



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Diseño del Método Stone para sistemas de
aterramiento en suelos rocosos
en torres de transmisión del
Sistema Eléctrico Condorcocha - Tarma**

para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electricista

Luis Edward Rosas Zevallos

Huancayo, 2018



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ASESOR DE TESIS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

CAPÍTULO I

1. Planteamiento del estudio	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problema específico.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivo específico.....	3
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.5. Hipótesis y descripción de variables.....	4
1.5.1. Hipótesis general	4
1.5.2. Hipótesis específicas	4
1.6. Descripción de variables	5
1.6.1. Definición de la variable dependiente: resistencia	5
1.6.2. Definición de la variable independiente: Terreno rocoso	5

1.7. Operacionalización de las variables	6
--	---

CAPÍTULO II

2. Marco teórico	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	9
2.2. Resistencia eléctrica en sistemas de aterramiento en torres alta tensión .	10
2.2.1. Resistencia y resistividad.....	10
2.2.2. Medición de resistividad de la tierra.....	11
2.2.3. Medición de la resistencia de puesta a tierra	11
2.2.4. Medición de la impedancia y potenciales superficiales	11
2.2.5. Resistividad del suelo	12
2.3. Métodos de medición de la resistencia de la puesta a tierra	12
2.3.1. Consideraciones de orden práctico.....	12
2.3.2. Método de caída de potencial (62%):.....	13
2.3.3. Método de medición con una pinza	15
2.4. Sistemas de aterramiento.....	18
2.4.1. Objetivo de la puesta a tierra en sub estaciones	18
2.4.2. Elementos a ser aterrados	18
2.4.3. Limitaciones de la norma IEEE 80	20
2.5. Terrenos rocosos y resistividad	20
2.5.1. Resistividad.....	20
2.5.2. Estratigrafía.....	22
2.5.3. Tipos de terrenos para aterramiento.....	24

CAPÍTULO III

3. Metodología	25
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación	25
3.1.1. Método de la investigación.....	25
3.1.2. Tipo de investigación	26

3.1.3. Nivel de investigación	26
3.2. Diseño de la investigación	26
3.3. Población y muestra	27
3.3.1. Población:	27
3.3.2. Muestra:	27
3.4. Técnicas de recolección de datos	27
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos	27
3.4.2. Técnicas de tratamiento de datos.	28
3.5. Instrumentos de recolección de datos	28
3.5.1. Valides del contenido	28
3.5.2. Valides por juicio de expertos	28

CAPÍTULO IV

4. Diseño del método Stone para aterramiento	30
4.1. El primer paso es realizar la medición de la resistividad	30
4.1.1. Método Wenner	30
4.2. El segundo paso es realizar los cálculos	31
4.2.1. Método H. B. Dwigth	32
4.2.2. Método C. L. Hallmark	39
4.3. Método Stone	43
4.3.1. Partes del aterramiento según el método Stone	44
4.3.2. Ventajas de la utilización del método Stone.....	49
4.3.3. Cuadros comparativos	55
4.3.4. Resumen de medición de puesta a tierra.....	57
 CONCLUSIONES	 58
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	63
MATRIZ DE CONSISTENCIA	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Instante cuando se vierte agua a la varilla para una mejor circulación de la corriente de inyección.....	13
Figura 2: Disposición del método por caída de potencial.	15
Figura 3: Curva representativa por método de caída de potencial.	15
Figura 4: Circuito equivalente de los pozos de puestas a tierra puestos en paralelo.	16
Figura 5: Medidor de resistencia de puesta a tierra tipo pinza.	17
Figura 6: Diferencia de potencial resultante.	31
Figura 7: Plano N° 1 – Método Stone.	44
Figura 8: Detalle plano N° 1.....	45
Figura 9: Plano N° 2 – Método Stone.	46
Figura 10: Detalle plano N° 2.....	47
Figura 11: Detalle plano N° 3.....	48
Figura 12: Costos del método Stone y Convencional.....	55
Figura 13: Tiempo de ejecución del método Stone y Convencional.	56
Figura 14: Cantidad de trabajadores del método Stone y Convencional.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	6
Tabla 2: Presupuesto N° 1.....	49
Tabla 3: Presupuesto N° 2.....	52
Tabla 4: Cuadro de comparación de costos.	55
Tabla 5: Cuadro de comparación de tiempo de ejecución.....	55
Tabla 6: Cuadro de comparación de cantidad de trabajadores.	56
Tabla 7: Resumen de medición de puesta a tierra.	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Voltaje en un punto de toma a tierra.	16
Ecuación 2: Resistencia en un punto de toma a tierra.....	16
Ecuación 3: Resistividad de un material.	20
Ecuación 4: Campo eléctrico.	21
Ecuación 5: Resistividad de un medio heterogéneo.	22

RESUMEN

Las torres de transmisión del sistema eléctrico, cuentan con sistemas de aterramiento, que sirven para proteger a; las personas, los conductores, estructuras metálicas, aisladores y transformadores, de tal manera que es de vital importancia que cada torre cuente con un sistema de aterramiento apropiado y además que esta puesta a tierra tenga un valor de resistencia menor a los 25 ohmios. Un gran porcentaje de estas estructuras están construidas sobre suelos rocosos, terreno que dificulta la instalación de una puesta a tierra, sobre todo cuando la forma más rápida de hacer una excavación en este tipo de terreno es empleando explosivos, pero la dificultad empeora cuando la torre está ubicada cerca de un poblado habitado, lo cual impediría que se pueda realizar trabajos con explosivos. Ante esta contingencia se pretende establecer un método para realizar sistemas de aterramiento en suelos rocosos sin emplear explosivos.

Así pues, los sistemas de aterramiento se ocupan del eficiente, son los encargados de disipar las corrientes eléctricas, de diversas sobretensiones, hacia la tierra en las numerosas torres de transmisión donde se transporta energía eléctrica. Un apropiado diseño del sistema de aterramiento y su instalación es indispensable para la seguridad de los trabajadores y personas en general, además para los equipos eléctricos y electrónicos, como a nivel doméstico.

El sistema tradicional de aterramiento para torres de alta tensión, demanda mayor tiempo y costo, porque se debe realizar excavación sobre la roca, lo cual se traduce como una labor titánica, mientras que con el Método "Stone", tiene por objetivo reducir tiempo y dinero porque, no se requiere hacer excavación en la roca, puesto que los trabajos de aterramiento se realizan por encima de la superficie, dando como resultado menor tiempo de ejecución y por ende menor costo.

Los resultados de emplear el Método Stone serían: Realizar la protección adecuada (aterramiento) en las estructuras expuestas (torres de celosía) a descargas atmosféricas, o sobretensiones de maniobra en un tiempo menor y ser una alternativa económica, para dar solución a posibles fallas producidas en el sistema eléctrico, por un aterramiento deficiente.

Palabras clave: Aterramiento, resistividad, resistencia.

ABSTRACT

The transmission towers of the electrical system, have grounding systems, which serve to protect; people, conductors, metallic structures, insulators and transformers, in such a way that it is vitally important that each tower has an appropriate grounding system and also that this ear thing has a resistance value of less than 25 ohms. A large percentage of these structures are built on rocky soils, terrain that makes it difficult to install a grounding, especially when the fastest way to do an excavation in this type of terrain is using explosives, but the difficulty gets worse when the tower It is located near an inhabited village, which would prevent that you can work with explosives. In view of this contingency, it is intended to establish a method to realize grounding systems in rocky soils without using explosives.

Thus, the grounding systems deal with the efficient, they are in charge of dissipating the electric currents, of various surges, towards the earth in the numerous transmission towers where electrical energy is transported. An appropriate design of the grounding system and its installation is essential for the safety of workers and people in general, as well as for electrical and electronic equipment, as well as at the domestic level.

The traditional grounding system for high voltage towers, demands more time and cost, because it must be excavated on the rock, which translates as a titanic task, while with the "Stone" Method, it aims to reduce time and money because, it is not required to dig in the rock, since the grounding works are done above the surface, resulting in shorter execution time and therefore lower cost. The results of using the Stone Method would be: Perform adequate protection (grounding) in exposed structures (lattice towers) to atmospheric discharges, or maneuver surges in a shorter time and be an economic alternative, to solve possible failures produced in the electrical system, due to poor grounding.

Keywords: Grounding, resistivity, resistance