



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Estudio de coordinación de aislamiento para implementar sistema de protección contra sobretensiones atmosféricas en líneas de transmisión l-6689/60 kv Sihuas – Pomabamba, Ancash

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTORES:**

Chero Nizama, Wilson Henry (ORCID:0000-0001-9103-4270)

Yacupaico Caruajulca, John Eiler (ORCID:0000-0003-2517-9927)

**ASESOR:**

Mg. Paredes Rosario, Raúl Rosalí (ORCID:0000-0002-3032-3527)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**TRUJILLO – PERÚ**

**2020**

## DEDICATORIA

Dedico en primer lugar a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, a mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades.

A mi esposa por su apoyo incondicional que siempre me brinda para poder alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. A mi hijo que es el motor y motivo y mi fuente más pura de inspiración para alcanzar mis metas.

Yacupaico Caruajulca, John Eiler

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y ser mi guía en el transcurso de mi vida y formación profesional, brindándome salud paciencia y sabiduría para poder culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres Juan y Esmila por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi esposa Vanessa por el apoyo brindado día a día para poder superarme por su paciencia sus consejos y sobre todo su amor.

A mi hijo Thiago porque es mi inspiración y fortaleza para salir adelante y poder cumplir todas mis metas trazadas.

A nuestro Asesor Raúl Paredes por brindarnos facilidades para desarrollar nuestro proyecto de tesis y poder hoy lograr culminar la carrera.

A mis padres Fidencio y Yolanda por su apoyo porque me inculcaron valores, me enseñaron que con esfuerzo todo se logra.

A mi esposa Hayde por su apoyo incondicional para poder superarme y poder lograr mis metas.

A mis hijos Benjy y Hiro porque son la razón de ser, son mi motivo de seguir adelante pese a las adversidades que se presenten siempre demostrarles que con esfuerzo y sacrificio se logran alcanzar las metas.

# PÁGINA DEL JURADO

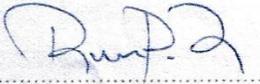
|  |                                       |   |
|--|---------------------------------------|---|
|  <b>UCV</b><br>UNIVERSIDAD<br>CESAR VALLEJO | <b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS</b> | Código : F07-PP-PR-02.02<br>Versión : 10<br>Fecha : 10-06-2019<br>Página : 1 de 1 |
|--|---------------------------------------|---|

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
(a).....Chero Vizama Wilson Henry.....  
cuyo título es: Estudio de coordinación de sistemas para  
implementar sistema de protección contra sobretensiones  
simétricas en líneas de transmisión L-6689/60 KV  
Sihues - Pomabamba - Ancash.....

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 1.1.0 (número)  
Castice y SPIS (letras).

Trujillo (o Filial).....04.....de Noviembre del 2020.

  
.....  
PRESIDENTE  
Ing. Maria Armas Alvarado

  
.....  
SECRETARIO  
Ing. Reul Paredes Pasco

  
.....  
VOCA  
Ing. Carlos Sánchez Huertas

|   |  |   |         |
|---|--|---|---------|
|  |  |  |         |
| Revisó  | Vicerrectorado de Investigación/ DEVAC / Responsable del SEI                         | Aprobó  | Revisor |

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Los suscritos, **CHERO NIZAMA, WILSON HENRY** con DNI N. ° 18174990, **YACUPAICO CARUAJULCA, JOHN EILER** con DNI N. ° 74599433 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería mecánica eléctrica , declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, Agosto del 2020



CHERO NIZAMA, WILSON HENRY



YACUPAICO CARUAJULCA, JOHN EILER

# Índice

|  |             |
|--|-------------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | <b>ii</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....  | <b>ii</b>   |
| <b>PÁGINA DEL JURADO</b> .....   | <b>iv</b>   |
| <b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b> .....  | <b>v</b>    |
| <b>ÍNDICE</b> .....  | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....   | <b>vii</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....  | <b>viii</b> |
| <b>RESUMEN</b> .....   | <b>ix</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>x</b>    |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>    |
| <b>II. MÉTODO</b> .....  | <b>35</b>   |
| 2.1 Tipo y diseño de investigación.....  | 36          |
| 2.2 Operacionalización de variables.....   | 37          |
| 2.3 Población y muestra .....  | 39          |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ..... | 39          |
| 2.5 Procedimiento .....  | 40          |
| 2.6 Métodos de análisis de datos .....   | 41          |
| 2.7 Aspectos éticos.....   | 41          |
| <b>III. RESULTADOS</b> .....   | <b>42</b>   |
| <b>IV. DISCUSIÓN</b> .....   | <b>82</b>   |
| <b>V. CONCLUSIONES</b> .....   | <b>89</b>   |
| <b>VI.RECOMENDACIONES</b> .....  | <b>99</b>   |
| <b>REFERENCIAS</b> .....   | <b>101</b>  |
| <b>ANEXOS</b> .....  | <b>103</b>  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Tasas de Fallas de transmisión de Hidrandina por fenómenos atmosféricos.....  | 5  |
| Figura 2: Blindaje de una línea de transmisión mediante cable guarda .....  | 6  |
| Figura 3: Relación entre el tipo de sobretensión, la duración y el valor máximo .....   | 16 |
| Figura 4: Principio del cableado de los pararrayos .....  | 20 |
| Figura 5: Partes de un tipo de pararrayos de ZnO utilizado en redes de 20Kv. ....   | 21 |
| Figura 6: Descargador de sobretensión y capacitor de acoplamiento en una salida de línea de<br>132 kv de una subestación .....              | 22 |
| Figura 7: Curvas de Sunde's.....  | 27 |
| Figura 8: Ejecución de malla de puesta tierra en subestación .....  | 28 |
| Figura 9: Instalación de electrodos según el tipo de terreno .....  | 29 |
| Figura 10: Método para determinar y evaluar el estado de una malla de tierra .....  | 30 |
| Figura 11 Resultados de análisis de línea de transmisión L1 .....   | 47 |
| Figura 12: Ubicación de las líneas del S.T. de Hidrandina .....   | 50 |
| Figura 13: Equipo Telurómetro MI 3290 .....   | 51 |
| Figura 14: Método de Wenner, resistividad del terreno. ....   | 54 |
| Figura 15: Método de Impedancia de Impulso .....  | 56 |
| Figura 16: Gráfico Comparativo de Puesta a Tierra de 10 Ohmios .....  | 62 |
| Figura 17: Gráfico comparativo de Puesta a Tierra de 5 Ohmios .....   | 63 |
| Figura 18: Parámetros eléctricos en 325 kV y en 202.9 kV del sistema de protección contra<br>sobretensiones por descargas atmosféricas..... | 70 |
| Figura 19: Vista de la sección transversal del Contrapeso .....   | 78 |
| Figura 20: Cimentación para absorbedor de descarga.....   | 78 |
| Figura 21: Resumen de resistividad para LT 60 kv .....  | 80 |
| Figura 22: Rango para Puesta a Tierra Capacitiva .....  | 80 |

## ÍNDICE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Tasas de Fallas de transmisión de Hidrandina por fenómenos atmosféricos ..... | 14 |
| Tabla 2: Nivel de tensión de las líneas de transmisión en el Perú.....                 | 14 |
| Tabla 3: Factores que influyen que sobretensiones temporales .....                     | 15 |
| Tabla 4: Factores que influyen en sobretensiones de frente lento .....                 | 15 |
| Tabla 5: Tipos de sobretensión de frente rápido.....                                   | 16 |
| Tabla 6: Factores que intervienen un sistema de puesta a tierra. ....                  | 26 |
| Tabla 7: Factores de Estimación de riesgo. ....  | 26 |
| Tabla 8: Operacionalización de variables.....  | 39 |
| Tabla 9: Técnicas e Instrumentos. ....   | 40 |
| Tabla 10: Número de aisladores por contaminación .....                                 | 44 |
| Tabla 11: Numero de Aisladores en una LT de 60 kv.....                                 | 45 |
| Tabla 12: Cantidad y ubicación de los drenadores .....                                 | 49 |
| Tabla 13: Datos del equipo Telurómetro utilizado en las mediciones .....               | 51 |
| Tabla 14: Mediciones en la Línea 6689, Sihuas Pomabamba .....                          | 57 |
| Tabla 15: Resistividad y resistencia de puesta a tierra en línea 60 Kv.....            | 58 |
| Tabla 16: Resistividad y resistencia de puesta a tierra línea L 6689 de 60 kv .....    | 60 |
| Tabla 17: Resumen de resistividad para LT 60 kV .....                                  | 61 |
| Tabla 18: Rango para Puesta a Tierra Capacitiva.....                                   | 61 |
| Tabla 19: Características que debe tener el pararrayo .....                            | 68 |
| Tabla 20: Cuadro de cortocircuito en el año 2038.....                                  | 73 |
| Tabla 21: Proyección de corto circuito para el año 2038. ....                          | 73 |
| Tabla 22: Diseño de PAT tipo contrapeso simple (CS) .....                              | 75 |
| Tabla 23: Diseño de PAT tipo contrapeso Doble (CD).....                                | 76 |
| Tabla 24: Diseño de PAT tipo contrapeso simple en suelo artificial (CSSA).....         | 76 |
| Tabla 25: Diseño de PAT tipo contrapeso doble en suelo artificial (CDSA).....          | 77 |
| Tabla 26: Sobretensión de impulso .....  | 90 |
| Tabla 27: Cantidad y ubicación de los drenadores .....                                 | 91 |

## RESUMEN

En el siguiente estudio de coordinación e implementación en la línea de transmisión 1-6689/60kv, Sihuas – Pomabamba perteneciente a la empresa Hidrandina S.A, cuya problemática radica en afectación por sobretensiones, principalmente de origen atmosférico, el cual se acentúa en zonas agrestes alto andinas construidas por la institución encargada de proyectos que en este caso es el Ministerio de Energía y Minas (dep-mem) y transferidas a Hidrandina, las cuales se han ejecutado con las limitaciones propias de los proyectos rurales. En consecuencia, no se cuenta con el correspondiente estudio de coordinación de aislamiento que permita una evaluación e implementación con materiales adecuados o nuevas tecnologías para disminuir significativamente las desconexiones por descargas de origen atmosférico.

Con el fin de minimizar las desconexiones, el presente trabajo, propone realizar un “Estudio de coordinación de aislamiento para implementar sistema de protección contra sobretensiones atmosféricas en línea de transmisión 1-6689/60 kv Sihuas – Pomabamba, Ancash” con el objetivo de disminuir la tasa de interrupciones, así como para salvaguardar el aislamiento del degradamiento acelerado ocasionado por estos fenómenos.

El proyecto está conformado por los siguientes sistemas de protección:

- Drenadores de sobretensión por dispersión para 60kv.
- Puestas a tierra capacitiva mayor a 15 milifaradios
- Puestas a tierra resistivas menor a 5 ohmios.
- Pararrayos de línea de 60kv.

Estos sistemas de protección mitigaran las sobretensiones que se originan por descargas atmosféricas y aumentarán la confiabilidad y calidad del servicio eléctrico de la provincia de Sihuas y Pomabamba.

**Palabras clave:** Confiabilidad, sobretensiones, coordinación de aislamiento.

## ABSTRACT

In the following coordination and implementation study the transmission line I-6689 / 60kv, Sihuas - Pomabamba belonging to the company Hidrandina sa, whose problem lies in affectation by overvoltages, mainly of atmospheric origin, which is accentuated in high Andean wilderness areas built by the institution in charge of projects, which in this case is the ministry of energy and mines (dep-mem) and transferred to Hidrandina, which have been executed with the limitations of rural projects. Consequently, there is no corresponding isolation coordination study that allows an evaluation and implementation with adequate materials or new technologies to significantly reduce disconnections due to atmospheric discharges.

For this purpose, an "isolation coordination study is required to implement a protection system against atmospheric surges in transmission line I-6689/60 kv Sihuas - Pomabamba, Ancash" in order to reduce the interruption rate, as well as to safeguard the isolation of the accelerated degradation caused by these phenomena.

The project is made up of the following protection systems:

- Dispersion of dispersion overvoltage for 60kv.
- Capacitive grounding greater than 15 millifarads
- Resistive grounding less than 5 ohms.
- 60kv line lightning conductor.

These protection systems will mitigate the surges that are caused by atmospheric discharges, increasing the reliability and quality of the electrical service of the province of Sihuas and Pomabamba.

**Keywords:** reliability, overvoltages, insulation coordination.

**Anexo 19: Acta de aprobación de originalidad de tesis.**

|  |  |   |
|--|--|---|
|  <b>UCV</b><br>UNIVERSIDAD<br>CÉSAR VALLEJO | <b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b> | Código : FGS-PP-FR-02.02<br>Versión : 10<br>Fecha : 10-06-2018<br>Página : 1 de 1 |
|--|--|---|

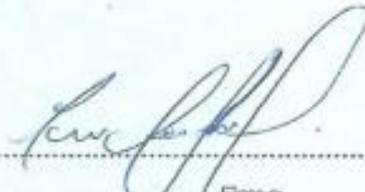
Yo, Maria Elisia Armas Alvarado  
 docente de la Facultad Ingeniería y  
 Escuela Profesional Ingeniería Eléctrica de la Universidad César Vallejo Trujillo.  
 (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

"Estudio de coordinación de aislamiento para implementar sistema de protección contra sobretensiones atmosféricas en líneas de transmisión L-6689/10 KV sinues Pamabambo - Ancash"

del (de la) estudiante Yupachi Larvejuka John Eiler y Chevo Nizams Wilson Henry constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.0% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha... Trujillo 4 de Noviembre del 2020.



Firma  
Maria Elisia Armas Alvarado  
 Nombres y apellidos del (de la) docente  
 DNI: 44073099

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| Revisó  | Vicerrectorado de Investigación   | Responsable del SIC  | Aprobó  |

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del campus Virtual Truce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.