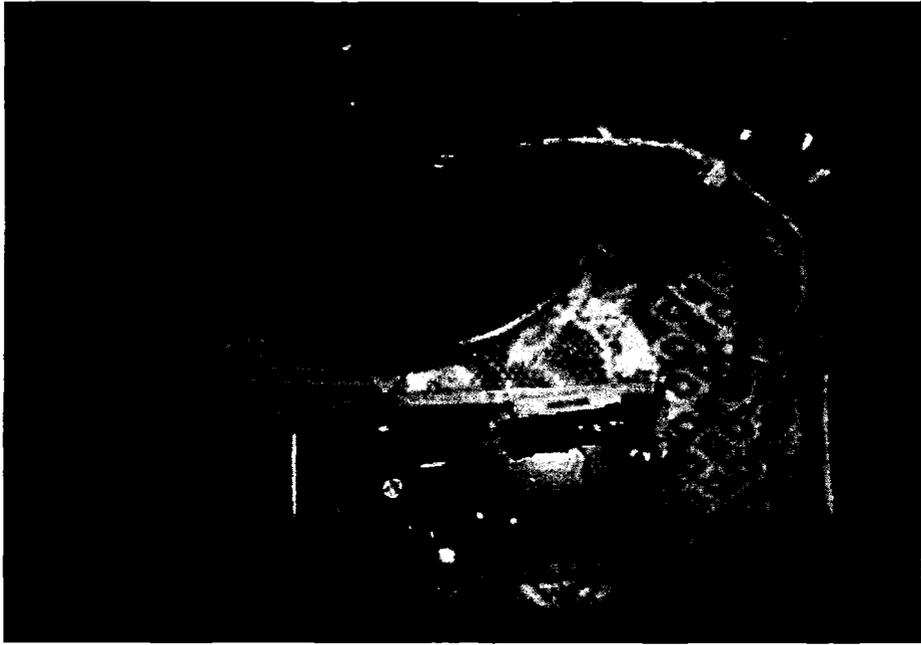


Foto 2. Ensayo del sensor en tierra húmeda (actuador en estado Off)

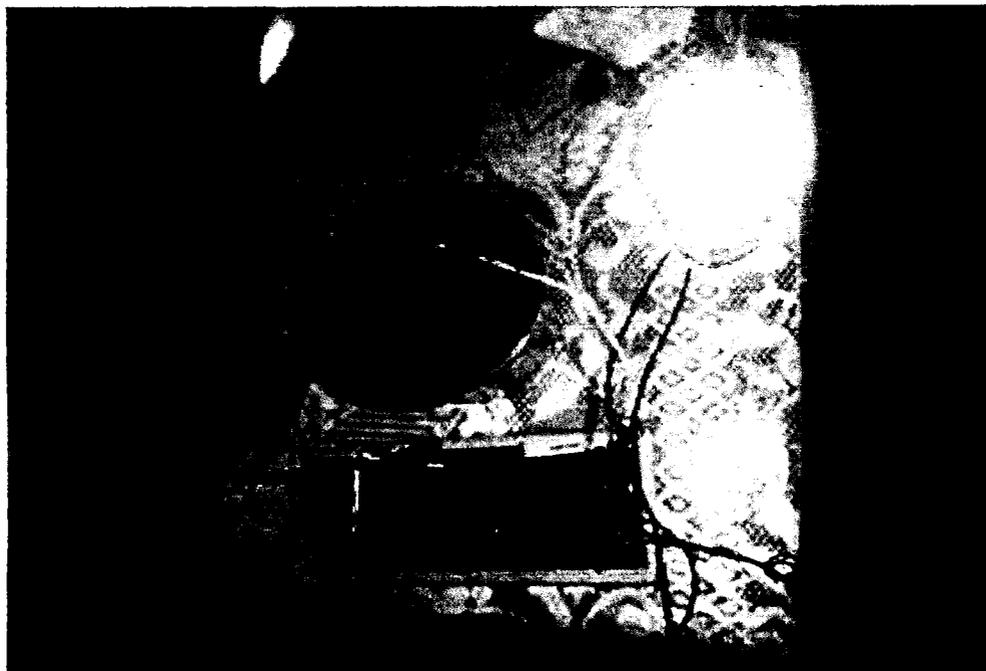


Foto 3. Ensayo del sensor en tierra seca (actuador en estado On)



Foto 4. Muestra de tierra negra y agua



Foto 5. Quemado del circuito sensor de humedad en placa impreso

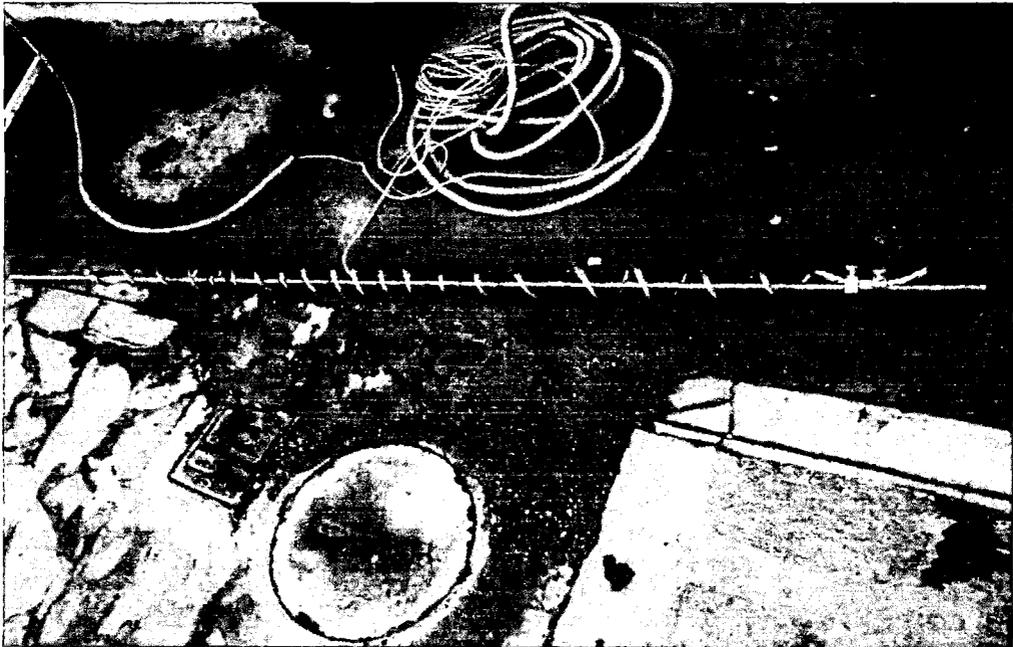


Foto 6. Electrodo de tierra conectado con sus accesorios

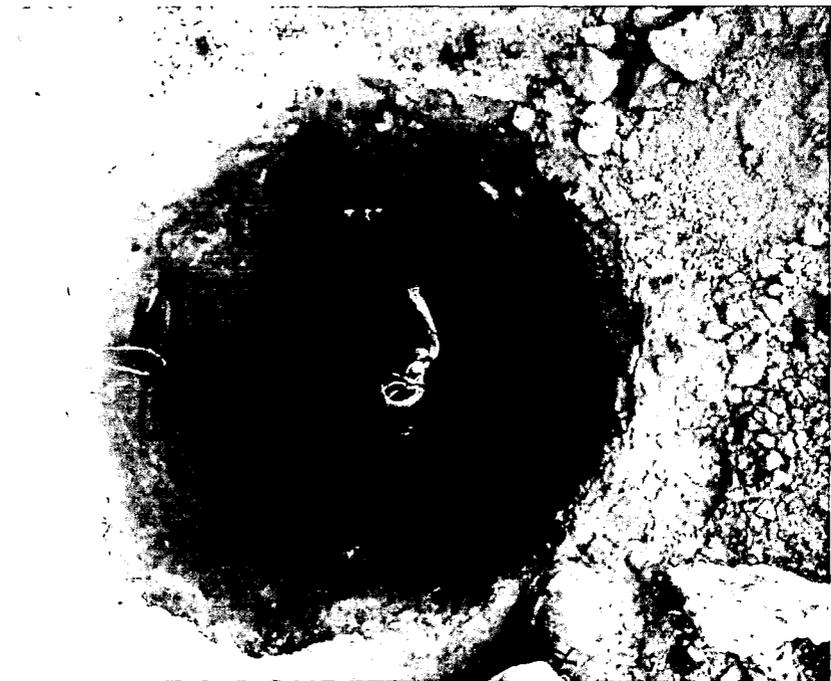


Foto 7. Ubicación del electrodo de tierra en el pozo a tierra



Foto 8. Empleando Thor Gel de color azul en el SPAT



Foto 9. Empleando Thor Gel de color crema en el SPAT.



Foto 10. Medición de la resistividad del SPAT con telurómetro

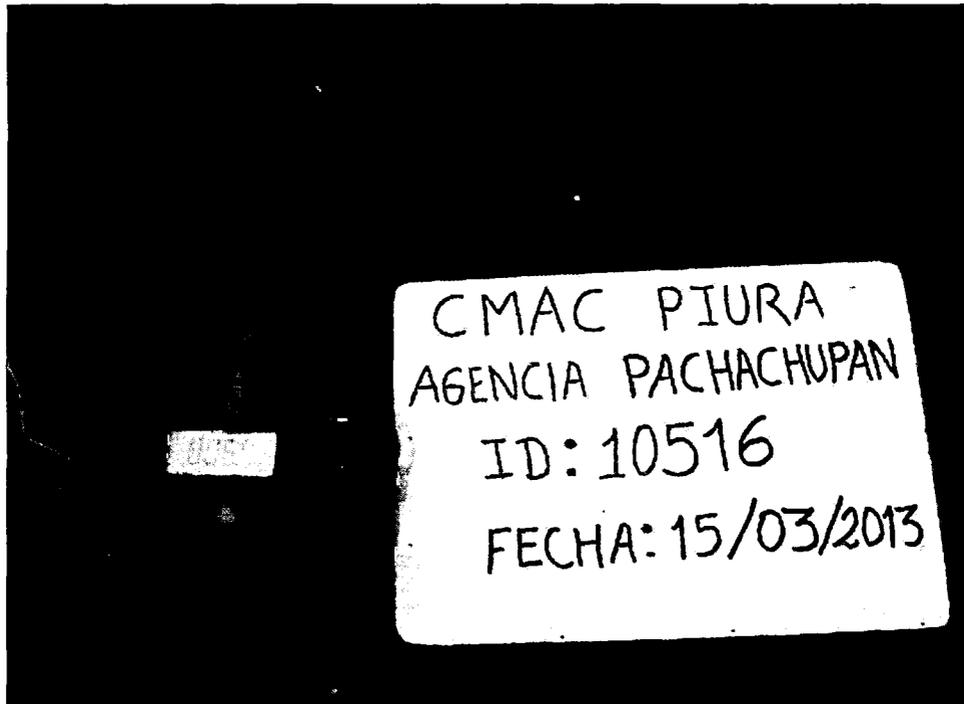


Foto 11. Pruebas realizadas con el telurómetro



Foto 12. Cmac Piura donde se realizó la instalación del SPAT



Foto 13. Pruebas con el sensor de humedad y electrobomba

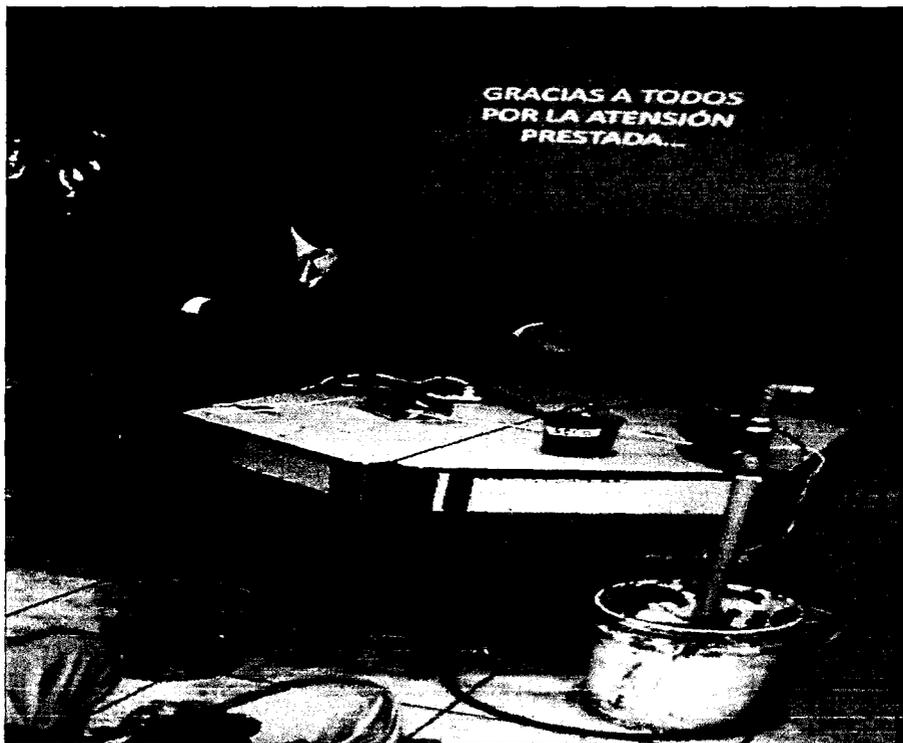
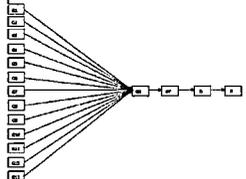


Foto 14. Demostración realizado en la sustentación de Tesis.

Matriz de consistencia del Sistema de Puesta a Tierra (SPAT)

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Unidades	Instrumento de medición	Fuente	Metodología de la investigación
<p>¿Cuál es el sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios que brinda protección de usuarios, equipos electrónicos contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras?</p> <p>Formulación específica ¿Cuál es el material del electrodo de tierra que será empleado en el SPAT? ¿Qué tipo de suelo se empleará en el sistema de pozo a tierra? ¿Qué tipo de aditivo químico se empleará en el sistema de pozo a tierra? ¿Cómo diseñar y construir un sensor detector de humedad para el SPAT?</p>	<p>Objetivo General Diseñar e implementar un sistema de puesta a tierra menor a 02 ohmios, para protección de equipos electrónicos y personas contra descargas y/o sobrecargas eléctricas en entidades financieras.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Definir el electrodo de tierra adecuado para el sistema. ➤ Evaluar y seleccionar el tipo de suelo para el sistema. ➤ Definir los aditivos químicos adecuados para el sistema. ➤ Diseñar e implementar un circuito detector de humedad para el pozo a tierra. 	<p>Hipótesis General Con el sistema de puesta a tierra con impedancia menor a 02 ohmios se mejora la protección de usuarios y equipos electrónicos contra descargas eléctricas en entidades financieras.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Con el electrodo de cobre se mejora la conducción eléctrica del pozo a tierra. ➤ El tipo de suelo empleado para el pozo a tierra, es la tierra negra de cultivo. ➤ El aditivo químico empleado para el pozo a tierra es Thor Gel. ➤ Mediante el sensor detector de humedad se logra monitorear el SPAT. 	Elementos de conducción de energía	G1: Tipo de electrodo	mm ² xm	Galga	Área de oficina técnica	<p>Tipo de investigación: Cuasi-experimental, aplicada en el campo. Nivel de investigación: Es el cuasi-experimental y el descriptivo, porque se ocupará de la descripción de hechos a partir de una base teórica, ya que se analizará y se diseñará SPAT. Método de investigación: Se empleará el método cuasi-experimental y práctico, y se centrará en el diseño a partir de las experiencias adquiridas en la práctica. Diseño de investigación: Se evaluó el comportamiento de las variables en estudio que se experimentó en la parte práctica, en la instalación del SPAT. Además este último ha sido implementado con un sensor de humedad para el monitoreo automático.</p>  <p>G [1-13] : Grupo de Indicadores G x: Variable independiente Gy: Variables dependientes D: Diseño P: Protección contra descargas eléctricas y monitoreo del SPAT</p> <p>Población: La población en estudio estará compuesta por 20 mediciones de impedancia óhmica del sistema del SPAT, en la región San Martín. Muestra: Se tomó una muestra de cinco elementos de las mediciones de las resistividades óhmicas en el SPAT. Muestreo: Es el aleatorio simple, realizadas en la medición con el uso del instrumento de medición telurómetro. Técnicas: Visual y documental Instrumentos: Elementos bibliográficos, Simuladores electrónicos, multítester digital, telurómetro y cuadros.</p>
			Elementos de control y detección de humedad del SPAT	G2: Tipo de conductor	mm ²	Galga	Área de oficina técnica	
				G3: Tipo de conector	mm ²	Galga	Área de oficina técnica	
				G4: Opam	Voltios	Multímetro	Área de oficina técnica	
				G5: Resistencia	ohmios	Ohmímetro	Área de oficina técnica	
				G6: Diodos, leds	Voltios	Multímetro	Área de oficina técnica	
				G7: Fuente de alimentación	Voltios	Multímetro	Área de oficina técnica	
				G8: Caja de registro	m ²	Huinchas	Área de oficina técnica	
				G9: Motor eléctrico	Watts	Vatímetro	Área de oficina técnica	
				G10: Transistor	β	Multítester	Área de oficina técnica	
			Aditivos químicos	G11: Thor Gel	Kg.	Balanza	Área de oficina técnica	
			Naturaleza del suelo	G12: Tipo de suelo	Ohm x m	Telurómetro	Área de oficina técnica	
				G13: Tipo de pozo (Hueco)	m ²	Huinchas	Pozo a tierra	