



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Académica Profesional de**  
**Ingeniería Eléctrica**

---

**“ESTUDIO DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES DEL  
SISTEMA ELÉCTRICO EN 50 kV, ENTRE LA SS.EE. SMELTER Y SS. EE.  
CINCO MANANTIALES, CERRO DE PASCO- MARZO DEL 2015”**

---

**TESIS**  
**Para optar el Título Profesional de**  
**Ingeniero Electricista**

**Presentado por:**  
**Bach. Alfredo Huamán Medrano**

**HUANCAYO-PERÚ**

**2016**

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/)

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi agradecimiento a los docentes de la Universidad Continental por el apoyo constante en el desarrollo del presente trabajo de investigación, y en particular a mi asesor el Ingeniero César Alfredo Chilet León por su constante apoyo incondicional y la perseverancia en conseguir un proyecto de buen nivel.

Mi agradecimiento al Ingeniero Carlos Roncal Madge gerente general, de la Empresa CONSORCIO MASTER SAC, por los aportes y su experiencia en este tema.

A Cesar Iván Aguirre Lazo técnico de mantenimiento eléctrico, por la información facilitada relacionada a los datos de la empresa SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.

Quisiera también expresar mi agradecimiento al personal de mantenimiento eléctrico de la COMPAÑÍA MINERA MILPO – EL Porvenir, por permitirme utilizar información relacionada a la tesis, aplicaciones utilizadas dentro de sus instalaciones y por su apoyo directo o indirecto en la finalización de este trabajo de investigación.

**ASESOR**

Ing. CÉSAR ALFREDO CHILET LEÓN

## SUMARIO

El presente trabajo de Tesis, tiene por finalidad dar solución a un problema existente en la línea eléctrica de 50 kV, que continuamente se ve afectada por las descargas atmosféricas, para ello tomaremos en cuenta las características eléctricas de la instalación, los 4 500 m.s.n.m. donde se encuentra y el grado de incidencia de las descargas atmosféricas. El objetivo es determinar la(s) protección(es) más óptima(s) contra las sobretensiones que se pudieran presentar en la instalación.

Los efectos de las sobretensiones, afectan en mayor grado a las líneas eléctricas aéreas que están sometidas durante su operación a sollicitaciones eléctricas de origen interno y externo que pueden dañar el aislamiento de la instalación. No se puede predecir con exactitud las características de estas sobretensiones atmosféricas, pero si se pueden estimar los valores a partir de normas y registros históricos.

En esta investigación se alcanza el análisis acerca del comportamiento de la descarga atmosférica con respecto a la línea eléctrica, su efecto en las sobretensiones inducidas y por ende como repercuten en el cálculo de protección de las líneas de Alta Tensión.

Es de vital importancia para este análisis, la aplicación de los descargadores de sobretensiones de óxido metálico, comúnmente conocidos como pararrayos, para que el

sistema de protección contra sobretensiones funcione y brinde un sistema eléctrico confiable y seguro. A continuación se detalla el resumen del contenido de cada capítulo.

**En el Capítulo I**, de esta tesis se hace referencia al planteamiento del problema de la línea eléctrica de 50 kV a 4 500 m.s.n.m., la importancia y la justificación del desarrollo para la empresa el Brocal, quien es propietaria de la línea eléctrica. Se hace de conocimiento sobre la situación actual del sistema eléctrico de la Sociedad Minera el Brocal.

**En el Capítulo II**, se presenta el marco teórico de la tesis, los diversos estudios relacionados a este tema como parte de los antecedentes. Se aborda todos los conceptos relacionados a la naturaleza y clasificación de las sobretensiones que se originan en las redes eléctricas.

**En el Capítulo III**, se aborda todos los conceptos relacionados a sobretensiones de origen externo (descargas atmosféricas), desde su origen, clasificación y las características de las descargas en las redes eléctricas. Para el presente estudio, la cantidad de descargas atmosféricas se determinó de acuerdo al mapa isoceraúnico del Perú.

**En el Capítulo IV**, se realiza el análisis de los diversos tipos de protección que se emplean en este tipo de sobretensiones las cuales son, el apantallamiento de cables, el empleo de los descargadores de sobretensiones, instalación de puestas a tierra y buen nivel de

aislamiento. Todos estos parámetros de protección contra sobretensiones se realizaron en la instalación que opera actualmente.

**En el Capítulo V**, se emplea el método IEEE 1410 -2010, para realizar la memoria de cálculo de las descargas atmosféricas en la línea eléctrica del presente estudio. Los cálculos están basados en las normas de la IEEE, IEC. Estos cálculos son para determinar, la forma del impulso tipo rayo, cálculo de la probabilidad de corriente pico, sobretensiones inducidas, tasa de flameos por descargas directas, y la estimación de la salida de la red eléctrica con cable de guarda.

**En el Capítulo VI**, se realiza el modelamiento de la línea con el software de simulación (PSCAD), haciendo uso de los datos obtenidos en el Capítulo V, parámetros de la red existente, datos de fabricantes de los diversos equipos y componentes utilizados en la red existentes y los equipos por implementarse.

Y como parte final, se realiza las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis, con lo que se espera reducir al mínimo, las interrupciones del servicio eléctrico por sobretensiones debido a descargas atmosféricas.

## **ABSTRACT**

This thesis work, aims to solve a problem in an existing 50 kV power line, which continually affected by lightning, for it will take into account the electrical characteristics of the installation, 4 500 m.s.n.m. where it is and the degree of incidence of lightning. The goal is to determine (s) protection (s) optimally (s) against surges that may arise in the installation.

The effects of the surge, affecting most to the overhead power lines that are subjected during operation to electrical stresses of internal and external origin which could damage the insulation installation. You can not accurately predict the characteristics of these atmospheric surges, but if values can be estimated from historical records and rules.

In this research the analysis of the behavior of lightning with respect to the power line, its effect on the induced voltages and thus affect the calculation as the protection of high voltage lines is reached.

It is vitally important for this analysis, the application of surge arresters metal oxide, commonly known as lightning rods, so that the surge protection system works and provide a reliable and safe electricity system. The following table shows the summary of contents for each chapter.

In Chapter I of this thesis referring to approach the problem of 50 kV power line to 4 500 m.s.n.m., the importance and justification of development for the company Brocal, who owns the power line. It is made of knowledge on the current status of the electrical system of the Sociedad Minera Brocal.

In Chapter II, the theoretical framework of the thesis is presented, the various studies related to this topic as part of the background. All concepts related to the nature and classification of surges that originate in power networks is addressed.

In Chapter III, all concepts related to overvoltage of external origin (lightning), since its origin, classification and characteristics of discharges in electric networks is addressed. For the present study, the amount of atmospheric discharges was determined according to isoceraúnico map of Peru.

In Chapter IV, the analysis of various types of protection that are used in these types of surges which are shielding cables, the use of surge arresters, grounding installation and good level of insulation is done. All these parameters were performed surge protection in the installation currently operates.

In Chapter V, the IEEE 1410 -2010 method is used to perform memory calculation atmospheric discharges in power line of this study. The calculations are based on IEEE standards, IEC. These calculations are to determine the shape of the lightning impulse, calculating the probability of peak current, induced surges, flashover rate by direct downloads, and estimating the output of the mains wire.

In Chapter VI, modeling the line with simulation software (PSCAD) is performed, using data from Chapter V, parameters of the existing network, data equipment manufacturers and various components used in the existing network and equipment to be implemented.

And as the final part, the conclusions and recommendations of this thesis is done, which is expected to minimize the power outages by surges due to lightning.