

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA**



**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA  
PREVENIR CORTES ESPONTÁNEOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA - VOLCAN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**AUTORES:**

**KATHERINNE BRIGHITH, CISNEROS CHAVEZ  
OSCAR MATHEUZ, ERNAU HUAMAN**

**ASESOR:**

**Msc. ELISEO PAEZ APOLINARIO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO MECÁNICO**

**Callao, 2023**

**PERÚ**



FACULTAD: Ingeniería Mecánica y de Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: FIME - UNAC

TÍTULO: Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la Unidad Minera Andaychagua - VOLCAN

AUTOR(es) / CÓDIGO ORCID / DNI:

Katherinne Brighith Cisneros Chavez / 0000-0002-2791-8140 / 71490127

Oscar Matheuz Ernau Huaman / 0000-0003-3700-6708 / 70599369

ASESOR / CÓDIGO ORCID / DNI:

Eliseo Paez Apolinario / 0000-0001-9666-5290 / 19948335

LUGAR DE EJECUCIÓN: UM Andaychagua

UNIDAD DE ANÁLISIS: Sistema De Protección Contra Descargas Atmosféricas

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

Aplicativo / Cuantitativo / Experimental

TEMA OCDE: Otras Ingenierías y Tecnologías - Otras Ingenierías, Otras Tecnologías

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Informe Final de Tesis - CISNEROS CHAVEZ y ERNAU HUAMAN.docx (D176679862)
<b>Submitted</b>	2023-10-23 18:50:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	investigacion.fime@unac.pe
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	investigacion.fime.unac@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6484/T010_44251319_T.pdf?sequenc...">https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6484/T010_44251319_T.pdf?sequenc...</a> Fetched: 2023-10-23 18:51:00	 7
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1090/Juan%20Lujan_Tesis_Titulo%20...">https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1090/Juan%20Lujan_Tesis_Titulo%20...</a> Fetched: 2023-10-23 18:51:00	 10
<b>SA</b>	<b>Steven Milla Beteta-Trabajo de suficiencia profesional.docx</b> Document Steven Milla Beteta-Trabajo de suficiencia profesional.docx (D78859880)	 5
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-07642019000100299#:~:text=El%20m...">https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-07642019000100299#:~:text=El%20m...</a> Fetched: 2023-10-23 18:51:00	 4
<b>SA</b>	<b>39220. Pantoja Almonacid, Diego Maximiliano_.pdf</b> Document 39220. Pantoja Almonacid, Diego Maximiliano_.pdf (D144702039)	 1
<b>SA</b>	<b>SISTEMA DE PROTECCION CONTRA LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS.docx</b> Document SISTEMA DE PROTECCION CONTRA LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS.docx (D149771562)	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional del Callao / Artículo + Arellán.docx</b> Document Artículo + Arellán.docx (D172536582) Submitted by: icicyt@unac.edu.pe Receiver: icicyt.unac@analysis.orkund.com	 2

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ENERGIA  
"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA PREVENIR  
CORTES ESPONTÁNEOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA - VOLCAN"  
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA  
AUTORES: KATHERINNE BRIGHITH, CISNEROS CHAVEZ  
OSCAR MATHEUZ, ERNAU HUAMAN ASESOR: ELISEO PAEZ APOLINARIO LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO MECÁNICO

**ACTA N° 133 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

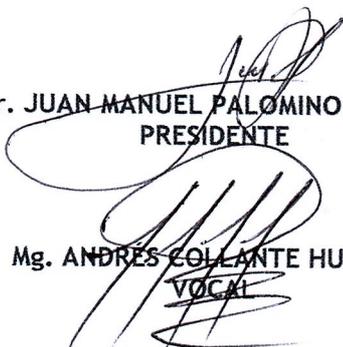
**LIBRO 001 FOLIO N° 159 ACTA N° 133 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO  
TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA.**

A los 27 días del mes de octubre, del año 2023, siendo las 17:00 horas, se reunieron, en el auditorio "Ausberto Rojas Saldaña", el **JURADO EVALUADOR del I CICLO TALLER DE TESIS 2023** designado con RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 163-2023-CF-FIME.- CALLAO, 14 DE AGOSTO DE 2023, para la obtención del **TÍTULO** profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- |                                   |   |            |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA | : | Presidente |
| ▪ Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO   | : | Secretario |
| ▪ Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO      | : | Vocal      |
| ▪ Mg. ELISEO PAEZ APOLINARIO      | : | Asesor     |

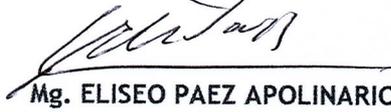
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CISNEROS CHAVEZ KATHERINNE BRIGHITH**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustenta la tesis titulada "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA PREVENIR CORTES ESPONTÁNEOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA - VOLCAN**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al Artículo 56° de la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **BUENO** en la escala de calificación cualitativa y con calificación cuantitativa de 14 (**CATORCE**), conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

  
Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA  
PRESIDENTE

Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO  
VOCAL

  
Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO  
SECRETARIO

  
Mg. ELISEO PAEZ APOLINARIO  
ASESOR

**ACTA N° 134 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 160 ACTA N° 134 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO  
TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA.**

A los 27 días del mes de octubre, del año 2023, siendo las 17:00 horas, se reunieron, en el auditorio "Ausberto Rojas Saldaña", el **JURADO EVALUADOR del I CICLO TALLER DE TESIS 2023** designado con RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 163-2023-CF-FIME.- CALLAO, 14 DE AGOSTO DE 2023, para la obtención del **TÍTULO** profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- |                                   |   |            |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA | : | Presidente |
| ▪ Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO   | : | Secretario |
| ▪ Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO      | : | Vocal      |
| ▪ Mg. ELISEO PAEZ APOLINARIO      | : | Asesor     |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **ERNAÚ HUAMÁN OSCAR MATHEÚZ**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustenta la tesis titulada "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA PREVENIR CORTES ESPONTÁNEOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA - VOLCAN**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al Artículo 56° de la RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **BUENO** en la escala de calificación cualitativa y con calificación cuantitativa de **14 (CATORCE)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 150-2023-CU.- CALLAO, 15 DE JUNIO DE 2023.

Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA  
PRESIDENTE

Mg. ANDRÉS COLLANTE HUANTO  
VOCAL

Mg. JUAN CARLOS HUAMÁN ALFARO  
SECRETARIO

Mg. ELISEO PAEZ APOLINARIO  
ASESOR

## DEDICATORIA

A nuestros padres quienes nos apoyaron incondicionalmente durante todo este tiempo de formación académica, motivando día a día nuestro crecimiento personal y profesionalmente.

## AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a los profesionales que nos guiaron durante nuestro desarrollo académico, por sus enseñanzas impartidas durante nuestro paso por las aulas universitarias, y a su vez sumaron un aporte importante a nuestra experiencia de vida.

# ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE ANEXOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Descripción de la realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos	13
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4. Justificación	14
1.4.1 Justificación por conveniencia	15
1.4.2. Justificación por relevancia social	15
1.4.3. Justificación práctica	15
1.4.4. Justificación económica	16
1.5. Delimitantes de la investigación	16
1.5.1. Delimitación teórica	17
1.5.2. Delimitación temporal	17
1.5.3. Delimitación espacial	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes: Internacional y nacional	18
2.1.1. Internacional	18
2.1.2. Nacional	19
2.2. Bases teóricas	22
2.2.1. Método Wenner	22
2.2.2. Método de la esfera rodante	22
2.3. Marco conceptual	23
2.3.1. Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas	23
2.3.2. Cortes espontáneos de energía eléctrica	25
2.4. Definición de términos básicos	27

III. HIPOTESIS Y VARIABLES	29
3.1. Hipótesis	29
3.1.1. Hipótesis general	29
3.1.2. Hipótesis específica	29
3.2. Operacionalización de variable	29
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	32
4.1. Diseño metodológico	32
4.1.1. Enfoque	32
4.1.2. Tipo	32
4.1.3. Nivel	33
4.1.4. Diseño	33
4.2. Método de investigación	33
4.3. Población y muestra	33
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	34
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	34
4.6. Análisis y procesamiento de datos	35
4.6.1. Desarrollo del procesamiento de datos	35
4.7. Aspectos éticos en investigación	50
4.8. Área de estudio	50
4.8.1. Características físico-naturales	50
4.8.2. Unidades geomorfológicas	51
4.8.3. Vegetación	52
4.8.4. Evaluación del impacto ambiental	53
V. RESULTADOS	54
5.1. Resultados descriptivos	54
5.1.1. Organización del diseño para la selección del tipo de pararrayo	54
5.1.2. Selección del tipo de pararrayo	61
5.1.3. Implementación del sistema de protección	64
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	67
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	68
6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes	70
VII. CONCLUSIONES	72
VIII. RECOMENDACIONES	73
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Arreglo del método de wenner	22
Figura 2.2: Método de la esfera rodante	23
Figura 2.3: Descarga atmosférica.	26
Figura 4.1: Diagrama de flujo para la evaluación de riesgo.	36
Figura 4.2: Cálculo del área de impacto equivalente para una estructura rectangular.	37
Figura 4.3: Cálculo del área de impacto equivalente para una estructura de formato complejo, en la que una parte prominente abarca todos los sectores de la parte inferior.	38
Figura 4.4: Método de Wenner	41
Figura 4.5: Excavación de pozo a tierra	49
Figura 4.6 Dimensionamiento de la esfera rodante	49
Figura 4.7: Montaje en líneas de transmisión	50
Figura 5.1: Medición de resistividad del suelo por método de Wenner	54
Figura 5.2: Pararrayos tetrapuntal	64
Figura 5.3: Pararrayos tipo bayoneta	65
Figura 5.4: Pararrayos tetrapuntal instalado	65
Figura 5.5: Pararrayo surge arrester instalado en celda	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Operacionalización de variables	31
Tabla 4.1: Factor de ubicación, C1.	39
Tabla 4.2: Determinación del coeficiente de construcción, C2.	40
Tabla 4.3: Determinación del coeficiente de los contenidos de la estructura, C3.	40
Tabla 4.4: Determinación del coeficiente de los ocupantes de la estructura, C4	40
Tabla 4.5: Determinación del coeficiente de la consecuencia del rayo, C5.	41
Tabla 4.6: Cuadro resumen impactos Impactos/km2/año	43
Tabla 4.7: Eficiencia necesaria fija de protección	44
Tabla 4.8: Valores máximos de radio de la esfera rodante y tamaño de la malla para cada clase de SPDA	45
Tabla 4.9: Nivel de protección para pararrayos según eficiencia calculada	45
Tabla 4.10: Normas técnicas aplicables al sistema de puesta a tierra.	46
Tabla 4.11: Normas técnicas aplicables al montaje de cable de guarda	46
Tabla 4.12: Normas técnicas aplicables al montaje de postes de madera	46
Tabla 4.13: Normas técnicas aplicables para el anclaje	47
Tabla 4.14: Normas técnicas aplicables a los accesorios metálicos para postes	47
Tabla 4.15: Norma técnica aplicable a la caja de registro para puesta a tierra	48
Tabla 4.16: Norma técnica aplicable a pararrayo tipo bayoneta	48
Tabla: 4.17: Normas técnicas aplicables a pararrayo tetrapuntal franklin	48
Tabla 5.1: Resultados de resistividad del suelo Zona 1	55
Tabla 5.2: Resultados de resistividad del suelo Zona 1	55
Tabla 5.3: Resultados de resistividad del suelo Zona 1	55
Tabla 5.4: Resultados de resistividad del suelo Zona 2	55
Tabla 5.5: Resultados de resistividad del suelo Zona 3	56
Tabla 5.6: Resultados de resistividad del suelo Zona 3	56
Tabla 5.7: Resultados de resistividad del suelo Zona 3	56
Tabla 5.8: Resultados de resistividad del suelo Zona 4	56
Tabla 5.9: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 1	57
Tabla 5.10: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 2	58
Tabla 5.11: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 3	59
Tabla 5.12: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 4	59
Tabla 5.13: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 5	60
Tabla 5.14: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 6	60

Tabla 5.15: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 7	60
Tabla 5.16: Selección de tipo de pararrayos zona 1	61
Tabla 5.17: Selección de tipo de pararrayos zona 2	62
Tabla 5.18: Selección de tipo de pararrayos zona 3	62
Tabla 5.19: Selección de tipo de pararrayos zona 4	63
Tabla 5.20: Selección de tipo de pararrayos zona 5	63
Tabla 5.21: Selección de tipo de pararrayos zona 5	63
Tabla 5.22: Selección de tipo de pararrayos zona 5	64

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	77
Anexo 2: Mapa isocerámico	78
Anexo 3: Plano de planta de la zonificación	79
Anexo 4: Modelado 3D de la protección propuesta	80
Anexo 5: Evaluación de sistema de protección contra descargas atmosféricas	84
Anexo 6: Planos de fabricación	86
Anexo 7: Instrumentos	94
Anexo 8: Montaje	112
Anexo 9: Consentimiento informado en caso de ser necesario	114
Anexo 10: Programa de mantenimiento preventivo de pararrayo	115
Anexo 11: Cronograma del proyecto	117
Anexo 12: Cronograma del proyecto	122

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito diseñar e implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas con el fin de prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN y con ello salvaguardar la disponibilidad de los equipos, así como la protección de los mismos y de sus operadores.

En este trabajo se utilizó el tipo de investigación aplicada ya que se pretendió dar una solución a los cortes espontáneos de energía eléctrica utilizando métodos ya probados como la implementación de pararrayos. El método de investigación usado fue el hipotético – deductivo ya que la investigación se realizó mediante la observación, verificación y la reflexión racional de los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Los resultados observados y verificados dieron a conocer que el diseño, proceso de montaje y fabricación de los sistemas de protección son distintos para cada zona de la UM Andaychagua y con ello se logra proteger adecuadamente toda el área. Con la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas se prevendrá cortes de energía eléctrica y a la vez se cumplirá con el Decreto Supremo No 024-2016-EM, el cual indica que las instalaciones mineras en superficie deben contar con: Sistema de detección y alerta de tormentas eléctricas, Protección contra rayo – Pararrayos y Refugio contra rayos. El nivel de protección fue el factor que permitió la selección del dispositivo de protección (Tipo de pararrayo). Los pararrayos seleccionados fueron los tipo Franklin, Terminales sobre techo y Jaulas de Faraday; mismo que fueron calculados en los planos considerando el método de la Esfera rodante.

Palabras claves: Sistema de protección contra descargas atmosféricas, Pararrayos, Cortes espontáneos de energía eléctrica.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research work was to design and implement a protection system against atmospheric discharges in order to prevent spontaneous power cuts in the Andaychagua - VOLCAN mining unit and thereby safeguard the availability of equipment as well as the protection of themselves and their operators.

In this work, the type of applied research was used since it was intended to provide a solution to spontaneous power cuts using already proven methods such as the implementation of lightning rods. The research method used was hypothetical - deductive since the research was carried out through observation, verification and rational reflection of the results obtained before and after the implementation of the protection system against atmospheric discharges. The observed and verified results revealed that the design, assembly process, and manufacturing of the protection systems are different for each area of the UM Andaychagua.

It was concluded that, with the implementation of the protection system against atmospheric discharges, power cuts will be prevented and, at the same time, Supreme Decree No. 024-2016-EM will be complied with, which indicates that surface mining facilities must have: System detection and warning of electrical storms, Lightning Protection – Lightning Rod and Lightning Shelter. The level of protection was the factor that allowed the selection of the protection device (Type of lightning rod). The selected lightning rods were the Franklin type, Roof Terminals and Faraday Cages; same as they were calculated in the plans considering the method of the Rolling Sphere.

**Keywords:** Protection system against atmospheric discharges, Lightning rod, Spontaneous power outages.

## INTRODUCCIÓN

Las descargas atmosféricas siempre han sido conocidas por ser una preocupación de nuestra sociedad. Por ello, los avances tecnológicos han provocado que se exijan medidas de protección en las zonas donde este tipo de fenómenos son habituales. Con tanta actividad en nuestro país, proteger el espacio delimitado por el pararrayos es una prioridad para proteger el equipamiento de las instalaciones y proteger la vida de quienes se alojan en la zona. Debido a que el rayo es una descarga atmosférica temporal de alta intensidad, se deben implementar sistemas de protección para garantizar la continuidad del trabajo y la seguridad del área de trabajo.

Por lo que, los sistemas de protección contra descargas atmosféricas (SPDA, por sus siglas en inglés) se consideran un medio más efectivo para proteger las estructuras del daño físico causado por las descargas eléctricas atmosféricas. Un pararrayos es un dispositivo destinado a desviar los rayos, des ionizar el aire y dirigir la descarga eléctrica al suelo. Su instalación se basa en dos puntos clave: Evaluación de riesgo de la estructura y Nivel isocerámico presente de la región.

Por consiguiente, en este trabajo se utilizó el tipo de investigación aplicada ya que se pretendió dar una solución a los cortes espontáneos de energía eléctrica utilizando métodos ya probados como la implementación de pararrayos. El método de investigación usado fue el hipotético – deductivo ya que la investigación se realizó mediante la observación, verificación y la reflexión racional de los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

De hecho, en Perú es el ministerio de Energía y Minas el organismo superior con la capacidad de, en materia de seguridad eléctrica en minas, legislar y regular la correcta protección de las instalaciones y el personal expuesto a tormentas eléctricas. Establece además que en caso de falta de estándares se deberá consultar las regulaciones internacionales. En ese sentido para el uso en mina se consideran las referencias: NFPA 780 “**Norma para la instalación de sistemas de protección contra rayos**”, IEC 62305 “**Protección contra el rayo**”. Esto con

la finalidad de garantizar una protección eficaz y minimizar los efectos directos e indirectos causados a los seres vivos, estructuras y equipos, por impactos de rayos.

Por otra parte, existen varios efectos sobre una estructura, debido a una descarga atmosférica, los efectos directos son causados por el impacto de la corriente del rayo en el sistema de captación; y los efectos indirectos como: las tensiones inducidas en las instalaciones, debidas a la alta corriente producida por el rayo. Un SPDA reduce considerablemente los efectos por el rayo, si éste se diseña y se construye utilizando la combinación de varios elementos tales como: Sistema de protección externo, Sistema de protección internos y Sistema de prevención de riesgos.

Es por ello que, la implementación de un sistema de disipación de sobretensiones atmosféricas es fundamental para proteger las instalaciones eléctricas en zonas con alta presencia de rayos, específicamente en la unidad minera Andaychagua de la empresa minera Volcan, es por ello que el principal objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN.

En ese sentido, el trabajo de investigación comprende los siguientes capítulos; el primer capítulo contiene el planteamiento del problema, en donde se detalla la realidad problemática por la falta de protecciones contra descargas atmosféricas actual para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la Unidad Minera Andaychagua - VOLCAN. Además de describir el problema general y específicos, así como los objetivos generales y específicos de nuestra tesis. En el segundo capítulo se expone el marco teórico bajo conceptos de sistemas de protección contra descargas atmosféricas, cortes espontáneos de energía eléctrica, descripción de equipos de protección, accesorios del sistema y términos básicos. En el tercer capítulo se precisan las variables e hipótesis de la investigación que se dividen entre generales y específicas. En el cuarto capítulo se realiza el diseño metodológico en donde se detalla el tipo y diseño de la investigación, la

metodología de desarrollo, la población y lugar de estudio, así como las características del área de estudio. En el quinto capítulo se presentan los resultados descriptivos e inferenciales. En el sexto capítulo se presentan la discusión de resultados, la contrastación y demostración con las hipótesis. En el séptimo capítulo se presentan las conclusiones de la presente investigación. En el octavo capítulo se presentan las recomendaciones de la presente investigación. En el noveno capítulo se detallan las referencias bibliográficas que sirvieron como guía para el desarrollo de la presente tesis. Posterior a este capítulo se detallan los anexos como apartado de información complementaria.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Las descargas atmosféricas han sido durante muchos años una gran molestia como consecuencia de la exposición a ellos, tanto para las instalaciones eléctricas de la mayoría de industrias como para las personas que trabajan en ellas (González y Minchala, 2009).

Según la National Severe Storm Laboratory de Estados Unidos y el Servicio Nacional de Aprendizaje indican que alrededor del mundo la tierra es impactada por 100 rayos por segundo aproximadamente y en cualquier momento, lo que quiere decir que sufre 2000 descargas atmosféricas en simultáneo.

Según ELAT (Corporación de Ambiente Eléctrico), organización adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil; en Perú, el número de muertes relacionadas con el trabajo por rayos y tormentas ocupa el tercer lugar en América Latina, al registrar una disminución de 2,3 por millón de peruanos.

Según reporte del área de mantenimiento eléctrico mina de la UM Andaychagua el día miércoles 21 de diciembre del 2022 se presentó un evento de impacto de rayo en la SE N°1 Andaychagua nueva, circuito principal. Debido a este incidente la UM presentó una desconexión de energía eléctrica de aproximadamente 12 horas, lo que significó una paralización de la producción y pérdida de la celda que recibió el impacto directo (IN 6102), así como también la pérdida de la protección ya que los pararrayos se quemaron.

Es por ello que, debido a la alta exposición de los empleados y equipos eléctricos situados en las instalaciones de la U.M Andaychagua a este fenómeno meteorológico, y a la falta de protección contra el peligro por

tormentas eléctricas, se propone una implementación de sistema de protección contra descargas atmosféricas.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

- ✓ ¿Cómo el diseño e implemento de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cómo la organización del diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permite seleccionar el tipo de pararrayo que previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?
- ✓ ¿Cómo el detalle de la selección del tipo de pararrayo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?
- ✓ ¿Cómo la realización de la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Organizar el diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permitirá seleccionar el tipo de pararrayo para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.
- Detallar la selección del tipo de pararrayo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.
- Realizar la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.

### 1.4. Justificación

Debido a que en la unidad minera Andaychagua se presentan en promedio de 65 a 127 rayos anualmente, es necesario contar con la protección contra descargas atmosféricas.

Se justifica el problema planteado, mediante el planteamiento del diseño e implementación de protección contra descargas atmosféricas para la unidad minera Andaychagua – VOLCAN.

#### 1.4.1 Justificación por conveniencia

Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que una investigación debe justificar para qué sirve, en decir, su utilidad.

La implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas va evitar las descargas atmosféricas directas en los equipos y personas y por consiguiente se tendrá una mayor seguridad. Asimismo evitará los cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua.

#### 1.4.2. Justificación por relevancia social

Hernández, Fernández y Baptista (2014) mencionan que toda investigación debe tener cierta relevancia social, logrando ser trascendente para la sociedad y denotando alcance o proyección social. Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2014) aducen que un estudio puede ayudar a resolver problemas que afectan a un grupo social.

Por ello, la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas beneficiará a los empleados de la U.M Andaychagua debido a que estarán protegidos ante posibles descargas atmosféricas.

#### 1.4.3. Justificación práctica

Arias (2012), Baena (2017), Hernández, Fernández y Baptista (2014) y Salinas y Cárdenas (2009) manifiestan que una investigación puede generar aportes prácticos directos o indirectos relacionados a la problemática real estudiada. Bernal (2010) y Blanco y Villalpando

(2012) ofrecen un concepto más amplio, mencionando que un estudio cuenta con justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o al menos propone estrategias que al ponerse en práctica contribuirán a su solución, cabe recalcar que Bernal (2010) afirma que los trabajos de investigación de pregrado son generalmente prácticos.

En tal sentido, con la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas se tendrán ahorros económicos ya que se tendrán menores pérdidas materiales por el impacto del rayo.

#### 1.4.4. Justificación económica

Baena (2017) refiere que la investigación debe justificar si la inversión podrá recuperarse durante el proceso.

Ahora bien, con la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas se evitarán los cortes espontáneos de energía eléctrica, dicho de otro modo; permitirá la continuidad de los procesos mineros sin interrupción.

### 1.5. Delimitantes de la investigación

Sabino (1986) indica que la delimitación se efectuará en cuanto al tiempo y el espacio, para situar nuestro problema en un contexto definido y homogéneo, es decir, delimitar una investigación significa, especificar en términos concretos nuestras áreas de interés en la búsqueda, establecer su alcance y decidir las fronteras de espacio, tiempo y circunstancias que le impondremos a nuestro estudio.

#### 1.5.1. Delimitación teórica

Sabino (1986) refiere al aspecto específico del tema que se desea investigar, es decir, responde a qué aspectos concretos serán estudiados.

La línea de investigación se basó en la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas y evaluando cada uno de ellos.

#### 1.5.2. Delimitación temporal

Sabino (1986) refiere que esta delimitación se debe al periodo o lapso de tiempo seleccionado para realizar la investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo se tuvo un corto tiempo debido a que la unidad minera no debe, bajo ningún concepto, estar desprotegida de las descargas atmosféricas

#### 1.5.3. Delimitación espacial

Sabino (1986) refiere que es el área geográfica y/o espacial en dónde se va desarrollar la investigación.

La unidad de análisis de la investigación se refirió a la U.M Andaychagua, el lugar de la investigación se desarrolla en la provincia de Junín, Perú.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

#### 2.1.1. Internacional

**Chica (2018)**, con su tesis titulada **"ANÁLISIS Y ESTUDIO PARA MINIMIZAR EL RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS Y DETERMINACIÓN DE SITIOS DESPROTEGIDOS EN CAMPUS UCSG"**.

Cuyo objetivo general fue realizar un análisis y estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. El tipo de estudio que se aplicó en la investigación fue de corte descriptivo, la técnica que se utilizó fue en base a entrevistas realizadas a expertos en el tema mediante un proceso interactivo basado en el sistema de protección contra descargas atmosféricas actual instalado en las estructuras de la Universidad, elaborando un cuestionario de preguntas que deben contestar, una vez analizado el resumen de los juicios de los expertos en las formas de evaluación cuantitativas. Se concluyó que tras la entrevista a expertos, como de protección, áreas no protegidas, se pudo elegir el modelo de pararrayo más óptimo para su implementación en el campus, así como el presupuesto requerido.

**Guanoluisa y Sailema (2020)**, con su tesis titulada **"DISEÑO DE UN SENSOR PARA CAMPO ELÉCTRICO CON EL FIN DE IDENTIFICAR UNA DESCARGA ATMOSFÉRICA"**. Cuyo objetivo general fue diseñar un sensor para campo eléctrico basado en prototipos construidos y el desarrollo de cálculos matemáticos, para identificar el nivel de campo eléctrico y censar descargas atmosféricas en una zona determinada. Se aplicó los siguientes métodos investigativos: deductivo, inductivo y analítico y sintético. Se concluyó que con la investigación bibliográfica durante el proyecto, se identificó que una

descarga atmosférica tiene una duración total alrededor de 200  $\mu$ seg, en este lapso de tiempo se presenta un frente de onda con una corriente de 20 kA y el campo eléctrico generado se encuentra alrededor de 20 kV/m. Es por ello que la configuración del sensor considerando el ruido ambiental que es variable en el transcurso del día, permite una mayor eficiencia al realizar las mediciones y el adecuado funcionamiento del setpoint para la detección de descargas.

**Montoya (2019)**, con su tesis titulada "**EVALUACIÓN DEL RIESGO POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN ESPACIOS DEPORTIVOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**". Cuyo objetivo general fue realizar la evaluación del nivel del riesgo por descargas atmosféricas en los espacios deportivos a campo abierto de la Universidad Tecnológica de Pereira. El proyecto en mención tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que el principal objetivo del proyecto fue crear una base de datos de los eventos registrados por descargas atmosféricas de los sistemas de protección y todos los eventos relacionados con el fenómeno, de la Empresa de Energía de Pereira desde el año 2008 hasta el 2018 para evaluar cada zona que se encuentra expuesta en el campus de la Universidad, teniendo en cuenta el entorno por la cual se encuentra rodeada. Se concluyó que con los datos obtenidos se reduce el riesgo por descargas atmosféricas eléctricas ya que el riesgo tolerable se encuentra por debajo de los valores propuestos por las normas IEC 62305 y NTC 4552.

#### 2.1.2. Nacional

**Portilla (2021)** con su tesis titulada "**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ATMOSFÉRICA SEGÚN NORMAS IEC 62305 PARA UNA NAVE INDUSTRIAL EN EL DEPARTAMENTO DE JUNÍN**". Cuyo objetivo general fue diseñar un sistema de protección contra descargas atmosféricas basado en la norma IEC 62305, además de ello se realizó una comparativa con la normativa NFPA 780, en un escenario en el cual existe una nave

industrial que cuenta con un sistema de protección atmosférica basado en la normativa NFPA. El tipo de investigación fue aplicada debido a que el estudio resolvió el problema planteado con respecto al sistema de protección atmosférica, haciendo uso de teorías fundamentadas y el diseño de la investigación fue del tipo experimental. Se concluyó que se necesitarán 12 pararrayos en total para todo el proyecto, adicionalmente como parte del análisis, se pudo determinar que la configuración existente del sistema de protección atmosférica debería ser redistribuida para así poder cumplir con lo requerido por la normativa IEC 62305, también se diseñó de forma correcta todo el sistema de protección, como parte final obtendremos que el aumento entre el uso de la normativa IEC 62305 con un radio de esfera de 30 metros, en comparación con la normativa NFPA conlleva a un incremento del 50% del número de pararrayos.

**Oscanoa (2020)**, con su tesis titulada “**METODOLOGÍA DE UBICACIÓN DE PARARRAYOS PARA OPTIMIZAR SU DISTRIBUCIÓN EN LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN MOLLEPATA - CANGALLO 69 kV**”. Cuyo objetivo general fue evitar las grandes pérdidas económicas a los usuarios y también al concesionario por los cortes de energía que se producen cuando ocurren descargas en la línea de transmisión por lo que se plantea minimizar los efectos que pueden tener las descargas atmosféricas en la línea de transmisión Mollepata – Cangallo 69 kV. Se empleó el diseño correlacional en donde se identifica variables que se desea relacionar y se aplica la técnica de análisis de correlación. Se busca el grado de relación existente entre dos o más variables de un objeto de investigación. Se concluyó con el planteamiento de una metodología para optimizar la ubicación de los pararrayos de línea a lo largo de la línea de transmisión, utilizando el mapa cerámico del Osinergmin, el modelo electro geométrico modificado y la simulación en el software ATPDraw para determinar la corriente crítica de flameo en cada estructura de la línea, con esta información se determina las

tasas de flameo en cada estructura y la suma de estas nos da como resultado la tasa de salida de la línea LFOR de 14.04 descargas/100km/año, el cual se mejora con el uso de pararrayos de línea, que son instaladas en las estructuras que presentan una alta tasa de flameo por descarga atmosférica > 0.075 descargas/km/año, reduciéndose el LFOR a 4.81 descargas/100km/año. Instalándose en un total de 46 estructuras unos 138 pararrayos de línea.

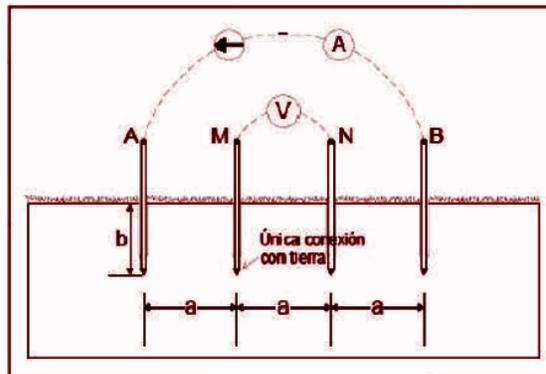
**Luján (2018)**, con su tesis titulada **"ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO BASADOS EN LAS RECOMENDACIONES DE LA NFPA 780 PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA UBICADO A LA INTEMPERIE MEDIANTE PARARRAYOS TIPO FRANKLYN"**. Cuyo objetivo general fue definir los procedimientos para realizar el diseño de un sistema de protección atmosférica para poder reducir las consecuencias generadas por el impacto de una descarga atmosférica en una instalación eléctrica ubicada a la intemperie mediante pararrayos tipo Franklyn. El tipo de investigación es cualitativa porque se orienta a profundizar casos específicos y no a generalizar, se fundamentará en diferentes estudios relacionados con el tema, entre los cuales podrán ser citados, artículos especializados, libros, normas, tesis semejantes, proveedores de pararrayos, experiencia obtenida en el desarrollo del diseño de sistemas de protección atmosférica y en las recomendaciones brindadas por la norma NFPA 780. Se concluyó con la determinación de los criterios de diseño basados en las recomendaciones de la NFPA 780 para la elaboración de un sistema de protección contra los rayos de una instalación eléctrica ubicada a la intemperie, mediante pararrayos tipo Franklyn así mismo no elevar demasiado el pararrayo ya que su nivel de protección disminuye y el costo de instalación aumenta.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Método Wenner

El método de Wenner es un sistema de medición conformado por cuatro electrodos que se utiliza para medir la resistividad de la superficie colocando electrodos alineados, una distancia  $a$  entre cada electrodo, y al ser enterrados a una profundidad  $b$  satisface la relación  $a > 20b$ , donde  $b$  es la profundidad de enterramiento. (Villa et al., 2019)

Figura 2.1: Arreglo del método de wenner

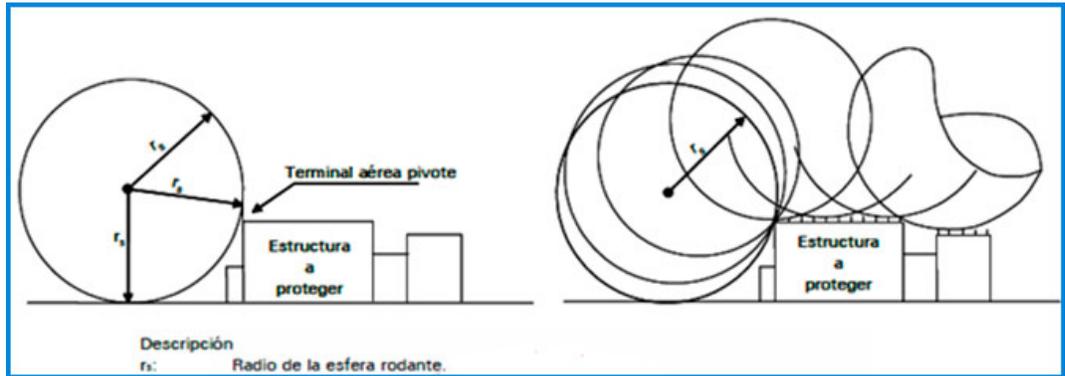


Fuente: Estimación de Parámetros del Suelo de dos Capas usando el Algoritmo de Optimización de Mapeo Media-Varianza

### 2.2.2. Método de la esfera rodante

El cálculo de la protección contra descargas atmosféricas se basa en la norma IEC 62305 - "Protection Against Lightning", más conocida como el método de la esfera rodante. Este método consiste en hacer rodar una esfera imaginaria sobre la estructura, de acuerdo al método, la zona de protección queda delimitada por el espacio no invadido por una esfera rodante de 150 pies y los elementos de protección dispuestos en las instalaciones, como se muestra en la figura:

Figura 2.2: Método de la esfera rodante



Fuente: Conduground. Instalación de Sistemas de Redes de Tierra y Pararrayos en Base a las Normas

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas

(Santafelicidad, 2012) Es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo. Consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección contra el rayo. En casos particulares, un SPCR podrá estar formado solamente por un sistema externo o por un sistema interno.

Sistemas de protección externa: Busca disipar o canalizar la energía de un rayo de manera segura.

Sistemas de protección interna: Son usados para mitigar los riesgos que podrían presentarse como consecuencia de la energía de un rayo.

#### ❖ Diseño

El diseño es una actividad humana volitiva, una actividad abstracta que implica programar, proyectar, coordinar una larga lista de factores materiales y humanos, traducir lo invisible en visible, en definitiva, comunicar. Incluye juicios de valor, aplicaciones de

conocimientos, uso de intuiciones educadas y toma de decisiones.(Frascara, 2000).

Así mismo Escobar (2009), indica en términos de ingeniería, que el diseño se refiere a idear un equipo o sistema que resuelve un problema concreto, en oposición a un problema general, que se relaciona más con investigación.

#### ❖ Selección

Selección, es un término, proveniente en su etimología del latín “selectio” que designa el resultado de discernir o elegir entre dos o más cosas materiales (selección de las joyas más valiosas, selección de prendas de vestir, etcétera) o inmateriales (selección de ideas) o seres vivos (selección de los mejores perros de razas o selección de los aspirantes a un puesto de trabajo), prefiriendo y tomando una o varias de ellas, y descartando otras. (Fingermann, H., 2011)

También, Salazar nos menciona que la selección de características (Feature Selection en inglés) facilita la visualización y el entendimiento de los datos, disminuye los requisitos de medición y almacenamiento, reduce los tiempos y recursos computacionales del entrenamiento de modelos y limita la maldición de dimensionalidad (curse of dimensionality en inglés) para mejorar el rendimiento de las predicciones. Debido a las complicaciones que se presentan para buscar el subconjunto óptimo de características de entre todo el espacio de subconjuntos posibles, se suele elegir un subconjunto satisfactorio para el problema tratado. (2019, p. 10)

#### ❖ Implementación

La implementación es la ejecución, control y monitoreo del plan de proyectos debido a que es la tercera fase para la dirección de

proyectos (PMP). En esta fase el diseño ha finalizado y es utilizado para construir los entregables. (PM4DEV, 2015, p. 9)

### 2.3.2. Cortes espontáneos de energía eléctrica

Un corte de luz consiste en la ausencia de suministro eléctrico; sin embargo este puede variar, pero por lo general es el resultado de un daño causado en la red de suministro eléctrico, como descargas atmosféricas, animales, árboles, condiciones atmosféricas destructivas fallo de equipos eléctricos o un seccionamiento automático del interruptor general. (Sandoval, 2020)

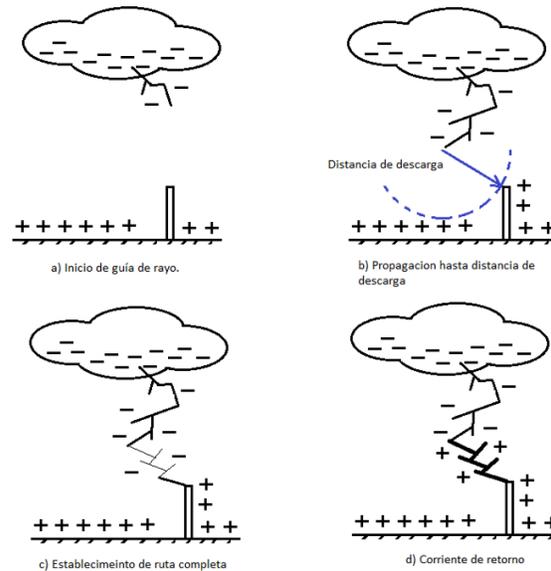
En una determinada zona o suministro en específico esta ausencia del suministro puede deberse a fallos en puntos de la red de transporte, a condiciones meteorológicas o al impago de facturas.(Grupo Inventia, 2020)

#### ❖ Descargas atmosféricas

Torres y Vega (2021) señalan que la violenta igualación de cargas en un campo eléctrico que se forma entre dos nubes o entre nubes es lo que provoca una descarga atmosférica. Con frecuencia se distinguen los cuatro tipos de descargas que se identifican en la actualidad:

- 1) Nube - Ionosfera
- 2) Nube - Nube
- 3) Nube - Tierra

Figura 2.3: Descarga atmosférica.



Fuentes: Best practices electrical engineering, 2020.

### NUBE-IONOSFERA

Estudios realizados en las décadas de los ochenta y noventa permitieron identificar que existe un rango de descargas atmosféricas que ocurren desde la parte superior de las nubes cumulonimbus hacia la ionosfera. Esta es una capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 80 y los 500 kilómetros de altitud y se caracteriza por tener grandes procesos de ionización que permiten la concentración de electrones libres. (Geociencias SURA, 2019,p.23, 5ta ed.)

### NUBE-NUBE

Son el tipo de descargas eléctricas más comunes en la atmósfera. Ocurren entre dos cargas opuestas en la misma nube o con nubes adyacentes. Aunque generalmente se presentan dentro de los límites físicos de esta, también es posible que algunas veces se salgan de su entorno; es ahí cuando se puede apreciar la

ramificación del rayo, tal y como se observa en las descargas nube-atmósfera. (Geociencias SURA, 2019,p.23, 5ta ed.)

### NUBE-TIERRA

Se presentan cuando hay unas transferencias de cargas eléctricas entre la atmósfera y la tierra. La mayoría de estas descargas se presentan desde las nubes hacia la tierra (descargas descendentes), pero también es posible que se presenten desde la tierra hacia las nubes (descargas ascendentes). Aunque las descargas nube-tierra no son las más comunes, sí representan un mayor peligro para las personas y los bienes materiales, respecto a los demás tipos de descargas. (Geociencias SURA, 2019,p.23, 5ta ed.)

#### 2.4. Definición de términos básicos

- Jaula de Faraday: Establece que si el conductor está puesto a tierra, cualquier material contenido dentro de la envoltura de un material conductor no experimentará interferencias electromagnéticas, y los fenómenos eléctricos no tendrán efecto dentro de la envoltura, por intensos que sean, porque actúan como una pantalla o escudo en su interior.
- Punta Franklyn: Al construir un mástil, la parte superior del mástil actúa como receptor de rayos, lo que permite que estos se descarguen al suelo de manera segura sin poner en peligro a las personas ni a la propiedad. Esto es posible dentro de un cono virtual cuyo vértice coincide con la parte superior del cuello y cuyo radio es aproximadamente igual a la altura del cuello. Esto respalda la suposición de que cuanto más alto sea el mástil, mayor será el cono de protección virtual.

- Refugio contra rayo: un refugio adecuado puede ser una casa, un contenedor o un automóvil, mientras más metal haya alrededor, más protegido se está; pero es vital no tener contacto con este material.
- Terminales sobre techo: Los terminales de interceptación del pararrayos deben conectarse directamente a la estructura de acero mediante conductores separados que pasen a través del techo o parapeto o mediante un conductor externo que conecte todas las pinzas pararrayos.

### III. HIPOTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. Hipótesis general

- ❖ El diseño y la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua – VOLCAN.

##### 3.1.2. Hipótesis específica

- ❖ La organización del diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permite seleccionar el tipo de pararrayos que previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.
- ❖ El detalle de la selección del tipo de pararrayo del sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua – VOLCAN.
- ❖ La realización de la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua – VOLCAN.

#### 3.2. Operacionalización de variable

- Diseño e implementación de sistema de protección contra descargas atmosféricas

- A. Definición conceptual: Es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo. Consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección contra el rayo. En casos particulares, un SPCR podrá estar formado solamente por un sistema externo o por un sistema interno. (Santafelicidad, 2012)
  - B. Definición operacional: Analizar y elaborar el diseño para la implementación de un sistema de protección, obtener los datos de su funcionamiento.
- Cortes espontáneos de energía eléctrica
    - A. Definición conceptual: Un corte de luz consiste en la ausencia de suministro eléctrico en una determinada zona o suministro en específico. Esta ausencia del suministro puede deberse a fallos en puntos de la red de transporte, a condiciones meteorológicas o al impago de facturas.(Grupo Inventia, 2020)
    - B. Definición operacional: Analizar el comportamiento de las descargas atmosféricas.

Tabla 3.1: Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Método y técnica
Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas	Es un sistema completo que permite proteger una estructura contra los efectos del rayo. Consta de un sistema externo y de un sistema interno de protección contra el rayo. En casos particulares, un SPCR podrá estar formado solamente por un sistema externo o por un sistema interno. (Santafelicidad, 2012)	Analizar y elaborar el diseño para la implementación de un sistema de protección, obtener los datos de su funcionamiento.	Diseño	Planos	Documentos	Cualitativo - Documental
				Memoria de cálculo		
			Selección	Sistema de captación del rayo	Pararrayos	Cualitativo - Documental
				Sistema de aterramiento	Malla - cemento conductivo	
			Implementación	Sistema de captación	Pararrayos	Cualitativo - Documental
				Altura de la estructura		
	Sistema de aterramiento	Malla - cemento conductivo				
	Sistema de aislamiento	Resistencias				
Cortes espontáneos de energía eléctrica	Un corte de luz consiste en la ausencia de suministro eléctrico en una determinada zona o suministro en específico Esta ausencia del suministro puede deberse a fallos en puntos de la red de transporte, a condiciones meteorológicas o al impago de las facturas.(Grupo Inventia, 2020)	Analizar el comportamiento de las descargas atmosféricas.	Descargas atmosféricas	Frecuencia anual de caída del rayo	Frecuencia	Cualitativo - Empírico
				Frecuencia tolerable del rayo	Frecuencia	

## **IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

### 4.1. Diseño metodológico

#### 4.1.1. Enfoque

Hernández, Fernández & Baptista (2010) indicaron que el enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

#### 4.1.2. Tipo

Según la guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo (I+D) el tipo de investigación que se desarrolló en este proyecto es de tipo aplicado, porque tuvo como propósito aplicar los resultados de la investigación para diseñar tecnologías de aplicación inmediata en la solución de los problemas de la sociedad. (2020)

La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica. De esta manera, se genera riqueza por la diversificación y progreso del sector productivo. Así, la investigación aplicada impacta indirectamente en el aumento del nivel de vida de la población y en la creación de puestos de trabajo (Lozada, 2014).

#### 4.1.3. Nivel

Según Manuel Borja(2012), enunció que los estudios explicativos buscan las causas que originan ciertos fenómenos físicos o sociales, se centra en explicar por que ocurre un fenómeno y en qué condición se da este o por que se relaciona entre dos o más variables. Busca la relación causal que originan este problema.

#### 4.1.4. Diseño

Según Carrasco (2006) en su postulado denomina al diseño no experimental descriptivo como aquella investigación que analiza características, rasgos, propiedades y cualidades en un determinado tiempo. El cual sirve para el estudio de diagnóstico descriptivo

### 4.2. Método de investigación

Hernández, Fernández & Baptista (2010) señalaron que: el método es el conjunto de procedimientos que señalan los pasos a seguir en el desarrollo de la investigación.

En esta investigación el método que se emplea es el hipotético – deductivo. Debido a que el punto de partida es la observación, que permite el planteamiento de premisas para finalmente a partir de los resultados inferir las conclusiones.

### 4.3. Población y muestra

Hernández, Fernández & Baptista (2010) señalan que población o universo es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. La muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta.

La técnica de muestreo usada es la no probabilística. En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los

propósitos del investigador (Johnson, 2014, Hernández-Sampieri et al., 2013 y Battaglia, 2008b).

Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. Elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende del planteamiento del estudio, del diseño de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella.

Para fines de la presente investigación, la población y muestra quedó determinada por los equipos que conforman las 94 áreas de la Unidad Minera Andaychagua.

#### 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El lugar de estudio es la compañía minera VOLCAN, unidad Andaychagua, distrito Huay Huay, provincia de Yauli, departamento de Junín; y el periodo desarrollado es de enero a julio.

#### 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

##### TÉCNICA DOCUMENTAL

- Técnica documental

La técnica documental es la recopilación de distintos documentos de diferentes tipos: memorias, actas, registros de datos, catálogos. Algunos datos de medidas e imágenes serán a través del programa informático denominado Google Earth, que muestra un globo virtual para visualizar múltiples cartografías, con base en la fotografía satelital.

Los instrumentos usados fueron; ficha de registro de datos y registros de frecuencia de rayos.

## TÉCNICA EMPÍRICA

### ○ Técnica de observación

La técnica de observación cada día cobra mayor credibilidad y su uso tiende a generalizarse, debido a obtener información directa y confiable, siempre y cuando se haga mediante un procedimiento sistematizado y muy controlado, para lo cual hoy están utilizándose medios audiovisuales muy completo, especialmente en estudios del comportamiento de la persona en su sitio de trabajo.

El instrumento usado fue la cámara fotográfica.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos

Para el diseño se toman en cuenta parámetros y valores que dependen de la zona de instalación, ya sea la incidencia del rayo o características de las zonas a instalar la protección, así como también los datos técnicos de los equipos a instalar. También se utilizará el software Microsoft Office Excel, para procesar los datos recolectados para las variables de estudio, los que se presentarán en sus respectivas tablas y figuras y su respectiva interpretación, de acuerdo a los objetivos y las hipótesis respectivas.

##### 4.6.1. Desarrollo del procesamiento de datos

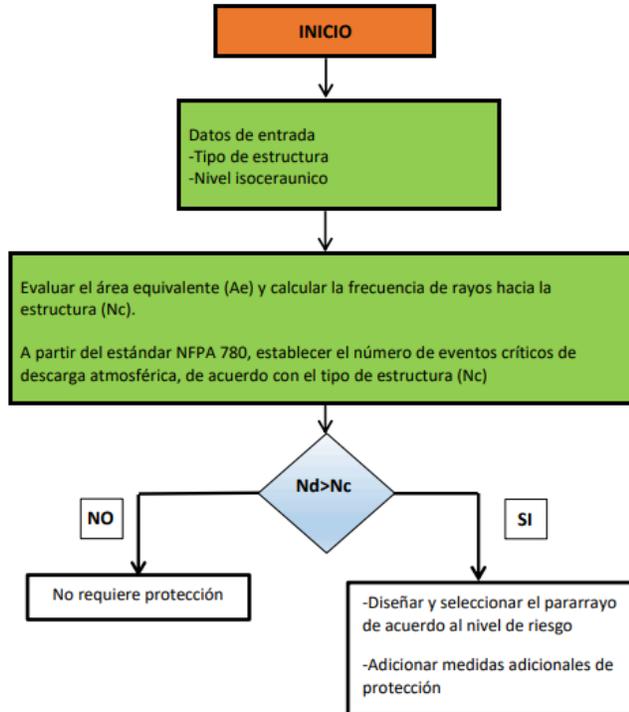
###### 4.6.1.1. Diseño

###### Evaluación de riesgo de descargas atmosféricas

La evaluación de riesgo de descargas atmosféricas se basa en determinar si es necesario implementar un sistema de protección mediante el método de evaluación de riesgo simplificado de la norma NFPA 780, para la cual es necesario considerar el tamaño de la instalación, la densidad de las descargas, etc. (NFPA 780, 2014)

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo:

Figura 4.1: Diagrama de flujo para la evaluación de riesgo.



*Fuente: Norma NFPA 780, 2014.*

### Frecuencia Anual de Caída de Rayos (Nd)

Según (International Meteorological Committee) Los niveles isoceráunicos indican la frecuencia de caída de rayos en un área geográfica. Un mapa isoceráunico puede indicar los días de tormenta o la densidad de descargas por kilómetro cuadrado y año, y en general se representa con líneas de igual valor, semejantes a las líneas isóbaras que se utilizan en los mapas del tiempo.

Por ello, la frecuencia de impacto de los rayos (Nd) está determinado , según la Norma NFPA 780, por la siguiente ecuación:

$$N_D = N_G * A_e * C_1 * 10^{-6} \quad (4.1)$$

En donde:

$N_D$ : Frecuencia anual de descargas de rayos en una estructura  
[Rayos/año]

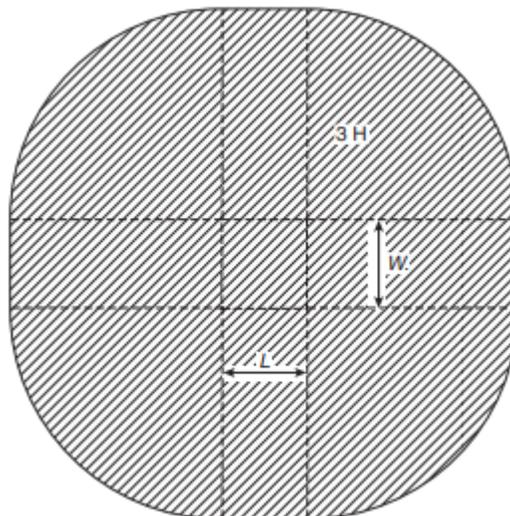
$N_G$ : Densidad de los rayos promedio anual en la región donde se encuentra la estructura [Impactos /km<sup>2</sup>/año], según IEEE std 1410-2010 se define:

$$N_G: 0.04 * Td^{1.25} \quad (4.2)$$

$Td$ : Nivel Isoceraunico: es el número promedio de días al cabo del año en los que hay tormenta

$A_e$ : Área Equivalente Colectiva de la instalación. [m<sup>2</sup>]

Figura 4.2: Cálculo del área de impacto equivalente para una estructura rectangular.



Fuente: Norma NFPA 780, 2014.

El cálculo de área para un estructura rectangular, corresponde a la siguiente ecuación:

$$A_e = LW + 6H(L + W) + \pi 9H^2 \quad (4.3)$$

Donde:

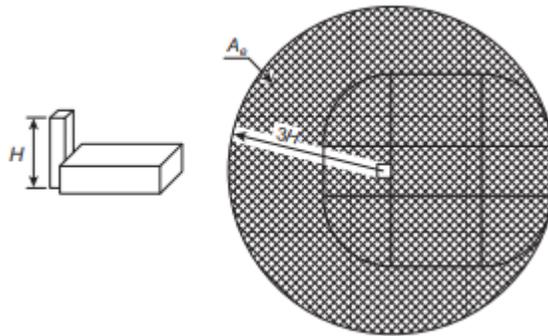
L: Longitud del edificio.

W: Ancho del edificio.

H: Altura del edificio.

Para estructuras en la que una parte prominente abarca todas las porciones de la parte inferior. El cálculo del área equivalente es:

Figura 4.3: Cálculo del área de impacto equivalente para una estructura de formato complejo, en la que una parte prominente abarca todos los sectores de la parte inferior.



Fuente: Norma NFPA 780, 2014.

$$A_e = 9\pi H^2 \quad (4.4)$$

Donde:

H: Altura de la estructura prominente.

Tabla 4.1: Factor de ubicación, C1.

Ubicación relativa de la estructura	C1
Estructura ubicada dentro de un espacio que contiene estructuras o árboles de la misma altura o mayores hasta una distancia de 3H	0.25
Estructura rodeada por estructuras más pequeñas dentro de una distancia de 3H	0.5
Estructuras aisladas, sin otras estructuras ubicadas dentro de una distancia de 3H	1
Estructuras aisladas en la cima de una colina	2

*Fuente: Norma NFPA 780, 2014.*

#### Frecuencia tolerable del rayo (N<sub>c</sub>)

Según (Kinenergy.internacional, 2022) Es una medida del riesgo de daño a la estructura, incluido factores de riesgo para la estructura, el medio ambiente y pérdidas monetarias.

La frecuencia tolerable del rayo se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$N_c = \frac{1.5 \cdot 10^{-5}}{C} \quad (4.5)$$

Donde:

$$C = C_2 * C_3 * C_4 * C_5 \quad (4.6)$$

La determinación del coeficiente de construcción  $C_2$ , se indica según la tabla L.5.1.2 (a) de la normativa NFPA 780, 2020 que se muestra:

Tabla 4.2: Determinación del coeficiente de construcción, C2.

Estructura	Coeficiente de construcción C2		
	Techo metálico	Techo no metálico	Techo inflamable
Metal	0.5	1.0	2.0
No Metal	1.0	1.0	2.5
Inflamable	2.0	2.5	3.0

La determinación del contenido de estructura  $C_3$ , se indica según la tabla L.5.1.2 (b) de la normativa NFPA 780, 2020 que se muestra:

Tabla 4.3: Determinación del coeficiente de los contenidos de la estructura, C3.

Contenido de estructura	C3
Valor bajo y no inflamable	0.5
Valor estándar y no inflamable	1.0
Gran valor y moderadamente inflamable	2.0
Valor excepcional, inflamable, computadoras o electrónica	3.0
Valor excepcional, bienes culturales insustituibles	4.0

La determinación del coeficiente de ocupación de la estructura  $C_4$ , se indica según la tabla L.5.1.2 (c) de la normativa NFPA 780, 2020 que se muestra:

Tabla 4.4: Determinación del coeficiente de los ocupantes de la estructura, C4

Ocupación de la estructura	C4
No ocupado	0.5
Ocupación normal	1.0
Con dificultad para ser evacuado o con riesgo de pánico	3.0

La determinación del coeficiente de la consecuencia del rayo  $C_5$ , se indica según la tabla L.5.1.2 (d) de la normativa NFPA 780, 2020 que se muestra:

Tabla 4.5: Determinación del coeficiente de la consecuencia del rayo, C5.

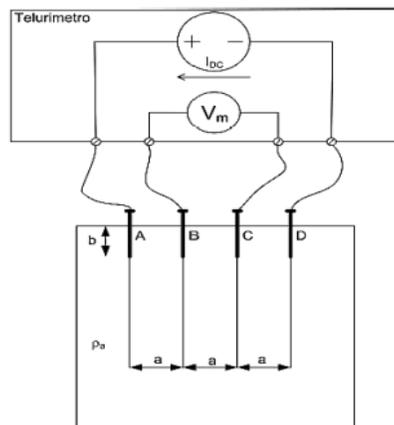
Contenido estructural	C5
No se requiere de la continuidad del servicio Sin impacto ambiental	0.5
Se requiere de la continuidad del servicio Sin impacto ambiental	5.0
Consecuencia para el medio ambiente	10.0

### Sistema de puesta a tierra

La puesta a tierra de acuerdo a lo indicado en la Norma NFPA 780 indica “El valor generalmente aceptado de la resistencia de tierra de 25 ohms no debería interpretarse como satisfactorio para todas las instalaciones”. La resistencia baja es aconsejable, aunque no esencial.

En la siguiente figura se muestra el método Wenner para medir la resistencia del terreno.

Figura 4.4: Método de Wenner



Fuente: Norma NFPA 780, 2014.

La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + b^2}}} \quad (4.7)$$

$\rho$  = Resistividad promedio a la profundidad “a” [ $\Omega$ -m].

R = Resistencia eléctrica obtenida con el Megger afectado por la escala correspondiente [ $\Omega$ ].

a = Distancia entre electrodos [m].

b = Profundidad de enterrado de los electrodos [m].

Si la distancia enterrada “b” es pequeña en comparación a la distancia de separación entre electrodos “a” ( $b < a$ ), como es el caso más común, se puede aplicar la siguiente fórmula simplificada:

$$\rho(a) = 2\pi a R \quad (4.8)$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos

La frecuencia tolerable del rayo ( $N_c$ ) fue comparada con la frecuencia anual de caída del rayo ( $N_d$ ). Como se aprecia en la figura 2.3, si  $N_d > N_c$ , entonces sí es preciso instalar un sistema de protección contra descargas atmosféricas (SPDA).

#### Cálculo de la frecuencia Anual de caída de rayos ( $N_d$ ):

De acuerdo con la ecuación (4.1), para calcular el valor de  $N_d$  requerimos hallar el valor de  $N_g$ ,  $A_e$  y  $C_1$

- Cálculo de  $N_g$ :

$$N_g: 0.04 * Td^{1.25} \quad (4.9)$$

De acuerdo con la ubicación geográfica de la Unidad Minera Andaychagua. Divididas en 7 zonas presentan un  $Td=32$  días/año. (mayor detalle ver Anexo 2 mapa cerámico)

Tabla 4.6: Cuadro resumen impactos Impactos/ $km^2$ /año

Zonas	Td
Zona 1	32 días/año
Zona 2	
Zona 3	
Zona 4	
Zona 5	
Zona 6	
Zona 7	
Se obtiene $N_g = 3.0444$ Impactos/ $km^2$ /año	

- Cálculo del área equivalente

$$A_e = LW + 6H(L + W) + \pi 9H^2 \quad (4.10)$$

o también

$$A_e = 9\pi H^2 \quad (4.11)$$

Luego a partir de la ecuación (4.3) y (4.4) y dependiendo de la geometría de las estructuras se procedió a calcular el área equivalente para cada edificación en cada área de procesos del cliente.

- Cálculo de C1

En la tabla 4.1, evaluación de riesgos simplificada (NFPA 780) se muestran los valores del coeficiente ambiental seleccionado según la ubicación de las estructuras. En las tablas del Anexo 5, evaluación de sistema de protección contra descargas atmosféricas, se muestran los valores de  $N_d$ , para cada una de las áreas de proceso.

#### 4.6.1.2. Selección

##### Margen de protección atmosférica

De acuerdo a la norma NFPA 780, el área protegida por un sistema de protección atmosférica (Lightning Protection System-LPS) Según la descripción general de los métodos (NFPA 780 B.3.2) El modelo geométrico, el ejemplo más común es el “método de la esfera rodante” Dependiendo de la estructura que se quiere proteger y el nivel que este requiere, la Norma IEC 62305-3 establece los siguientes métodos para el correcto y más eficiente cálculo del área de protección.

- Cálculo de índice de riesgo

Una vez calculado  $N_d$  y  $N_c$ , procedemos a determinar el valor de riesgo de descarga atmosférica en cada una de las áreas en donde están ubicadas las estructuras. Frecuencia esperada mayor que el riesgo admisible,  $N_d > N_c$ . Se comprobó el nivel de protección para pararrayos según eficiencia calculada con la ecuación (4.9).

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (4.12)$$

Tabla 4.7: Eficiencia necesaria fija de protección

Nivel de protección	Eficiencia requerida
I	$0 \leq E \leq 0.80$
II	$0.80 \leq E \leq 0.95$
III	$0.95 \leq E \leq 0.98$
IV	$0.98 \leq E$

Con el nivel de protección podemos determinar con la tabla 4.8 el radio de la esfera rodante que será utilizada para ver el área de protección de los pararrayos.

Tabla 4.8: Valores máximos de radio de la esfera rodante y tamaño de la malla para cada clase de SPDA

Clase de SPCR	Método de protección	
	Radio de la esfera rodante r m	Tamaño de la malla W m
I	20	5 x 5
II	30	10 x 10
III	45	15 x 15
IV	60	20 x 20

Se muestra a continuación la corriente de cresta máxima para cada nivel de protección y su distancia de cebado. Esta distancia es la que existe entre la punta del pararrayo y el rayo captado.

Tabla 4.9: Nivel de protección para pararrayos según eficiencia calculada

Eficiencia requerida	Nivel de protección	I(ka) Corriente de cresta máxima	D(m) Distancia de cebado
$0 \leq E \leq 0.80$	I	-	-
$0.80 \leq E \leq 0.95$	II	2.8	20
$0.95 \leq E \leq 0.98$	III	9.5	45
$0.98 \leq E$	IV	14.7	60

#### Normas aplicables

Los materiales y accesorios considerados cumplen con las prescripciones de las siguientes normas vigentes a la fecha.

Tabla 4.10: Normas técnicas aplicables al sistema de puesta a tierra.

NORMA		DESCRIPCIÓN
NTP	370.056	Electrodos de cobre para puesta a tierra.
UL	467	Standard for grounding and bonding equipment.
INTITEC	370.042	Conductores de cobre recocido para el uso eléctrico.
NTP	370.055	Sistema de puesta a tierra.
NTP	370.052	Materiales que constituyen el pozo de puesta a tierra.
CNE	Suministro	Código Nacional de Electricidad Suministro Sección 3. Punto 036B: Sistemas Puesta a tierra en un punto.

Tabla 4.11: Normas técnicas aplicables al montaje de cable de guarda

NORMA		DESCRIPCIÓN
ASTM	A363	Zinc Coated (Galvanizad) Steel Overhead Ground Wire Strand.
ASTM	A90	Standar test method for weight of coating on zing - coated (galvanized) iron of steel articles.
ASTM	A536	Standard Specification for Ductile Iron Castings.
ASTM	A475	Standard Specification for Zinc - Coated Steel Wire Strand.

Tabla 4.12: Normas técnicas aplicables al montaje de postes de madera

NORMA		DESCRIPCIÓN
ITINTEC	251.022	Requisitos generales para postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía.
ITINTEC	251.023	Ensayo de Rotura.
ITINTEC	251.024	Postes de eucalipto para postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía - Eucalyptus Globulus.
ITINTEC	251.026	Penetración y retención de los preservadores en la madera.
ITINTEC	251.027	Comprobación del valor tóxico y permanencia del preservante.
ITINTEC	251.034	Preservación de madera - métodos a presión.
ITINTEC	251.035	Preservante y retención.

Tabla 4.13: Normas técnicas aplicables para el anclaje

NORMA		DESCRIPCIÓN
NTP	339.027	HORMIGÓN (CONCRETO). Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas.
NTP	341.031	HORMIGÓN (CONCRETO). Especificación normalizada de barras de acero con resaltes y lisas para hormigón (concreto) armado. 2a. ed.

Tabla 4.14: Normas técnicas aplicables a los accesorios metálicos para postes

NORMA		DESCRIPCIÓN
SEA AMS	5046	<b>ACERO</b> Society of automotive engineers Standard for Carbon Steel, sheet, strip, and plate (SAE 1020 and SAE 1025) annealed.
ASTM	A153 / A153M	<b>GALVANIZADO</b> Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.
IEEE	C135.1	<b>PERNOS MAQUINADOS, PERNO DOBLE ARMADO, FoGo</b> American National Standard for zinc-coated steel bolts and nuts for overhead line construction.
ANSI	C135.31	<b>PERNO SIMPLE BORDE</b> American National Standard for zinc-coated ferrous single and double upset spool insulator bolts for overhead line construction.
ANSI	C135.4	<b>PERNOS OJO</b> American National Standard for zinc-coated ferrous eyebolts and nuts for overhead line construction
ANSI	B18.2.1	<b>PERNO TIRAFONDO</b> American National Standard for square and hex bolts and screws inch series.
ANSI	B18.2.3.10M	<b>PERNO TIRAFONDO</b> American National Standard for square head bolts (metric series).
ANSI	B18.5	<b>PERNO COCHE</b> American Society of Mechanical Engineers for round head bolts (inch series)

Tabla 4.15: Norma técnica aplicable a la caja de registro para puesta a tierra

NORMA		DESCRIPCIÓN
NTP	334.081(*)	Cajas portamedidor de agua potable y de registro de desagüe. (* Aplicable en todo, excepto a los títulos denominados: objeto, definiciones y dimensiones.
NTP	350.085 (*)	Marco y tapa para caja de medidor de agua y para caja de desagüe. (* En lo aplicable.
NTP	350.002	Malla de alambre de acero soldado para concreto armado.
NTP	1083	Spheroidal graphite cast iron – classification..

Tabla 4.16: Norma técnica aplicable a pararrayo tipo bayoneta

NORMA		DESCRIPCIÓN
IEC	62.305-3	Protection against lightning.

Tabla: 4.17: Normas técnicas aplicables a pararrayo tetrapuntal franklin

NORMA		DESCRIPCIÓN
NFPA	780	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.
NBR	5419	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

#### 4.6.1.3. Implementación

Se procede a implementar en base a las fichas técnicas y los niveles de protección obtenidos en la fase de Diseño y selección.

Figura 4.5: Excavación de pozo a tierra



Figura 4.6 Dimensionamiento de la esfera rodante



Figura 4.7: Montaje en líneas de transmisión



#### 4.7. Aspectos éticos en investigación

La difusión de la información se realizó con los criterios de prudencia y transparencia; garantizando la confidencialidad de los datos.

Los datos obtenidos no se utilizaron en beneficio propio o de entidades privadas que de una u otra manera busquen algún beneficio monetario.

#### 4.8. Área de estudio

##### 4.8.1. Características físico-naturales

El distrito de Huayhuay, por su etimología quechua significa agrupación de casas, está ubicado en la provincia de Yauli, región Junín; a 38 km al este de la ciudad de La Oroya. Alberga a 02 Centros Poblados dentro de sus 179,94 kilómetros cuadrados de extensión territorial: Huayhuay (Capital) y San José de Andaychagua (Anexo).

El distrito limita por el norte con el distrito de Santa Rosa de Sacco, por el sur con los distritos de Suitucancha y Chacapalpa, por el este con el Anexo de Huari y distrito de Chacapalpa, y por el oeste con el distrito de Yauli.

La zona presenta una topografía variable, desde un relieve abrupto, moderado y suave, donde ha reinado una fuerte intemperización y denudación, las planicies más importantes se extienden desde el pueblo de Yauli hasta el pueblo de La Oroya.

La topografía es abrupta, accidentada y agreste, con pendientes fuertes a subverticales, se puede observar tres tipos de pisos ecológicos: Región Suni o Jalca, Región Puna o Alto Andino y la Región Janca o Cordillera.

Los pisos Suni y Alto Andino son aprovechados para la agricultura y la ganadería. La región Suni o Jalca se ubica entre los 3,500 y 4,000 m.s.n.m, presenta poblaciones rurales agro ganaderas. La región Puna o Alto Andino se ubica entre los 4,000 y 4,800 m.s.n.m, donde se han establecido los distritos de Marcapomacocha, Suiticancha, Morococha y Yauli. La región Janca o Cordillera se localiza desde los 4,800 hasta las cumbres del nevado Antarache y Tunsho, por encima de los 5,700 m.s.n.m.

#### 4.8.2. Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas que se ha logrado identificar en la zona son las que se describen a continuación:

- A. GLACIARES: Su extensión generalmente es de norte a sur de la zona de estudio, que se extiende desde Carhuacayán por el noroeste hasta Suiticancha por el sureste. En esta unidad, se ha logrado identificar la mayor cantidad de lagunas y nevados, así como se ubican los principales yacimientos mineros de la sierra central, con contenido de minerales polimetálicos de Cobre, Oro, Zinc, etc. Los fenómenos glaciarios del Pleistoceno, han conformado un paisaje de origen glaciar, lo que ha dado como resultado valles en “U” con fondos amplios y escarpados, sobre estos valles se han sobre impuestos valles típicos en “V”, cuya erosión constante prevalece actualmente. Los valles en U

más relevantes son el valle glaciar Carahuacra, Andaychagua, Chumpe, y el valle de Yauli.

- B. ALTIPLANICIES: Esta unidad se extiende de norte a sur, desde la zona de Carhuacayán hasta Huayhuay (sur de Suiticancha), se presentan a manera de planicies estructurales y lacustres, conformando lagunas importantes como Tuctucocha y Huelghue en Santa Bárbara de Carhuacayán, Quilacocha en Huahuay y Quillacocha en Paccha. Generalmente en estas zonas se asientan poblados importantes del sector como Paccha, La Oroya, Chacapalpa, entre los principales, y están localizadas entre los 4000 y 4600 m.s.n.m.
- C. VALLES FLUVIALES: Los principales valles fluviales que se han originado en la zona son los valles amplios, valles intermedios y valles estrechos. Se presentan valles amplios conformando meandros sinuosos los mismos que originan playas e islotes, presentan una erosión fluvial, socavamiento y excavación de taludes, inundabilidad y desborde de cauces. Los valles intermedios se han formado por la presencia de laderas subandinas, abanicos aluviales y conos de derrubio, y se localizan en las subcuencas del río Yauli y Corpacancha, llegan a formar asimismo meandros sinuosos, presentan un discurrimiento difuso, con disección de laderas, remoción de masas y erosión de laderas contiguas. Los valles estrechos se presentan encajonados y algunas veces encañonados, se localizan en las partes más extremas del río Huatanay y Yauli, presentan erosión de laderas contiguas, escurrimiento difuso, disección de laderas y socavamiento de cauce.

#### 4.8.3. Vegetación

La vegetación en las partes altas debido a la baja presencia de oxígeno es escasa, donde se exponen plantas silvestres y pastos naturales

oriundas de la región. La flora existente es típica de puna, como el ichu que en la época de la estación húmeda reverdece sirviendo de alimento a los animales de la región, la huila-huila y huamanripa, así como pequeños arbustos tipo cunuca, huamanpinta, crespillo y variedades rastreras como la campa y la yareta, los musgos y líquenes se exponen generalmente en los bofedales.

#### 4.8.4. Evaluación del impacto ambiental

Deterioro ambiental por fabricación de los pararrayos, lo cual involucra el trabajo con materiales con una baja biodegradabilidad; la fabricación de pararrayos tiene el cobre como material primario para su construcción. La presencia de cobre en los suelos disminuye la biomasa y la actividad metabólica bacteriana provocando un menor rendimiento de los procesos biogeoquímicos en los que las bacterias participan. Esto conlleva a una pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas y daños en el ecosistema. En concentraciones altas el cobre es tóxico para los organismos, y su efecto es fuerte en plantas y peces. En plantas produce lesiones en las raíces, inhibe el crecimiento radicular y promueve la formación de raicillas secundarias cortas y de color pardo. También produce clorosis.

Durante el proceso de carga y descarga, nos podemos sentir inquietos y con sensación electrizante, por causa del campo eléctrico de alta tensión que se genera temporalmente en la zona, puede cubrir unos 150-300 metros de radio, el estrés electromagnético puede aparecer y tener la sensación de respirar mejor o mas fresco, olor a ozono, ruido de chispas, dolor de cabeza, tensión nerviosa, hormigueo, pelos de punta, palpitaciones, etc.

## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos

#### 5.1.1. Organización del diseño para la selección del tipo de pararrayo

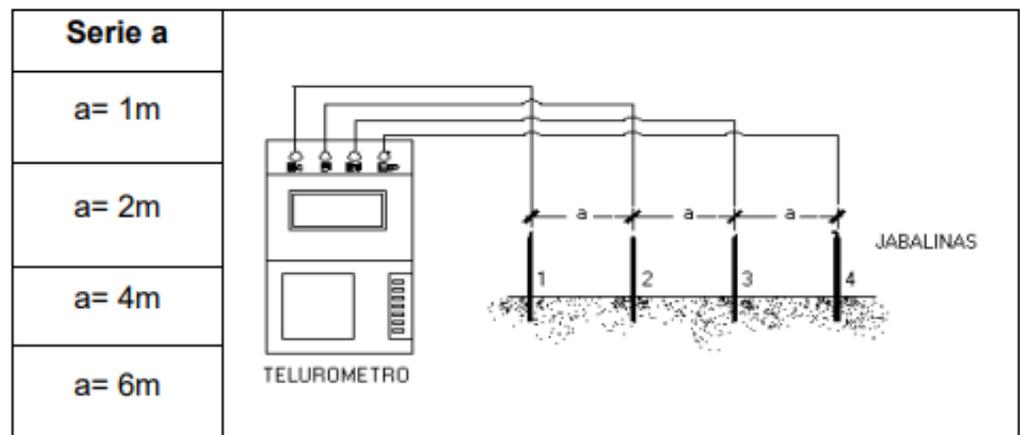
##### Resistividad del suelo

Para el diseño se realizó la medición de resistividad del suelo con el método de werner obteniendo como resultado los valores de resistencia del suelo indicados en el Anexo 7 y a partir de ello, se aplicó la ecuación (4.8), lo que nos permitió obtener el resultado de resistividad.

$$\rho(a) = 2\pi aR$$

- Resultados de mediciones aplicando ecuación (4.8)

Figura 5.1: Medición de resistividad del suelo por método de Wenner



## Resultados de resistividad del suelo por zona

### Zona 1

Tabla 5.1: Resultados de resistividad del suelo Zona 1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	16.67	104.7406991
2da	2m	10.24	128.6796351
3ra	4m	6.78	170.3999855
4ta	6m	4.66	175.6778612

Tabla 5.2: Resultados de resistividad del suelo Zona 1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	15.08	94.75043443
2da	2m	7.71	96.88671744
3ra	4m	4.13	103.7982213
4ta	6m	2.54	95.75574408

Tabla 5.3: Resultados de resistividad del suelo Zona 1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	18	113.0973355
2da	2m	8.69	109.2017606
3ra	4m	3.41	85.70264759
4ta	6m	2.15	81.05309046

### Zona 2

Tabla 5.4: Resultados de resistividad del suelo Zona 2

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	18	113.0973355
2da	2m	9.22	115.8619371
3ra	4m	3.77	94.75043443
4ta	6m	2.93	110.4583977

### Zona 3

Tabla 5.5: Resultados de resistividad del suelo Zona 3

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	13.6	85.45132018
2da	2m	6.89	86.58229353
3ra	4m	3.1	77.91149781
4ta	6m	2.24	84.44601053

Tabla 5.6: Resultados de resistividad del suelo Zona 3

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	9.53	59.87875598
2da	2m	10.14	127.422998
3ra	4m	9.88	248.3114833
4ta	6m	5.41	203.9521951

Tabla 5.7: Resultados de resistividad del suelo Zona 3

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	33.4	209.8583893
2da	2m	11.08	139.2353864
3ra	4m	4.43	111.3380436
4ta	6m	2.78	104.8035309

### Zona 4

Tabla 5.8: Resultados de resistividad del suelo Zona 4

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) " $\rho$ "
1ra	1m	27.5	172.7875959
2da	2m	7.25	91.10618695
3ra	4m	3.05	76.65486075
4ta	6m	2.14	80.67609934

En base a los resultados obtenidos se logra determinar que el nivel de resistividad del suelo es óptimo para la implementación de los sistemas de

puesta a tierra correspondientes a cada zona ya que cumple en la norma NFP 780 la cual indica que el sistema de puesta a tierra del SPDA no deberá bajo ninguna circunstancia superar los 25 Ohm.

Cabe mencionar que la zona 5, está incluida o dentro de la zona 4, así mismo la zona 6 y 7 está considerada como parte del sistema de aterramiento de la zona 2, esto se puede observar en el anexo 3.

### Riesgo y nivel de protección

Determinamos el riesgo y nivel de protección, esto de acuerdo a la tabla 8, nivel de protección de pararrayos según la eficiencia calculada.

Esto nos permite saber si el área evaluada amerita la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas.

Tabla 5.9: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 1

Zona 1	Nc	Nd	Nivel
GARITA ENTRADA	0.0006	0.000940	IV
BAÑO Y VESTUARIO	0.003	0.002909	-
OFICINA SEGURIDAD	0.0006	0.003324	III
TALLER DE DISEÑO	0.0006	0.003766	III
OFICINAS GENERALES	0.0006	0.012061	II
COMEDOR PRIMAVERA	0.0006	0.006153	III
ALMACÉN CAMPAMENTOS (IGLÚ)	0.0003	0.004008	III
COMEDOR STAFF	0.0006	0.005146	III
CAMPAMENTO MEJORA CONTINUA	0.0006	0.008367	III
OFICINA CAMPAMENTOS GGHH	0.0002	0.004556	II
ALMACÉN PANASERVICE	0.0024	0.002177	-
CAMPAMENTO TRANSPARENCIA	0.0006	0.008525	III
CAMPAMENTO RESPETO	0.0006	0.005878	III
CASETA ELÉCTRICA A	0.0006	0.001215	IV
TALLER CNSAC	0.0003	0.005697	III
TALLER DE MANTENIMIENTO 1	0.0003	0.007076	II
TALLER DE MANTENIMIENTO 2	0.0003	0.009509	II

OFICINA DE SEGURIDAD PATRIMONIAL	0.0002	0.004193	II
COMEDOR EMPLEADOS	0.0006	0.003559	III
CAMPAMENTO QUERER	0.0006	0.003157	III
CAMPAMENTO PODER	0.0006	0.004260	III
CAMPAMENTO A	0.0006	0.010363	III
DORMITORIOS	0.0006	0.003720	III
POSTA MÉDICA	0.0002	0.005703	II
PTARD ANDAYCHAGUA	0.0012	0.004305	IV
VESTUARIO A	0.003	0.007488	IV
CAMPAMENTO SEGURIDAD	0.0006	0.008906	III
CASETA ELÉCTRICA B	0.0006	0.000855	IV
ALMACÉN DE RESIDUOS SÓLIDOS	0.0006	0.027790	II

Tabla 510: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 2

Zona 2	Nc	Nd	Nivel
PLANTA DE RELLENO	0.0003	0.032379	I
VESTUARIO Y TALLERES	0.0006	0.008928	III
TALLER DE REPARACION EQUIPOS PESADOS	0.0003	0.022767	I
OFICINA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	0.0006	0.006620	III
VESTUARIO Y OFICINAS	0.0002	0.007381	II
TALLERES Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	0.0003	0.005624	III
SALA DE CONTROL	0.0002	0.002006	III
GRUPO ELECTRÓGENO B	0.0001	0.005355	I
ALMACÉN COE	0.0006	0.004972	III
OFICINAS MANTENIMIENTO	0.0002	0.005034	II
CASA COMPRESORA	0.0003	0.004951	III
PLANTA CONCENTRADORA	0.0002	0.159894	I
TALLER ELECTRICO	0.000075	0.006988	I
OFICINAS PLANTA	0.0002	0.004018	II
SS.EE - A	0.0006	0.006052	III
SS.EE - B	0.0006	0.004340	III
VIVIENDAS	0.0003	0.012942	II

Tabla 5.11: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 3

Zona 3	Nc	Nd	Nivel
ALMACÉN IESA	0.0012	0.003919	IV
TALLER DE VEHICULOS IESA 1	0.0003	0.009730	II
OFICINAS IESA	0.0002	0.011321	I
TALLER IESA	0.0003	0.003599	III
TALLER DE LOGEO	0.0003	0.009048	II
TALLER DE VEHICULOS IESA 2	0.0003	0.009730	II
GARITA 2	0.0006	0.000823	IV
CAMPAMENTO ROBOCON	0.0006	0.009520	III
CAMPAMENTO BELLAVISTA A	0.0006	0.014799	II
CAMPAMENTO BELLAVISTA B	0.0006	0.012137	II
SSEE SANTA ROSA	0.0006	0.001350	IV
CAMPAMENTO PLOMOS	0.0006	0.005889	III
CAMPAMENTO SANTA ROSA	0.0006	0.004737	III
GARITA 1	0.0006	0.000823	IV
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CHELITA II	0.0006	0.007638	III
CAMPAMENTO SIRIUS (IGLÚ)	0.0003	0.003500	III
ALMACÉN LOGÍSTICA	0.0002	0.062449	I
GRIFO DE COMBUSTIBLE	0.00005	0.004389	I

Tabla 5.12: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 4

Zona 4	Nc	Nd	Nivel
PIQUE LETTS	0.0006	0.385293	I
CASA LÁMPARAS	0.0006	0.007665	III
CASA WINCHE	0.0002	0.030115	I
CAMPAMENTOS HSEC	0.0006	0.016673	II
GARITA 3	0.0006	0.000766	IV
MASTER DRILLING PERU	0.0006	0.003054	III
PLANTA CONCRETO ALTRON	0.0006	0.028022	II
TALLER MECANICO ALTRON	0.0006	0.028110	II
ROBOCON	0.0006	0.005437	III
HABILITACIÓN DE FIERROS	0.0006	0.003274	III

<b>GARITA 4</b>	0.0006	0.000856	IV
<b>SINDICATO</b>	0.0006	0.005193	III
<b>CAMPAMENTO OBREROS 1</b>	0.0006	0.007884	III
<b>COMEDOR OBREROS</b>	0.0006	0.004506	III
<b>CAMPAMENTO OBREROS 2</b>	0.0006	0.005612	III
<b>CAMPAMENTO OBREROS 3</b>	0.0006	0.005762	III
<b>CAMPAMENTO D</b>	0.0006	0.005048	III
<b>CAMPAMENTO E</b>	0.0006	0.004819	III
<b>CAMPAMENTO F</b>	0.0006	0.005040	III
<b>CAMPAMENTO G</b>	0.0006	0.005048	III
<b>CAMPAMENTO H</b>	0.0006	0.005082	III
<b>CAMPAMENTO J</b>	0.0006	0.005040	III
<b>CAMPAMENTO K</b>	0.0006	0.005048	III
<b>CAMPAMENTO L</b>	0.0006	0.005048	III
<b>CAMPAMENTO M</b>	0.0006	0.005040	III
<b>CAMPAMENTO N</b>	0.0006	0.003110	III
<b>CAMPAMENTO O</b>	0.0006	0.005027	

Tabla 5.13: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 5

<b>Zona 5</b>	<b>Nc</b>	<b>Nd</b>	<b>Nivel</b>
<b>BOCAMINA NV 300 PUCAURCO</b>	0.0012	0.004135	IV

Tabla 5.14: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 6

<b>Zona 6</b>	<b>Nc</b>	<b>Nd</b>	<b>Nivel</b>
<b>RECUAY 540 GARITA BOCAMINA</b>	0.0006	.003449	III

Tabla 5.15: Resultados de nivel de protección según nivel de eficiencia zona 7

<b>Zona 7</b>	<b>Nc</b>	<b>Nd</b>	<b>Nivel</b>
<b>RECUAY 470 ÁREA POLVORÍN</b>	0.0006	.002559	IV

Puesto que el promedio de la frecuencia tolerable del rayo es menor que el promedio de la frecuencia anual de caída del rayo, según la norma NFPA 780 se determina que sí es necesario la implementación del sistema de protección. Se indica en el Anexo 5, la necesidad de implementación de SPDA por cada zona.

### 5.1.2. Selección del tipo de pararrayo

Para la selección se consideró el nivel de protección indicado en cada área, lo que nos permitió determinar el tipo de pararrayos correspondientes y más óptimo para el punto evaluado.

#### Tipo de pararrayos seleccionados

#### Zona 1

Tabla 5.16: Selección de tipo de pararrayos zona 1

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
1	GARITA ENTRADA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
3	OFICINA SEGURIDAD	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
4	TALLER DE DISEÑO	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
5	OFICINAS GENERALES	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
6	COMEDOR PRIMAVERA	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
7	ALMACÉN CAMPAMENTOS (IGLÚ)	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
8	COMEDOR STAFF	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
9	CAMPAMENTO MEJORA CONTINUA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
10	OFICINA CAMPAMENTOS GGHH	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
12	CAMPAMENTO TRANSPARENCIA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
13	CAMPAMENTO RESPETO	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
17	TALLER DE MANTENIMIENTO 2	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
18	OFICINA DE SEGURIDAD PATRIMONIAL	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
19	COMEDOR EMPLEADOS	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
20	CAMPAMENTO QUERER	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
21	CAMPAMENTO PODER	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
22	CAMPAMENTO A	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
23	DORMITORIOS	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
24	POSTA MÉDICA	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
25	PTARD ANDAYCHAGUA	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
26	VESTUARIO A	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
27	CAMPAMENTO SEGURIDAD	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
28	CASETA ELÉCTRICA B	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
29	ALMACÉN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo

## Zona 2

Tabla 5.17: Selección de tipo de pararrayos zona 2

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
30	PLANTA DE RELLENO	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
33	OFICINA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
34	VESTUARIO Y OFICINAS	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
35	TALLERES Y MANTENIMIENTO ELÉCTRICO	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
36	SALA DE CONTROL	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
37	GRUPO ELECTRÓGENO B	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
40	CASA COMPRESORA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
42	TALLER ELECTRICO	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
43	OFICINAS PLANTA	Pararrayo Proyectado	Cable de Guarda
45	SS.EE - B	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
46	VIVIENDAS	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda

## Zona 3

Tabla 5.18: Selección de tipo de pararrayos zona 3

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
47	ALMACÉN IESA	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
48	TALLER DE VEHICULOS IESA 1	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
49	OFICINAS IESA	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
50	TALLER IESA	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
52	TALLER DE VEHICULOS IESA 2	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
53	GARITA 2	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
54	CAMPAMENTO ROBOCON	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
55	CAMPAMENTO BELLAVISTA A	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
56	CAMPAMENTO BELLAVISTA B	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
57	SSEE SANTA ROSA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
58	CAMPAMENTO PLOMOS	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
59	CAMPAMENTO SANTA ROSA	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
60	GARITA 1	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
61	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CHELITA II	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
62	CAMPAMENTO SIRIUS (IGLÚ)	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
63	ALMACÉN LOGÍSTICA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
64	GRIFO DE COMBUSTIBLE	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin

## Zona 4

Tabla 5.19: Selección de tipo de pararrayos zona 4

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
66	CASA LÁMPARAS	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
68	CAMPAMENTOS HSEC	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
69	GARITA 3	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
70	MASTER DRILLING PERU	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
71	PLANTA CONCRETO ALTRON	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
73	ROBOCON	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
74	HABILITACIÓN DE FIERROS	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin
75	GARITA 4	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
76	SINDICATO	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo
77	CAMPAMENTO OBREROS 1	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
78	COMEDOR OBREROS	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
79	CAMPAMENTO OBREROS 2	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
81	CAMPAMENTO D	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
82	CAMPAMENTO E	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
83	CAMPAMENTO F	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
84	CAMPAMENTO G	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
85	CAMPAMENTO H	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
86	CAMPAMENTO J	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
87	CAMPAMENTO K	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
88	CAMPAMENTO L	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
89	CAMPAMENTO M	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
90	CAMPAMENTO N	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda
91	CAMPAMENTO O	Pararrayo Proyectado	Cable de guarda

## Zona 5

Tabla 5.20: Selección de tipo de pararrayos zona 5

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
92	BOCAMINA NV 300 PUCAURCO	Pararrayo Proyectado	Mástil - Punta Franklin

## Zona 6

Tabla 5.21: Selección de tipo de pararrayos zona 5

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
93	RECUAY 540 GARITA BOCAMINA	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo

## Zona 7

Tabla 5.22: Selección de tipo de pararrayos zona 5

ITEM	UBICACIÓN	PROYECTO	TIPO
94	RECUAY 470 ÁREA POLVORÍN	Pararrayo Proyectado	Terminales sobre Techo

Los planos de fabricación se detallan en el Anexo 6.

### 5.1.3. Implementación del sistema de protección

#### Condiciones ambientales

Los materiales se instalarán para el sistema de protección contra descargas atmosféricas de la Compañía Minera Andaychagua, cuyas características ambientales son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES	
Altura máxima	4400 m.s.n.m.
Temperatura Prom	10°C
Humedad relativa	76.18%-86.40%

Figura 5.2: Pararrayos tetrapuntal



Figura 5.3: Pararrayos tipo bayoneta



Figura 5.4: Pararrayos tetrapuntal instalado



Figura 5.5: Pararrayo surge arrester instalado en celda



## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

- ★ Con los resultados obtenidos del diseño y la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas en la UM Andaychagua, se observó que no siempre es posible obtener 100% de protección, pero si las personas conocen que deben hacer y las medidas de protección como alerta temprana y refugios existentes se puede lograr un elevado nivel de protección contra rayos.

Se llegó a prevenir los cortes espontáneos de energía eléctrica en las 7 zonas de la UM Andaychagua ya que el diseño y la implementación se basaron en la norma NFPA 780, así como también cumple con lo especificado en la norma IEC 62305, el cual detalla los principios generales a seguir para la protección contra el rayo de las estructuras, incluyendo sus instalaciones y su contenido, y de las personas

- ★ Se llegó a obtener con la organización del diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas valores distintos para la frecuencia tolerable y frecuencia anual de caída del rayo en cada zona, como se muestran en el anexo 5, al ser la frecuencia tolerable del rayo menor que la frecuencia anual de caída del rayo nos indica la norma NFPA 780 que sí es necesario colocar los pararrayos, también se encontró el nivel de protección necesario para cada zona, como se muestra en el anexo 5; con los datos obtenidos se logró diseñar el sistema de protección.
- ★ Se logra observar que con el detalle de la selección de pararrayos se previenen los cortes espontáneos de energía eléctrica, así mismo la selección del pararrayo correcto redujo el daño de los equipos y/o operadores.

- ★ Se logra observar que al realizar la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica así como también previene algún evento que pueda afectar la vida de los operadores en la UM Andaychagua - Volcan. La evaluación del riesgo para la decisión de la instalación de un sistema de Protección por descargas atmosféricas se efectuó principalmente en base a la Norma NFPA 780.

## **6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares**

- ★ Con el estudio internacional de Anibal Chica Tambaco(2018) se coincide en los beneficios que conlleva la aplicación de este sistema contra descargas atmosféricas es factible desde su costo de instalación, mantenimiento y la reducción de riesgos ya que brindan mayor área de protección; lo que demuestra que el costo-beneficio de este sistema aplicar es de gran utilidad.
- ★ Con el estudio internacional de Walter Guanoluisa Arciniega y Jorge Sailema Cholota(2020), se coincide en que se debe realizar todas las mediciones de campo a una misma altura con respecto al suelo, esto debido a que la distancia afecta directamente al campo eléctrico medido.
- ★ Con el estudio internacional de Melissa Montoya Garcia(2019), se coincide en que las personas que se encuentran al aire libre están expuestas a un nivel más alto de riesgo que aquellas que se encuentran en una estructura, por lo tanto, es pertinente caracterizar de forma correcta cada caso en particular, ya que variables como ubicación geográfica, variables climatológicas, actividades que se realizan en cada espacio y la cantidad de personas que pueden estar expuestas en cualquier momento, son las que permitirán realizar una elección correcta del tipo de protección contra rayos que se debe utilizar, además estas

variables permiten determinar si es necesario o no el uso de un sistema de alarma de tormentas.

- ★ Con el estudio nacional de Javier Portilla Socon(2021) se coincide con el uso de las normativas NFPA 780 e IEC 62305 así como también la aplicación del método de la esfera rodante para el estudio y selección de un sistema de protección atmosférica.
- ★ Con el estudio nacional de William Oscanoa Guadalupe(2020) se coincide en usar el mapa cerámico de Osinergmin para con ello plantear una metodología para optimizar la ubicación de los pararrayos.
- ★ Con el estudio nacional de Juan Lujan Bravo(2018) se coincide en determinar los criterios de diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas basándose en la NFPA 780 y la zona protegida es el resultado de las esferas imaginarias que tocan la punta de los pararrayos y son tangentes al terreno.

### 6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

#### DECLARACIÓN JURADA DE CONOCIMIENTO DEL CÓDIGO DE ÉTICA DE LA FUNCIÓN PÚBLICA (Ley N°27815)

Yo, Oscar Matheuz Ernau Huaman, identificado con DNI N.º 70599369, con domicilio en AA. HH 2 de julio Mz, C Lt. 14, Calle las amapolas – Distrito Callao - Provincia Callao - Departamento Callao, declaro bajo juramento, que tengo conocimiento de la siguiente normatividad:

- Ley N° 28496, "Ley que modifica el numeral 4.1 del artículo 4º y el artículo 11º de la Ley N° 27815, Ley del Código de Ética de la Función Pública".
- Decreto Supremo N° 033-2005-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley del Código de Ética de la Función Pública.

Asimismo, declaro que me comprometo a observarlas y cumplirlas en toda circunstancia.

Ciudad y Fecha: Callao, 04 de septiembre de 2023

Firma: .....

70599369

**DECLARACIÓN JURADA DE CONOCIMIENTO DEL CÓDIGO DE ÉTICA  
DE LA FUNCIÓN PÚBLICA (Ley N°27815)**

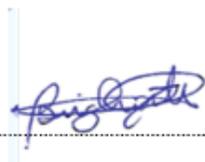
Yo, Katherine Brighith Cisneros Chavez, identificado con DNI N.º 71490127, con domicilio en Av. Caudevilla 113, Urb. Luciana – Distrito Carabaylo - Provincia Lima - Departamento Lima, declaro bajo juramento, que tengo conocimiento de la siguiente normatividad:

- Ley N° 28496, “Ley que modifica el numeral 4.1 del artículo 4° y el artículo 11° de la Ley N° 27815, Ley del Código de Ética de la Función Pública”.
- Decreto Supremo N° 033-2005-PCM, que aprueba el Reglamento de la Ley del Código de Ética de la Función Pública.

Asimismo, declaro que me comprometo a observarlas y cumplirlas en toda circunstancia.

Ciudad y Fecha: Lima, 04 de septiembre de 2023

Firma: .....



71490127

## VII. CONCLUSIONES

- Con el diseño y la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas se reducen los cortes espontáneos de energía eléctrica por impacto de rayos, ya que se realizó en base a lo especificado por las normas IEC 62305 y NFPA 780. Sin embargo, al no siempre poder tener una protección del 100% las personas deberán conocer las medidas de protección como alerta temprana y refugios existentes.
- En la organización del diseño del sistema de protección contra descargas atmosféricas se encuentra que la frecuencia tolerable del rayo es menor que la frecuencia anual de caída del rayo por lo cual se determina que sí es necesario colocar pararrayos según lo indica norma NFPA 780.
- Para el detalle de la selección de pararrayo se usa el método de la esfera rodante con el cual se seleccionan los pararrayos tipo Franklin, Terminales sobre techo y Jaulas de Faraday los cuales previene los cortes espontáneos de energía eléctrica.
- Con la realización de la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas se cumple con el decreto Supremo N° 024-2016-EM, que indica en las instalaciones mineras en superficie se deben contar con: Sistema de detección y alerta de tormentas eléctricas, protección contra rayo – pararrayos y refugio contra rayos, así como también se previenen los cortes de energía eléctrica por impactos del rayo y algún evento que pueda afectar la vida de los operadores.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Disponer de un sistema de detección y alerta de tormentas, en cada una de las zonas de influencia. Así mismo, para trabajos fuera de las indicadas en este estudio, se debe contar con refugios para tormentas, además de contar con equipos portátiles de detectores de tormentas.
- Todas las estructuras metálicas deben estar conectadas a un sistema de Puesta a Tierra, en el cual se recomienda tener una resistencia menor a los 25 ohmios.
- Deben re-evaluarse los riesgos en campo, con cierta periodicidad, para confirmar el presente estudio.
- Re-evaluarse cuando ocurran cambios en relación al contenido de la estructura.
- La medición de los sistemas de puesta a tierra debe ser medida con un equipo certificado.
- El Pararrayos debe ser de marca certificada, y la conexión del pararrayos deberá ser aislada por carretes de porcelana.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAENA, Guillermina. *Metodología de la investigación*. 3a. ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. ISBN 978-607-744-748-1

CHICA, Anibal, Análisis y Estudio para minimizar el riesgo por descargas atmosféricas y determinación de sitios desprotegidos en campus UCSG, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/11405/1/T-UCSG-PRE-TEC-IE-M-163.pdf>

ESCOBAR, J. 2009. El diseño en ingeniería. Disponible en:  
<http://ingenieriasimple.com/blog/blog/2009/03/09/el-diseno-en-ingenieria/>

GARCÍA, Darío. Dispositivo contador de descargas atmosféricas, 2019. Disponible en:  
<https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2102/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-048.pdf>

GONZÁLEZ Y MINCHALA, Estudio de las instalaciones eléctricas bajo la influencia de las descargas atmosféricas y la selección, forma y requerimientos de la aplicación del pararrayos para la aplicación de instalaciones, 2009. Disponible en:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/141/1/211.pdf>

GUANOLUISA, W., SAILEMA, J., Diseño de un sensor para campo eléctrico con el fin de identificar una descarga atmosférica, 2020. Disponible en:  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7889/1/PI-001701.pdf>

ILHUICATZI H., 2022. Sistema de protección contra descargas atmosféricas. Kinenergy. Disponible en:  
<https://www.kin.energy/blogs/post/sistema-de-proteccion-contra-descargas-atmosfericas>

LUJAN JUAN, Análisis de los criterios de diseño basados en las recomendaciones de la NFPA 780 para el desarrollo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas de una instalación eléctrica ubicada a la intemperie mediante pararrayos tipo Franklyn, 2018. Disponible en:  
[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1090/Juan%20Lujan\\_Tesis\\_Titulo%20Profesional\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1090/Juan%20Lujan_Tesis_Titulo%20Profesional_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

National Lightning Safety Institute, «Measured Lightning Activity Worldwide,» National Lightning Safety Institute, [En línea]. Disponible:

[http://www.lightningsafety.com/nlsi\\_info/world-lightning-activity.html](http://www.lightningsafety.com/nlsi_info/world-lightning-activity.html). [Último acceso: 10 May 2013].

NFPA 780, Norma para la instalación de Sistemas de Protección contra Rayos, 2014.

Norma Internacional IEC 62305-3, Daño físico a estructuras y riesgo humano, edición 2006. Disponible en: <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-del-desarrollo/circuitos-el-ectricos/iec-62305-3-pdf-free-estandar-nirmativo-iec/30272199>

PM4DEV [Project Management for Development Organizations] , Project Management Glossary of Terms, 2015.

PORTILLA JAVIER, Estudio de un Sistema de Protección Atmosférica Según Normas IEC 62305 Para una Nave Industrial en el Departamento de Junín, 2021. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67696/Portilla\\_SJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67696/Portilla_SJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

SALAZAR, P., 2019. *Aplicación de modelos de Feature Selection y Machine Learning para identificar inhibidores potentes de la tirosinasa*. Tesis [Ingeniero en Sistemas]. Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ, 2019. [fecha de consulta: 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8475/1/143730.pdf>

SANDOVAL A. Los siete tipos de problemas en el suministro eléctrico. *Fundamentos de circuitos eléctricos*. [En línea]. Octubre, 2020. [fecha de consulta: 11 de septiembre de 2023]

OSCANOA WILLIAM, Metodología de ubicación de pararrayos para optimizar su distribución en la línea de transmisión mollepata - cangallo 69kV, 2020. Disponible en:

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6484/T010\\_44251319\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6484/T010_44251319_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

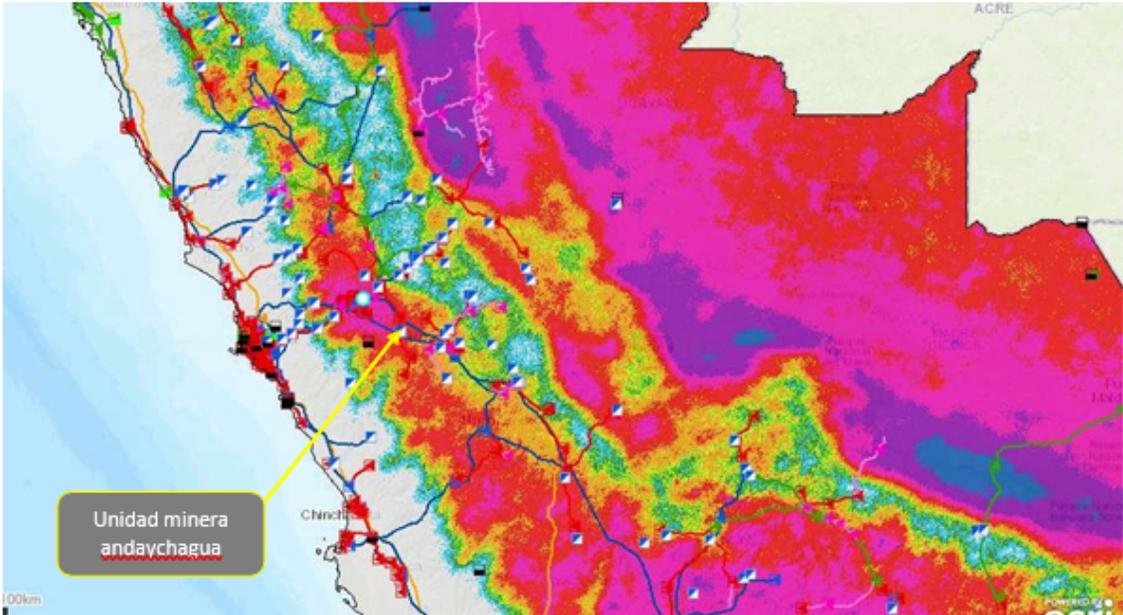
VILLA, W., et al. *Estimación de Parámetros del Suelo de dos Capas usando el Algoritmo de Optimización de Mapeo Media-Varianza*. La Serena. Febrero, 2019. **Vol.30**. ISSN: 0718-0764. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642019000100299#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20Wenner%20es,b%20es%20la%20profundidad%20de](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000100299#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20Wenner%20es,b%20es%20la%20profundidad%20de)

# ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA								
Descripción de la realidad problemática	Formulación del problema	Objetivos	Justificación	Delimitantes	Hipótesis	Variables	Indicadores y dimensiones	Metodología
<p>Las descargas atmosféricas han sido durante muchos años una gran molestia como consecuencia de la exposición a ellos, tanto para las instalaciones eléctricas de la mayoría de industrias como para las personas que trabajan en ellas (González y Minchala, 2009). Según la National Severe Storm Laboratory of Estados Unidos y el Servicio Nacional de Aprendizaje indican que alrededor del mundo la tierra es impactada por 100 rayos por segundo aproximadamente y en cualquier momento, lo que quiere decir que sufre 2000 descargas atmosféricas en simultáneo.</p> <p>Según ELAT (Corporación de Ambiente Eléctrico), organización adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil, en Perú, el número de muertes relacionadas con el trabajo por rayos y tormentas ocupa el tercer lugar en América Latina, al registrar una disminución de 2,3 por millón de peruanos.</p> <p>Según reporte del área de mantenimiento eléctrico mina de la UM Andaychagua el día miércoles 21 de diciembre del 2022 se presentó un evento de impacto de rayo en la SE N°1 Andaychagua nueva, circuito principal. Debido a este incidente la UM presentó una desconexión de energía eléctrica de aproximadamente 12 horas, lo que significó una paralización de la producción y pérdida de la celda que recibió el impacto directo (IN 6102), así como también la pérdida de la protección ya que los pararrayos se quemaron. Es por ello que, debido a la alta exposición de los empleados y equipos eléctricos situados en las instalaciones de la U.M Andaychagua a este fenómeno meteorológico, y a la falta de protección contra el peligro por tormentas eléctricas, se propone una implementación de sistema de protección contra descargas atmosféricas.</p>	<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo el diseño e implemento de un sistema de protección contra descargas atmosféricas previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cómo la organización del diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permite seleccionar el tipo de pararrayo que previene cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?</p> <p>¿¿Cómo el detalle de la selección del tipo de pararrayo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?</p> <p>¿¿Cómo la realización de la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Diseñar e implementar un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Organizar el diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permitirá seleccionar el tipo de pararrayo para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p>Detallar la selección del tipo de pararrayo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p>Realizar la implementación del sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p>	<p><b>Justificación por conveniencia</b> La implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas va a evitar la descargas atmosféricas directas e los equipos y personas y por consiguiente se tendrá una mayor seguridad.</p> <p><b>Justificación por relevancia social</b> La implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas beneficiará a los empleados de la U.M Andaychagua debido a que estarán protegidos ante posibles descargas atmosféricas.</p> <p><b>Justificación práctica</b> Con la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas se tendrán menores pérdidas materiales por el impacto del rayo.</p> <p><b>Justificación económica</b> Con la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas se evitarán los cortes espontáneos de energía eléctrica, dicho de otro modo; permitirá la continuidad de los procesos mineros sin interrupción.</p>	<p><b>Delimitación teórica</b> La línea de investigación se basó en la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas y de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p><b>Delimitación temporal</b> Se tuvo un corto tiempo debido a que la unidad minera no debe, bajo ningún concepto, estar desprotegida de las descargas atmosféricas.</p> <p><b>Delimitación espacial</b> La unidad de análisis de la investigación se refirió a la U.M Andaychagua, el lugar de la investigación se desarrolla en la provincia de Junín, Perú.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El diseño y la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas prevendrá cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> La organización del diseño de un sistema de protección contra descargas atmosféricas permitirá seleccionar el tipo de pararrayos que prevendrá cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p>El detalle de la selección del tipo de pararrayo del sistema de protección contra descargas atmosféricas prevendrá cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p> <p>La realización de la implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas prevendrá cortes espontáneos de energía eléctrica en la UM Andaychagua - VOLCAN.</p>	<p><b>Variable independiente</b> Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas</p> <p><b>Variable dependiente</b> Cortes espontáneos de energía eléctrica</p>	<p><b>Dimensiones:</b> Diseño Selección Implementación</p> <p><b>Indicadores:</b> Planos, memoria de cálculo. Sistema de captación del rayo, sistema de aterramiento. Sistema de captación del rayo, sistema de aterramiento, sistema de aislamiento.</p> <p><b>Dimensión:</b> Descargas atmosféricas</p> <p><b>Indicadores:</b> Frecuencia anual de caída del rayo. Frecuencia tolerable del rayo.</p>	<p>Tipo: aplicada</p> <p>Enfoque: cuantitativo Diseño: experimental</p> <p>Población: equipos que conforman las 94 áreas de la Unidad Minera Andaychagua.</p> <p>Muestra: equipos que conforman las 94 áreas de la Unidad Minera Andaychagua.</p> <p>Técnica: técnica documental y empírica</p>

Anexo 2: Mapa isoceráunico



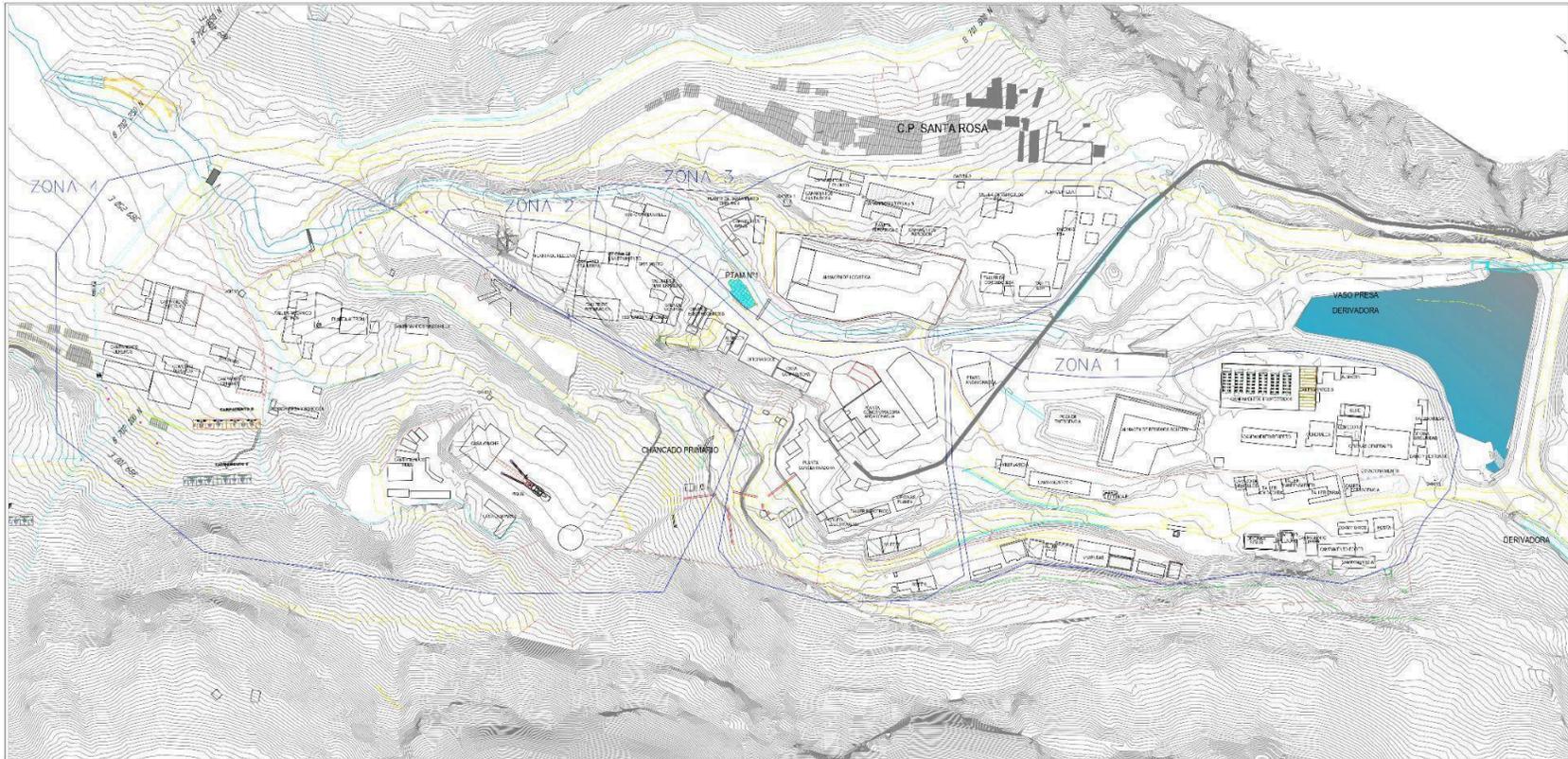
**Promedio de rayos por km2**

Promedio en los años 2013 al 2018

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 - 8
- 9 - 16
- 17 - 32
- 33 - 64
- 65 - 127

Unidad minera Andaychagua

### Anexo 3: Plano de planta de la zonificación



PLANTA  
ESC. 1:2000

LEYENDA	
	CANAL
	ACCESO (TRC+A CARROZABLE)
	AREA QUE OBTENDRAN

NOTA  
1. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM  
2. ELIPSOIDE DE REFERENCIA WGS 84  
3. TITULO 101

REVISIONES		
LV	REV POR	FECHA

LA INFORMACION  
CONTENIDA EN ESTE  
PLANO, HA SIDO  
PREPARADA PARA UN  
PROYECTO ESPECIFICO  
Y NO TIENE EL  
CARACTER DE  
CONFERENCIA. SU  
CUALQUIER OTRA  
REPRODUCCION O  
LA AUTORIZACION  
DE ESTA INFORMACION  
DEBE SER SOLICITADA  
A LA EMPRESA  
MINERA S.A.A.

DISEÑO  
O. PENABAZO  
DIBUJO  
M. ZAMBRANO  
REVISADO  
R. CARRERA  
PROYECTADO  
O. JAVAY  
ESCALA

**ANDAYCHAGUA**  
VOLCAN COMPANIA MINERAS S.A.A.  
JEFATURA DE PROYECTOS

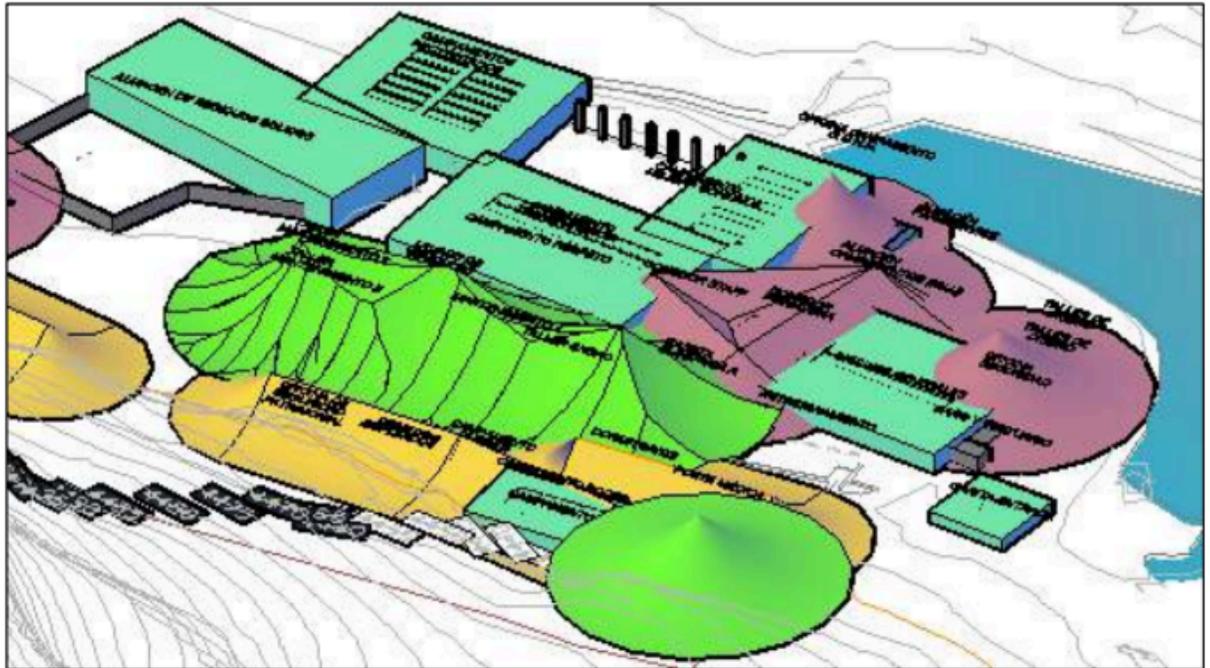
UNIDAD ACUMULACION ANDAYCHAGUA	
ESCALA	UBICACION AREAS QUE CONFORMAN PLANTA GENERAL
INDICADA	DICIEMBRE 2021

CODIGO PROYECTO	

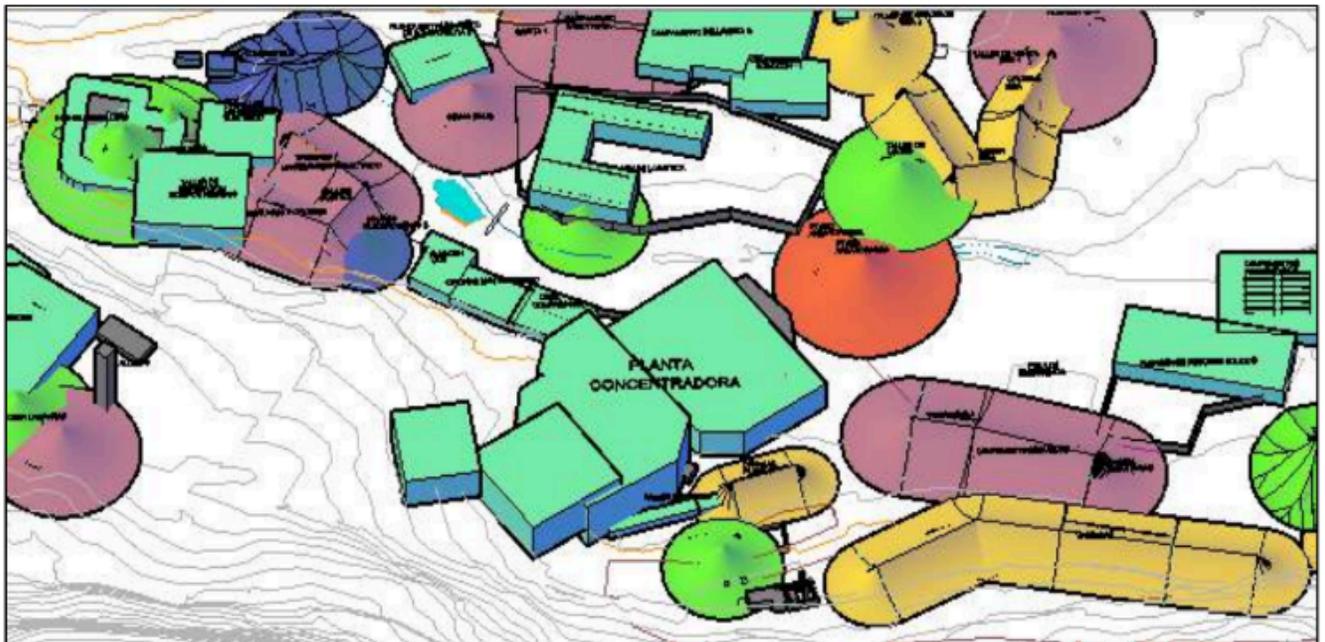
© 2021 VOLCAN COMPANIA MINERAS S.A.A. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. VENTA, COPIAS, REPRODUCCIONES O DISTRIBUCION DE ESTE MATERIAL SIN PERMISO DE VOLCAN COMPANIA MINERAS S.A.A. SON PROHIBIDAS.

Anexo 4: Modelado 3D de la protección propuesta

Zona 1

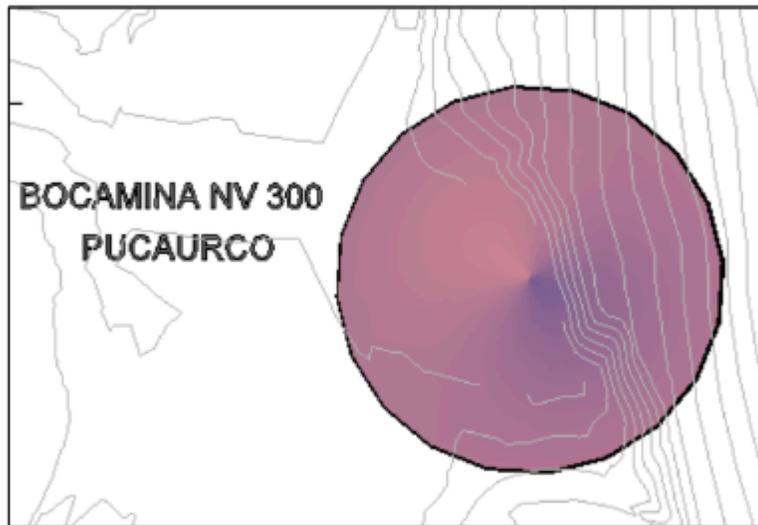
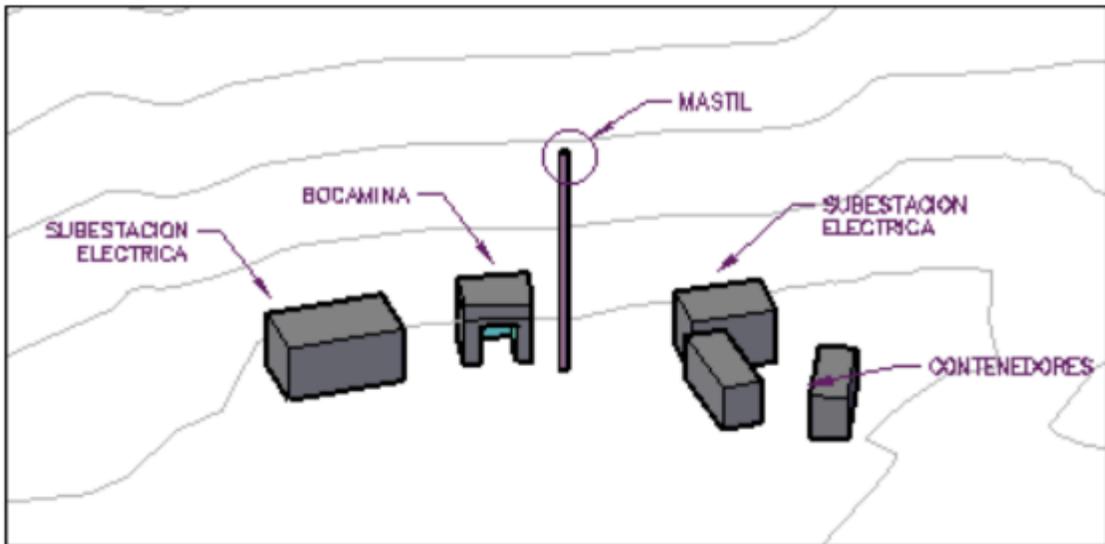


Zona 2

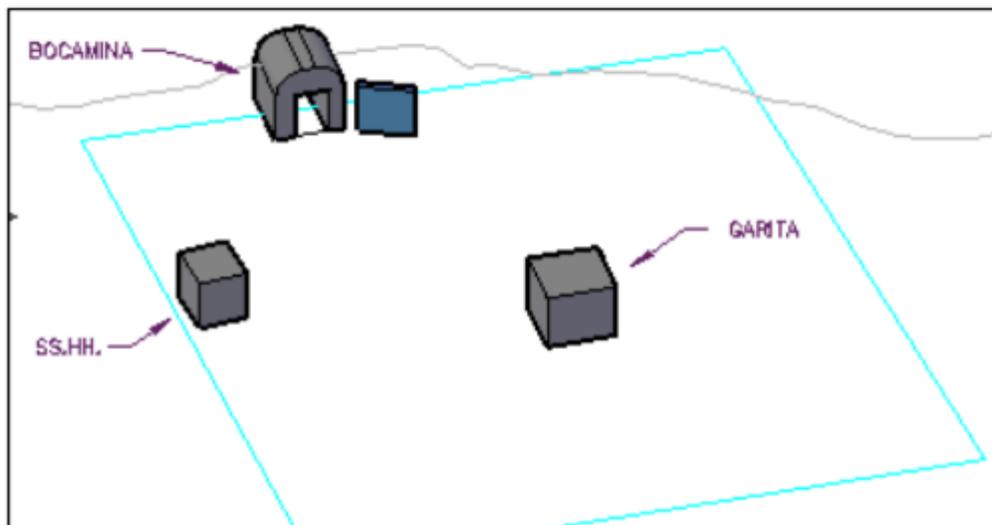


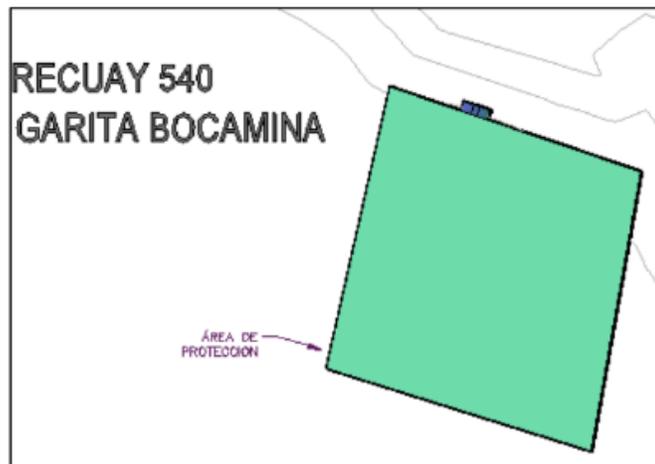


### Zona 5

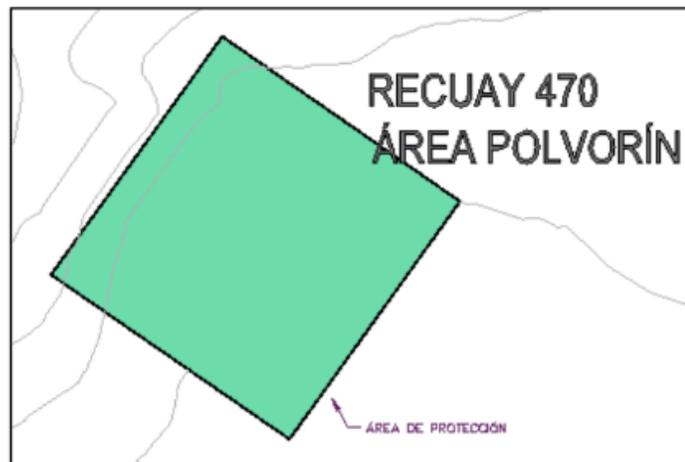
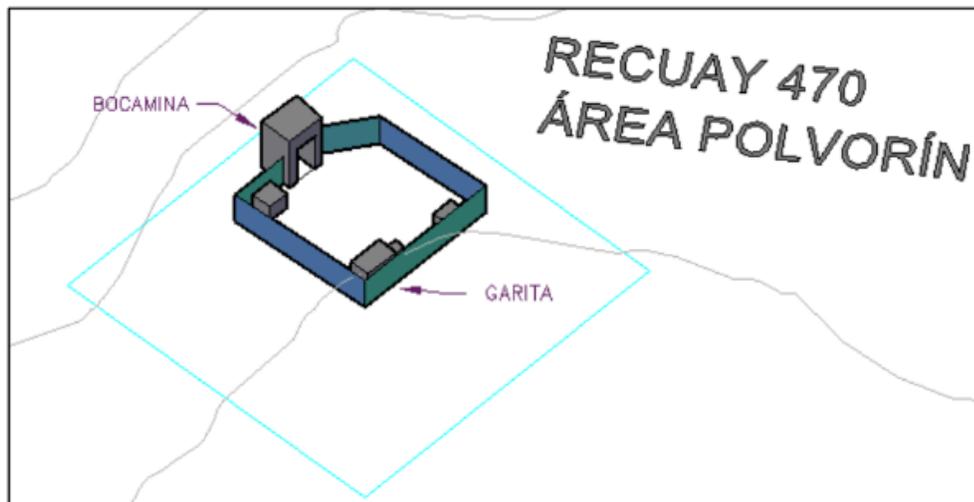


### Zona 6





Zona 7

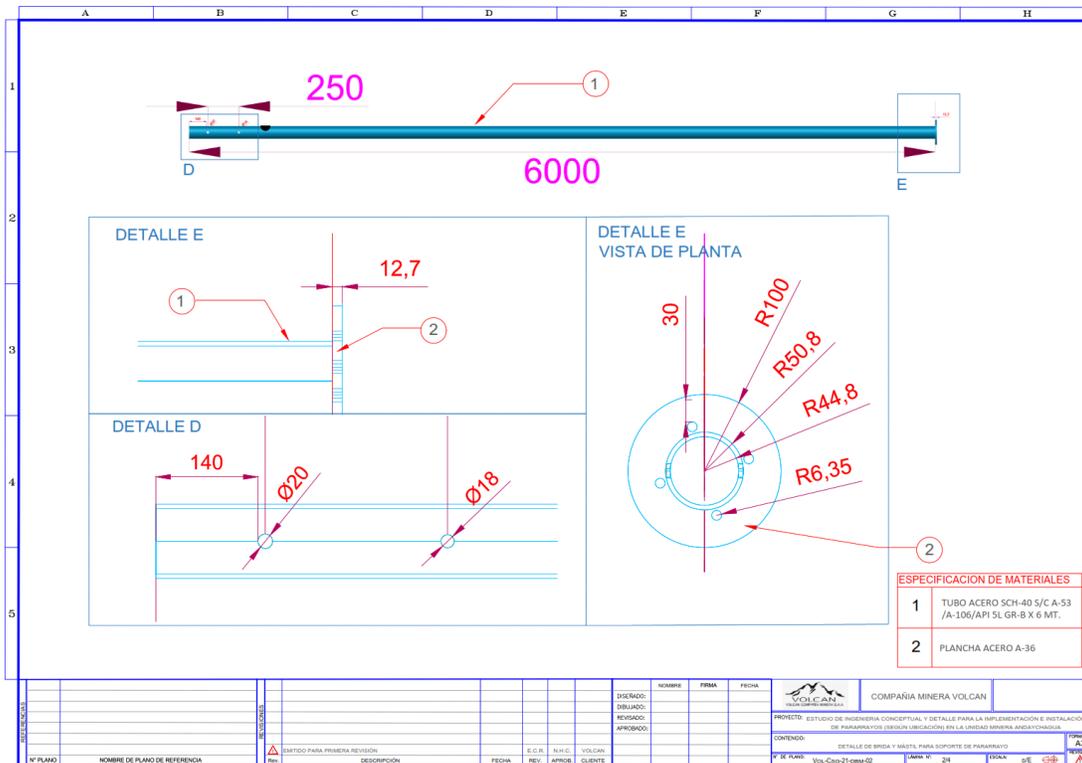
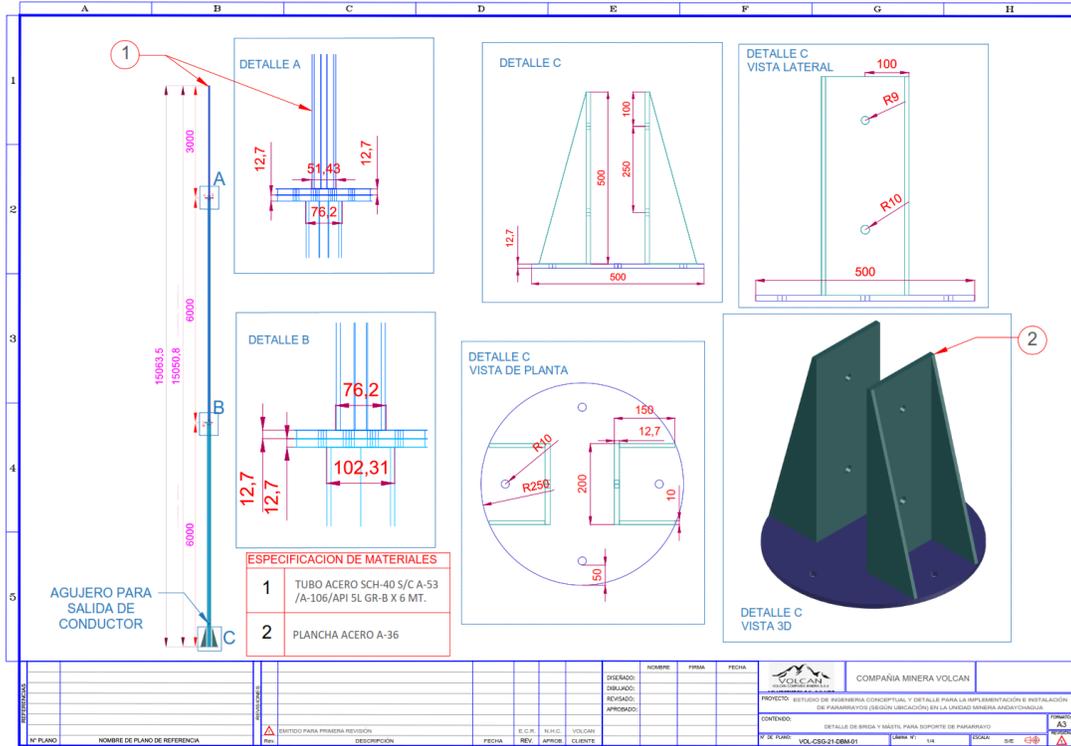


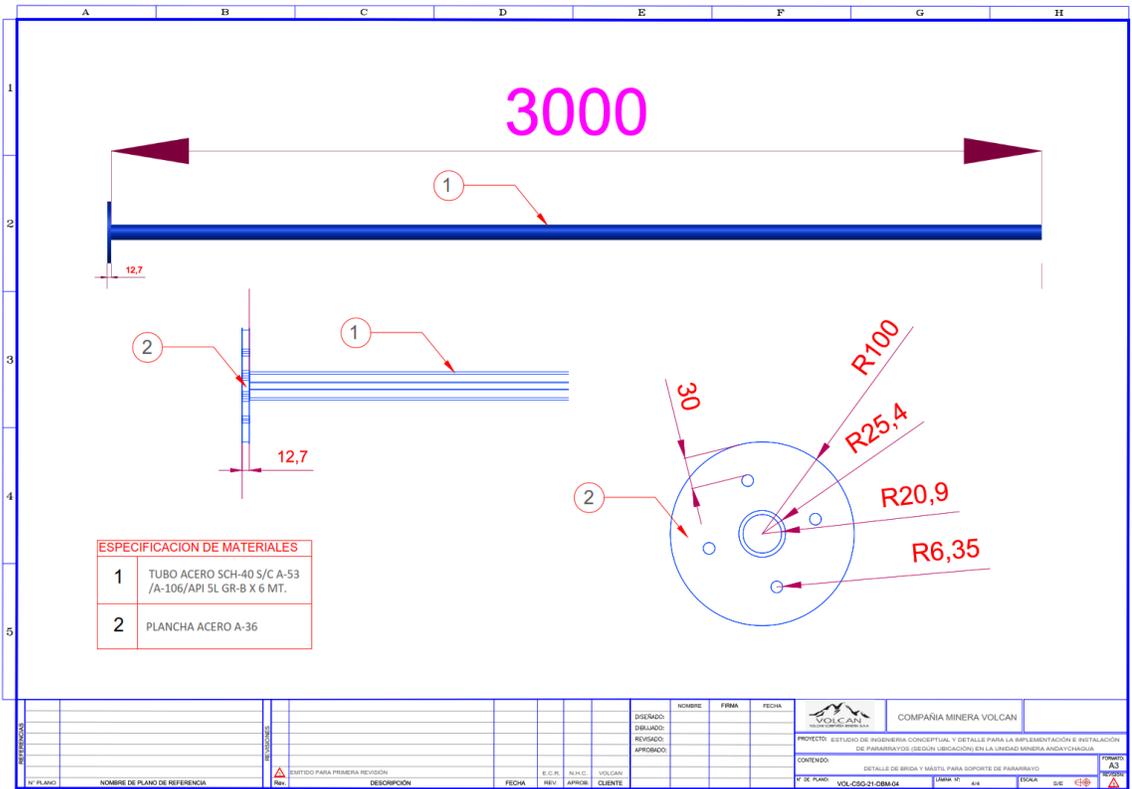
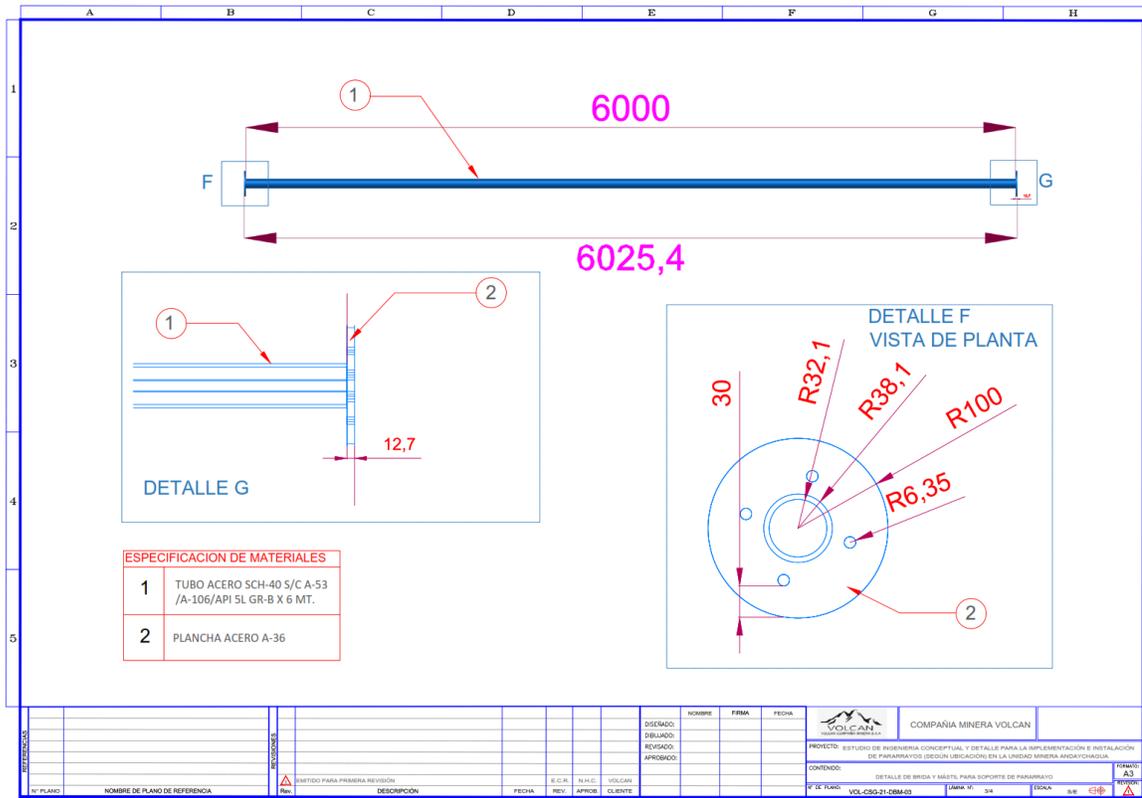
## Anexo 5: Evaluación de sistema de protección contra descargas atmosféricas

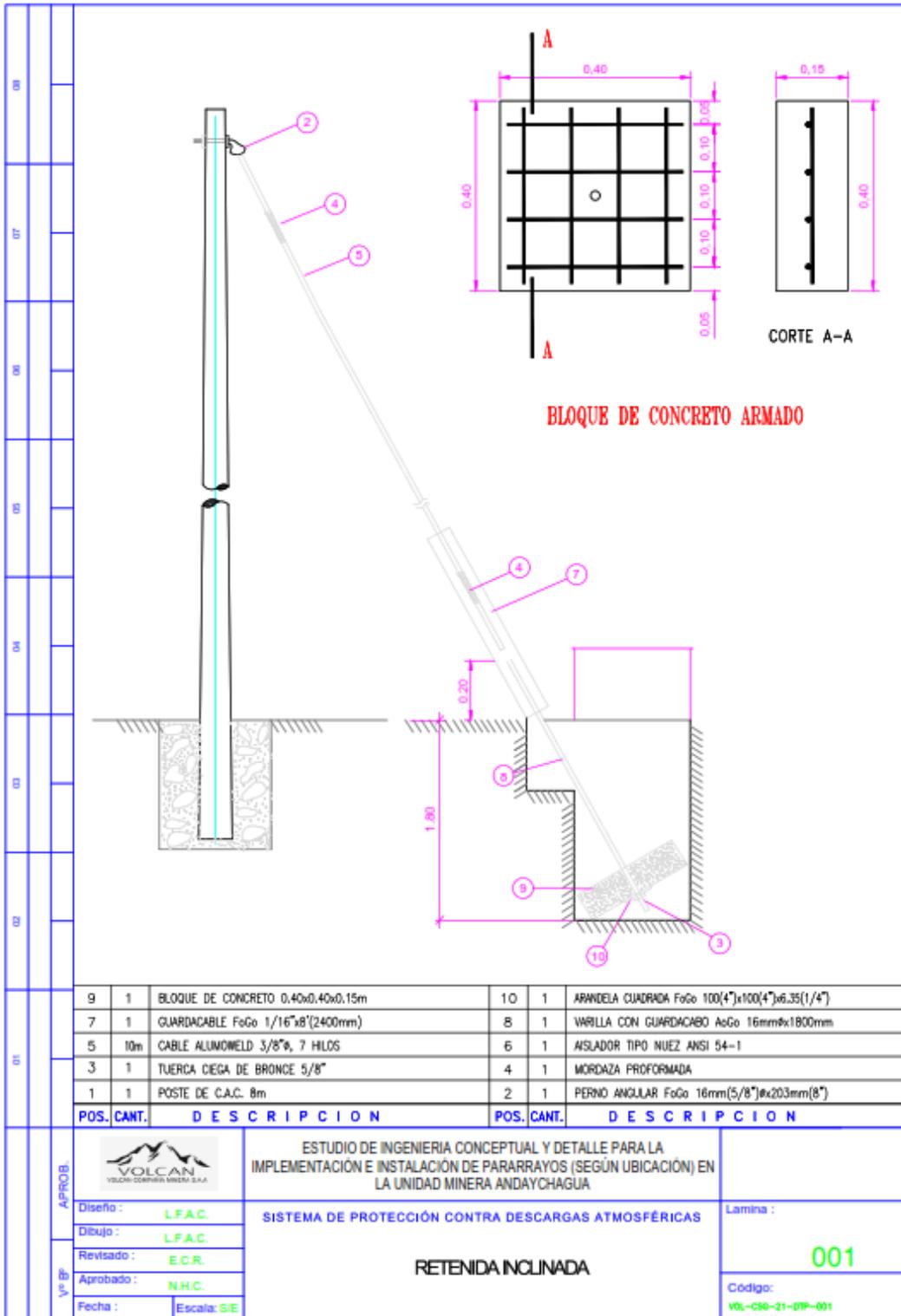
ITEM	ZONA	UBICACIÓN	COEFICIENTE TOLERABLE DE RAYOS - Nc	AREA DE IMPACTO EQUIVALENTE - Ae	AMENAZA ANUAL DE ACAECIMIENTO PREVISTA - Nd	REQUIERE PROTECCION CONTRA DESCARGAS	EFICIENCIA	NIVEL DE PROTECCION
1	1	GARITA ENTRADA	0.0006	308.822	0.000940	SI	0.3618156	IV
2	1	BAÑO Y VESTUARIO	0.003	955.641	0.002909	NO	0.0311666	-
3	1	OFICINA SEGURIDAD	0.0006	1,091.811	0.003324	SI	0.8194880	III
4	1	TALLER DE DISEÑO	0.0006	1,236.881	0.003766	SI	0.8406597	III
5	1	OFICINAS GENERALES	0.0006	3,961.777	0.012061	SI	0.9502534	II
6	1	COMEDOR PRIMAVERA	0.0006	2,021.207	0.006153	SI	0.9024914	III
7	1	ALMACEN CAMPAMENTOS (IGLU)	0.0003	1,316.390	0.004008	SI	0.9251419	III
8	1	COMEDOR STAFF	0.0006	1,690.249	0.005146	SI	0.8833988	III
9	1	CAMPAMENTO MEJORA CONTINUA	0.0006	2,748.465	0.008367	SI	0.9282927	III
10	1	OFICINA CAMPAMENTOS GGHH	0.0002	1,496.375	0.004556	SI	0.9560972	II
11	1	ALMACÉN PANASERVICE	0.0024	714.946	0.002177	NO	0.1026568	-
12	1	CAMPAMENTO TRANSPARENCIA	0.0006	2,800.115	0.008525	SI	0.9296154	III
13	1	CAMPAMENTO RESPETO	0.0006	1,930.741	0.005878	SI	0.8979226	III
14	1	CASETA ELECTRICA A	0.0006	399.190	0.001215	SI	0.5062870	IV
15	1	TALLER CNSAC	0.0003	1,871.381	0.005697	SI	0.9473423	III
16	1	TALLER DE MANTENIMIENTO 1	0.0003	2,324.138	0.007076	SI	0.9576004	II
17	1	TALLER DE MANTENIMIENTO 2	0.0003	3,123.352	0.009509	SI	0.9684497	II
18	1	OFICINA DE SEGURIDAD PATRIMONIAL	0.0002	1,377.455	0.004193	SI	0.9523070	II
19	1	COMEDOR EMPLEADOS	0.0006	1,169.041	0.003559	SI	0.8314131	III
20	1	CAMPAMENTO QUERER	0.0006	1,036.931	0.003157	SI	0.8099343	III
21	1	CAMPAMENTO PODER	0.0006	1,399.151	0.004260	SI	0.8591395	III
22	1	CAMPAMENTO A	0.0006	3,403.896	0.010363	SI	0.9421001	III
23	1	DORMITORIOS	0.0006	1,222.061	0.003720	SI	0.8387273	III
24	1	POSTA MÉDICA	0.0002	1,873.316	0.005703	SI	0.9649312	II
25	1	PTARD ANDAYCHAGUA	0.0012	1,414.204	0.004305	SI	0.7212777	IV
26	1	VESTUARIO A	0.003	2,459.525	0.007488	SI	0.5993432	IV
27	1	CAMPAMENTO SEGURIDAD	0.0006	2,925.360	0.008906	SI	0.9326288	III
28	1	CASETA ELECTRICA B	0.0006	280.991	0.000855	SI	0.2986060	IV
29	1	ALMACÉN DE RESIDUOS SÓLIDOS	0.0006	9,128.198	0.027790	SI	0.9784092	II
30	2	PLANTA DE RELLENO	0.0003	10,635.594	0.032379	SI	0.9907346	I
31	2	VESTUARIO Y TALLERES	0.0006	2,932.706	0.008928	SI	0.9327975	III
32	2	TALLER DE REPARACION EQUIPOS PESADOS	0.0003	7,478.374	0.022767	SI	0.9868230	I
33	2	OFICINA DE MANTENIMIENTO ELECTRICO	0.0006	2,174.559	0.006620	SI	0.9093678	III
34	2	VESTUARIO Y OFICINAS	0.0002	2,424.395	0.007381	SI	0.9729025	II
35	2	TALLERES Y MANTENIMIENTO ELECTRICO	0.0003	1,847.320	0.005624	SI	0.9466565	III
36	2	SALA DE CONTROL	0.0002	658.797	0.002006	SI	0.9002803	III
37	2	GRUPO ELECTRÓGENO B	0.0001	1,758.920	0.005355	SI	0.9813252	I
38	2	ALMACEN COE	0.0006	1,633.036	0.004972	SI	0.8793137	III
39	2	OFICINAS MANTENIMIENTO	0.0002	1,653.576	0.005034	SI	0.9602709	II
40	2	CASA COMPRESORA	0.0003	1,626.140	0.004951	SI	0.9394009	III
41	2	PLANTA CONCENTRADORA	0.0002	52,521.238	0.159894	SI	0.9987492	I
42	2	TALLER ELECTRICO	0.000075	2,295.442	0.006988	SI	0.9892676	I
43	2	OFICINAS PLANTA	0.0002	1,319.761	0.004018	SI	0.9502220	II
44	2	SS.EE - A	0.0006	1,988.021	0.006052	SI	0.9008637	III
45	2	SS.EE - B	0.0006	1,425.641	0.004340	SI	0.8617569	III
46	2	VIVIENDAS	0.0003	4,251.095	0.012942	SI	0.9768195	II
47	3	ALMACEN IESA	0.0012	1,287.301	0.003919	SI	0.6938011	IV
48	3	TALLER DE VEHICULOS IESA 1	0.0003	3,195.905	0.009730	SI	0.9691660	II
49	3	OFICINAS IESA	0.0002	2,075.470	0.006318	SI	0.9683469	II
50	3	TALLER IESA	0.0003	996.370	0.003033	SI	0.9010984	III
51	3	TALLER DE LOGEO	0.0003	2,971.913	0.009048	SI	0.9668421	II
52	3	TALLER DE VEHICULOS IESA 2	0.0003	3,195.905	0.009730	SI	0.9691660	II
53	3	GARITA 2	0.0006	270.410	0.000823	SI	0.2711622	IV

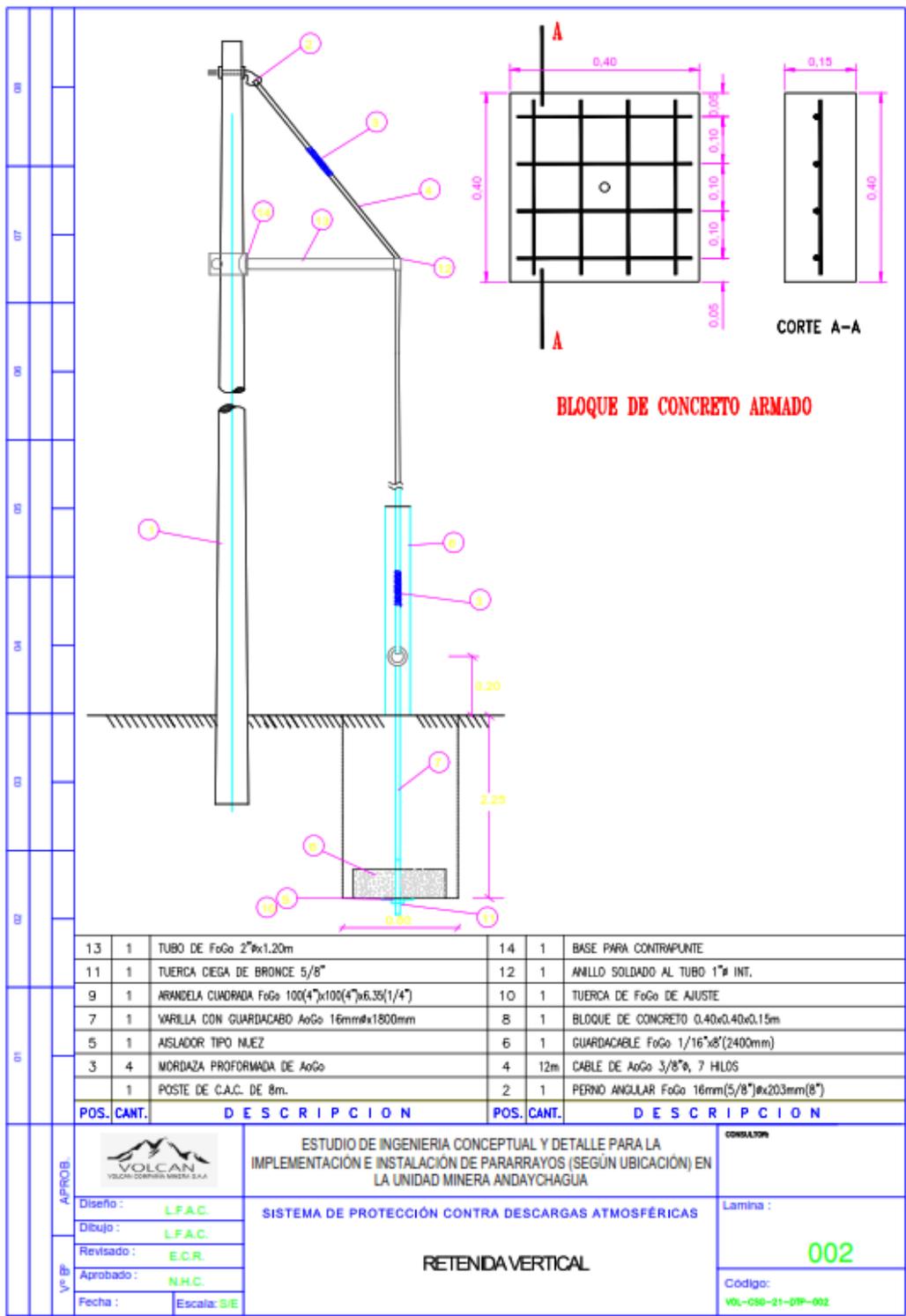
54	3	CAMPAMENTO ROBOCON	0.0006	3,127.021	0.009520	SI	0.9369735	III
55	3	CAMPAMENTO BELLAVISTA A	0.0006	4,861.069	0.014799	SI	0.9594564	II
56	3	CAMPAMENTO BELLAVISTA B	0.0006	3,986.701	0.012137	SI	0.9505644	II
57	3	SSEE SANTA ROSA	0.0006	443.311	0.001350	SI	0.5554250	IV
58	3	CAMPAMENTO PLOMOS	0.0006	1,934.228	0.005889	SI	0.8981066	III
59	3	CAMPAMENTO SANTA ROSA	0.0006	1,555.898	0.004737	SI	0.8733303	III
60	3	GARITA 1	0.0006	270.410	0.000823	SI	0.2711622	IV
61	3	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA CHELITA II	0.0006	2,508.878	0.007638	SI	0.9214449	III
62	3	CAMPAMENTO SIRIUS (IGLU)	0.0003	1,149.611	0.003500	SI	0.9142819	III
63	3	ALMACEN LOGISTICA	0.0002	20,512.896	0.062449	SI	0.9967974	I
64	3	GRIFO DE COMBUSTIBLE	0.00005	1,441.771	0.004389	SI	0.9886086	I
65	4	PIQUE LETTS	0.0006	126,559.340	0.385293	SI	0.9984427	I
66	4	CASA LAMPARAS	0.0006	2,517.780	0.007665	SI	0.9217227	III
67	4	CASA WINCHE	0.0002	9,892.094	0.030115	SI	0.9933588	I
68	4	CAMPAMENTOS HSEC	0.0006	3,890.470	0.011844	SI	0.9493416	III
69	4	GARITA 3	0.0006	251.542	0.000766	SI	0.2164910	IV
70	4	MASTER DRILLING PERU	0.0006	1,003.070	0.003054	SI	0.8035180	III
71	4	PLANTA CONCRETO ALTRON	0.0006	9,204.440	0.028022	SI	0.9785880	II
72	4	TALLER MECANICO ALTRON	0.0006	9,233.562	0.028110	SI	0.9786556	II
73	4	ROBOCON	0.0006	1,785.878	0.005437	SI	0.8896425	III
74	4	HABILITACIÓN DE FIERROS	0.0006	1,075.361	0.003274	SI	0.8167266	III
75	4	GARITA 4	0.0006	281.332	0.000856	SI	0.2994562	IV
76	4	SINDICATO	0.0006	1,705.777	0.005193	SI	0.8844602	III
77	4	CAMPAMENTO OBREROS 1	0.0006	2,589.725	0.007884	SI	0.9238973	III
78	4	COMEDOR OBREROS	0.0006	1,480.161	0.004506	SI	0.8668489	III
79	4	CAMPAMENTO OBREROS 2	0.0006	1,843.426	0.005612	SI	0.8930876	III
80	4	CAMPAMENTO OBREROS 3	0.0006	1,892.628	0.005762	SI	0.8958670	III
81	4	CAMPAMENTO D	0.0006	1,658.071	0.005048	SI	0.8811359	III
82	4	CAMPAMENTO E	0.0006	1,583.051	0.004819	SI	0.8755030	III
83	4	CAMPAMENTO F	0.0006	1,655.551	0.005040	SI	0.8809550	III
84	4	CAMPAMENTO G	0.0006	1,658.071	0.005048	SI	0.8811359	III
85	4	CAMPAMENTO H	0.0006	1,669.171	0.005082	SI	0.8819264	III
86	4	CAMPAMENTO J	0.0006	1,655.551	0.005040	SI	0.8809550	III
87	4	CAMPAMENTO K	0.0006	1,658.071	0.005048	SI	0.8811359	III
88	4	CAMPAMENTO L	0.0006	1,658.071	0.005048	SI	0.8811359	III
89	4	CAMPAMENTO M	0.0006	1,655.551	0.005040	SI	0.8809550	III
90	4	CAMPAMENTO N	0.0006	1,021.471	0.003110	SI	0.8070576	III
91	4	CAMPAMENTO O	0.0006	1,651.251	0.005027	SI	0.8806450	III
92	5	BOCAMINA NV 300 PUCAURCO	0.0012	1,358.320	0.004135	SI	0.7098104	IV
93	6	RECUAY 540 GARITA BOCAMINA	0.0006	1,132.786	0.003449	SI	0.8260174	III
94	7	RECUAY 470 ÁREA POLVORÍN	0.0006	840.495	0.002559	SI	0.7655131	IV

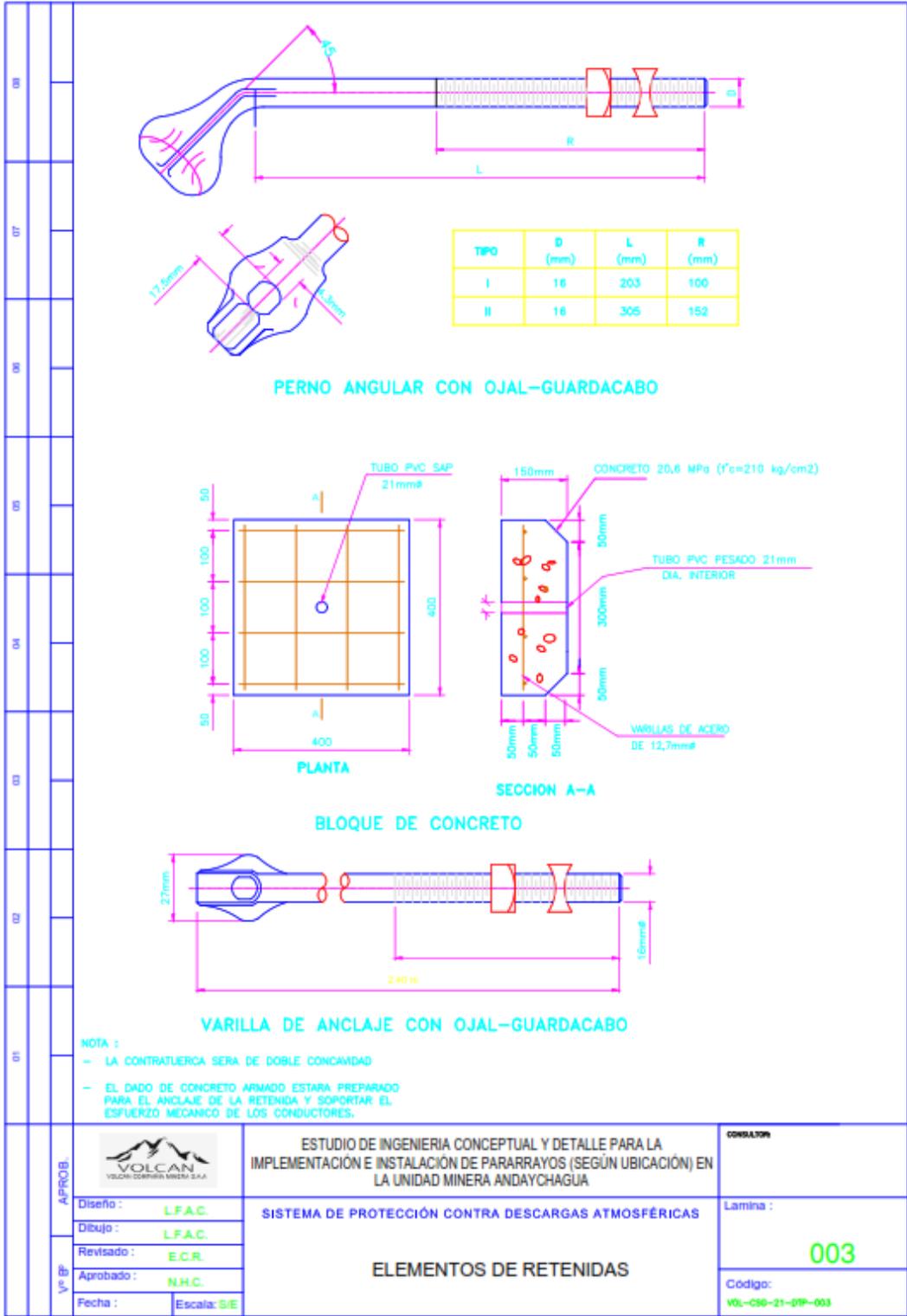
## Anexo 6: Planos de fabricación

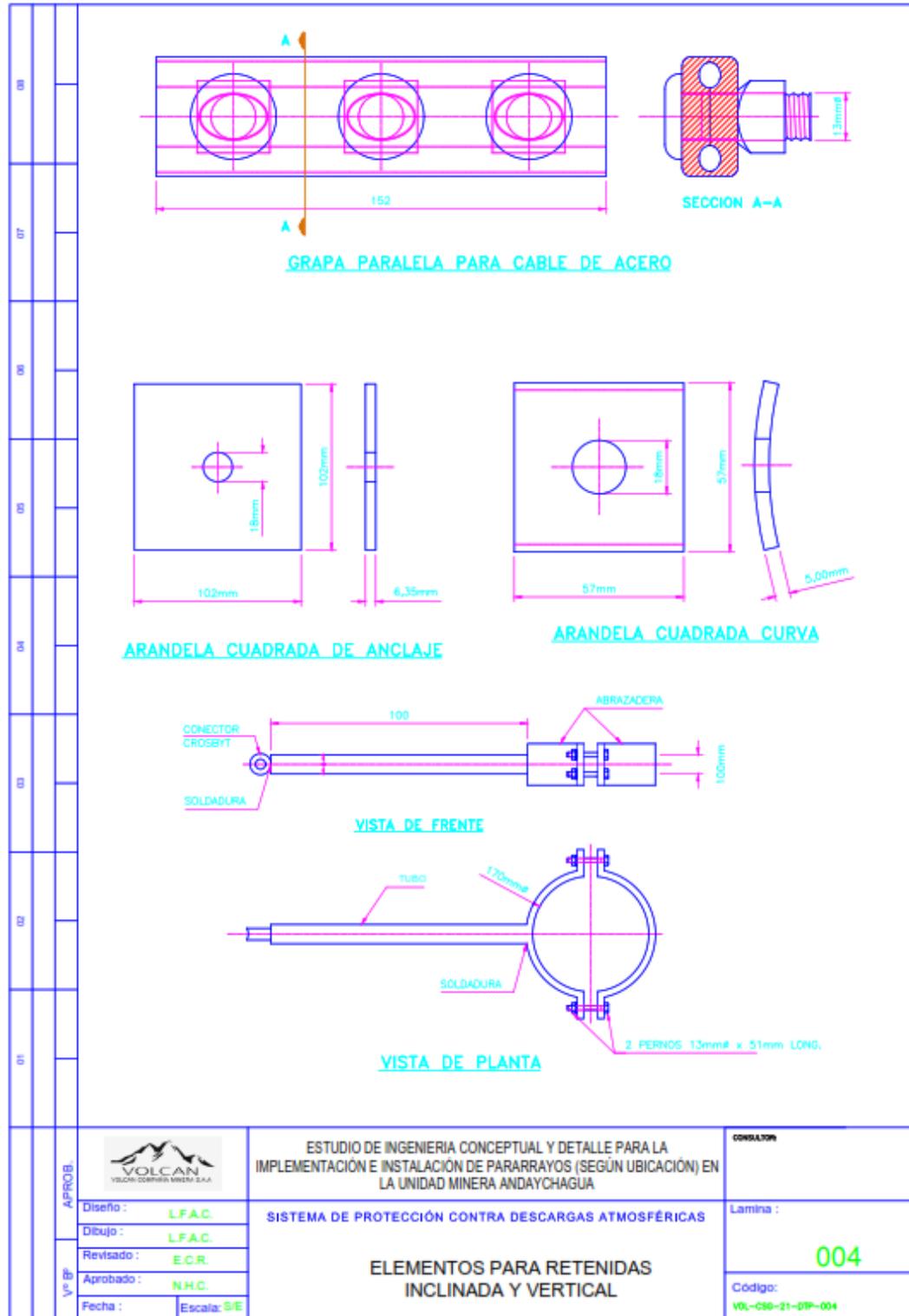




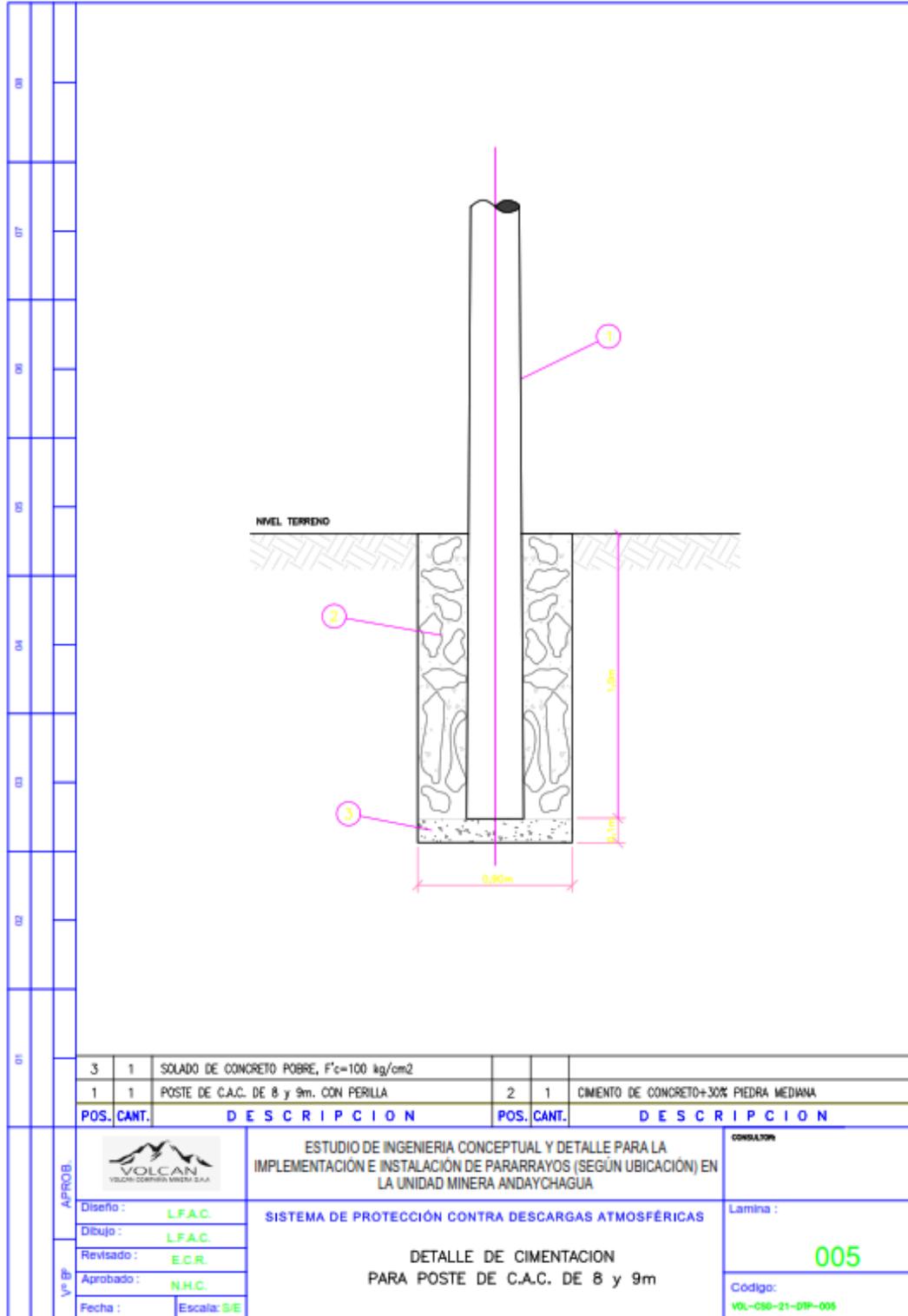




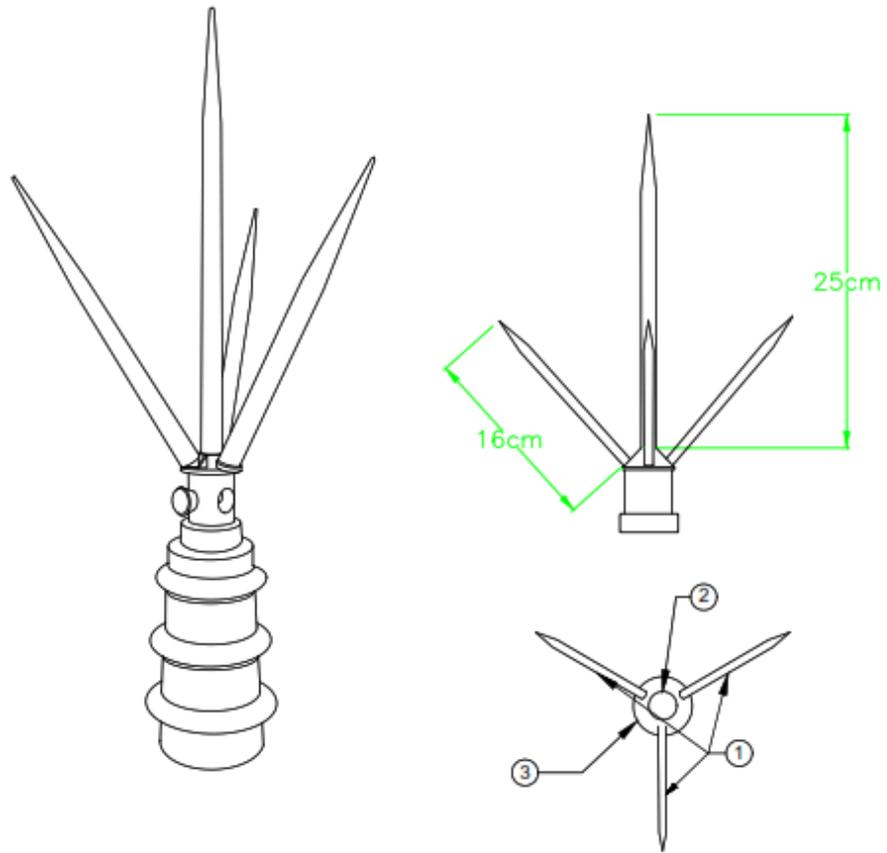




Vº Eº APROB.		ESTUDIO DE INGENIERIA CONCEPTUAL Y DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS (SEGÚN UBICACIÓN) EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA	CONSULTOR
	Diseño : LFAC.	SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  <b>ELEMENTOS PARA RETENIDAS          INCLINADA Y VERTICAL</b>	Lamina :
	Dibujo : LFAC.		004
	Revisado : E.C.R.		Código :
	Aprobado : N.H.C.		VOL-C60-21-DIP-004
Fecha : Escala: S/E			



## PARARRAYO TETRAPUNTAL FRANKLIN



LISTA DE PIEZAS			
PIEZA	CANTIDAD	N DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ASTA LATERAL	BRONCE CROMADO 7/16"
2	1	ASTA CENTRAL	BRONCE CROMADO 7/16"
3	1	BASE CONECTOR	BRONCE CROMADO

Vº FB		ESTUDIO DE INGENIERIA CONCEPTUAL Y DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE PARARRAYOS (SEGÚN UBICACIÓN) EN LA UNIDAD MINERA ANDAYCHAGUA	CONSULTOR
	Diseño : L.F.A.C.	SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS  <b>PARARRAYO TETRAPUNTAL FRANKLIN</b>	Lamina :
	Dibujo : L.F.A.C.		<b>007</b>
	Revisado : E.C.R.		Código :
	Aprobado : N.H.C.		VOL-C60-21-DTP-008
Fecha : Escala: SE			

## Anexo 7: Instrumentos

### Protocolo de medición de resistividad de suelo



Protocolo de Pruebas - Operaciones

#### PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

##### PROYECTO

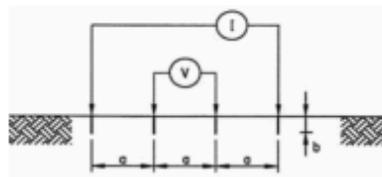
FECHA : 15/05/2023

##### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO  
1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

##### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN  
2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.  
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2  
2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



##### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 1 - Campamento Respeto (Mejora Continua)  
3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con pequeñas rocas.

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

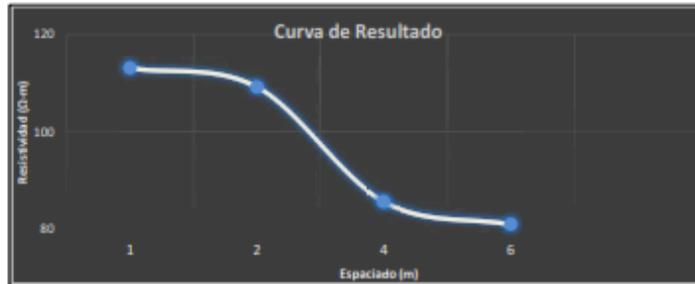
FECHA : 15/09/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	18
2da	2	8.69
3ra	4	3.41
4ta	6	2.15

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	113.0973355
2da	2	109.2017606
3ra	4	85.70264759
4ta	6	81.05309046



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor



## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

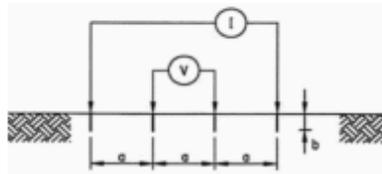
FECHA : 15/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO  
1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN  
2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.  
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2  
2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 1 - Atrás de comedor STAFF  
3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con pequeñas rocas

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 13/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	15.08
2da	2	7.71
3ra	4	4.13
4ta	6	2.54

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	94.75043443
2da	2	96.88671744
3ra	4	103.7982213
4ta	6	95.75574408



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

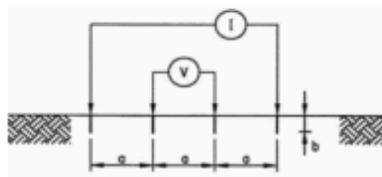
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

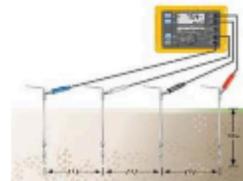
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 1 - POSTA MÉDICA (frente a la posta).

3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con desnivel para la parte superior

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 13/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	16.67
2da	2	10.24
3ra	4	6.78
4ta	6	4.66

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	104.7406991
2da	2	128.6796351
3ra	4	170.3999855
4ta	6	175.6778612



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 15/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

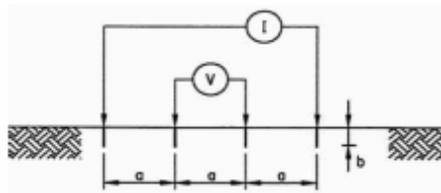
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

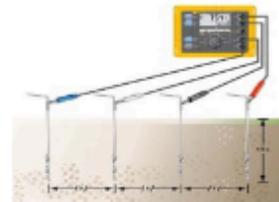
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi Ra$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 2 - Al costado de Planta Concentradora

3.2 Descripción de tierra : Tierra generalmente húmeda

#### 4 MEDICIONES

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	18
2da	2	9.22
3ra	4	3.77
4ta	6	2.93

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	113.0973355
2da	2	115.8619371
3ra	4	94.75043443
4ta	6	110.4583977



## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 15/05/2023



### 5 CONCLUSIONES:

---

Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.3 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

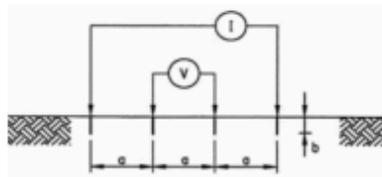
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

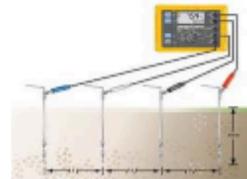
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 3 - TALLER DE IESA

3.2 Descripción de tierra : Ligeramente húmedo

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 13/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

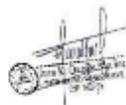
Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	13.6
2da	2	6.89
3ra	4	3.1
4ta	6	2.24

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	85.45132018
2da	2	86.58229353
3ra	4	77.91149781
4ta	6	84.44601053



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor



## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

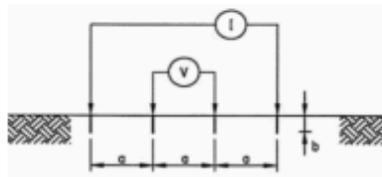
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 3 - CAMPAMENTO BELLAVISTA (detrás del campamento).

3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con pastisal.

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 15/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	9.53
2da	2	10.14
3ra	4	9.88
4ta	6	5.41

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	59.87875598
2da	2	127.422998
3ra	4	248.3114833
4ta	6	203.9521951



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

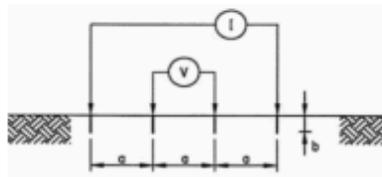
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

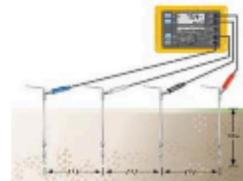
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 3 - SANTA ROSA (Entrada de campamentos)

3.2 Descripción de tierra : Tierra con pastisal

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 15/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	49.2
2da	2	28.7
3ra	4	10.9
4ta	6	6.4

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	309.1327171
2da	2	360.6548366
3ra	4	273.9468794
4ta	6	241.2743158



**5 CONCLUSIONES:**

---

Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

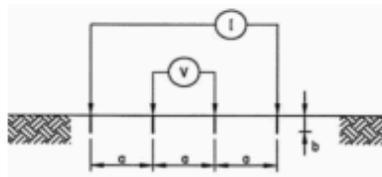
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

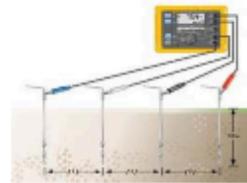
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 3 - PLANTA DE TRATAMIENTO CHELITA II (detrás de planta).

3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con presencia de rocas pequeñas

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 15/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	33.4
2da	2	11.08
3ra	4	4.43
4ta	6	2.78

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	209.8583893
2da	2	139.2353864
3ra	4	111.3380436
4ta	6	104.8035309



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor

## PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA

### PROYECTO

FECHA : 13/05/2023

#### 1 UBICACIÓN

1.1 Equipos : TELURÓMETRO

1.2 Distrito : Huayhuay Provincia : Yauli Departamento : Junin

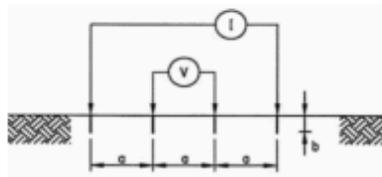
#### 2 DATOS DE LA MEDICIÓN

2.1 Solicitante : CIA MINERA VOLCAN

2.2 Mediciones : Resistividad de Puesta a Tierra en ohm/metro.

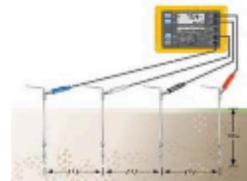
2.3 Equipo Utilizado : Fluke 1623.2  
Serie: ST142405720B2

2.4 Metodo de medición : Metodo de Wenner (Desarrollo de Dr. Frank Wenner)



$$\rho = 2\pi R a$$

Se asume que  $a \gg b$ .



#### 3 INFORMACIÓN DEL TERRENO A MEDIR LA RESISTIVIDAD DE TIERRA

3.1 Detalle de la ubicación : ZONA 4 - CAMPAMENTO OBREROS

3.2 Descripción de tierra : Tierra húmeda con pastisal y rocas pequeñas.

**PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE RESISTIVIDAD DE TIERRA**

**PROYECTO**

FECHA : 15/05/2023

**4 MEDICIONES**

Ruta N°1

Medición	Distancia "a"	Resistencia medida "R"
1ra	1	27.5
2da	2	7.25
3ra	4	3.05
4ta	6	2.14

Medición	Distancia "a"	Resistividad ( $\Omega/m$ ) $\rho$
1ra	1	172.7875959
2da	2	91.10618695
3ra	4	76.65486075
4ta	6	80.67609934



**5 CONCLUSIONES:**

---



Firma Responsable

Firma de supervisor

Anexo 8: Montaje





**Anexo 9: Consentimiento informado en caso de ser necesario**



Yauli, 11 de setiembre de 2023.

Sr. Ingeniero:  
**ANGEL RUBEN PAZ BUSTIOS**  
Gerente General de Operaciones  
Unidad Minera Andaychagua  
**VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.**

Presente. –

De mi mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, a la vez, solicitarle, por favor, su autorización para hacer uso del nombre y datos de la UM Andaychagua, en el proyecto de tesis que desarrollaré para la obtención de mi título profesional en la Universidad Nacional del Callao – UNAC.

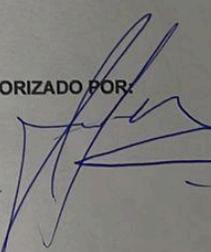
Permítame señalarle brevemente que la investigación a la que hago referencia no solo tiene un objetivo académico personal, sino que busca coadyuvar el método de protección eléctrica de nuestra propia unidad para hacerlo más eficiente desde el punto de vista eléctrico. De hecho, esa es la razón por la cual mi proyecto de tesis se titula: "Diseño e implementación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas para prevenir cortes espontáneos de energía eléctrica en la unidad minera Andaychagua - VOLCAN".

En ese sentido, por las razones mencionadas, quedo atenta a su respuesta esperando obtener el consentimiento solicitado, el cual ya cuenta el V° B° de mi Superintendente de Mantenimiento, el Ing. Erick Italo Camargo Rodriguez.

Sin otro particular, queda de usted:

  
Katherine Brighith Cisneros Chavez  
Practicante Profesional de Mantenimiento  
UM Andaychagua  
VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.

AUTORIZADO POR:

  
Erick Camargo R.  




Datos generales Datos de operación Paquetes de mantenimiento preventivo Documentos Permisos

Operaciones																														
Estándar <span>▼</span> <span>nuevos</span> <span>🗑️</span> <span>📄</span> <span>🔍</span> <span>📄</span> <span>⚙️</span>																														
<input checked="" type="checkbox"/>	N	I.	F	Σ	Descripción	T	C...	Δ	P...	C...	Objeto...	Deno...	C	Deno...	C	T	T...	U...	C...	C...	U...	D...	U...	C...	E	P...	M...	Cl...	Gr...	Or...
<input checked="" type="checkbox"/>	0..	3..			INSPECCIO...	📄	P...	00...	EL...	M...					2	C..	4.0	HRA	2	0...		2.0	HRA	P...		0.00	PEN			
<input type="checkbox"/>																	0.0		0	0...		0.0			0.00					
<input type="checkbox"/>																	0.0		0	0...		0.0			0.00					
<input type="checkbox"/>																	0.0		0	0...		0.0			0.00					
<input type="checkbox"/>																	0.0		0	0...		0.0			0.00					

Texto explicativo de la operación 🔗 ✕

Denominación de una operación:

Texto explicativo:

001 : SI ( ) NO ( ) Revisar del cabezal del pararrayo.

---

002 : SI ( ) NO ( ) Comprobar el amarre.

---

003 : SI ( ) NO ( ) Verificar si esta oxidado del mástil.

---

004 : SI ( ) NO ( ) Revisar el cable conductor del pararrayo (revisar amarre, conectores y cilindro de protección)

---

005 : SI ( ) NO ( ) Revisar la puesta tierra. Revisar amarres, conectores y medida de la resistencia.

---

006 : SI ( ) NO ( ) Mejorar las tomas de tierra actuales, o bien acrecentar su tamaño o bien número (en caso de que sea necesario)

OK Cancelar

- 001 : SI ( ) NO ( ) Revisar del cabezal del pararrayo.

---

- 002 : SI ( ) NO ( ) Comprobar el amarre.

---

- 003 : SI ( ) NO ( ) Verificar si esta oxidado del mástil.

---

- 004 : SI ( ) NO ( ) Revisar el cable conductor del pararrayo (revisar amarre, conectores y cilindro de protección)

---

- 005 : SI ( ) NO ( ) Revisar la puesta tierra. Revisar amarres, conectores y medida de la resistencia.

---

- 006 : SI ( ) NO ( ) Mejorar las tomas de tierra actuales, o bien acrecentar su tamaño o bien número (en caso de que sea necesario)

---

- 007 : SI ( ) NO ( ) Revisar el contador de rayos.

---

- 008 : SI ( ) NO ( ) Verificar que ningún elemento nuevo ha variado las condiciones del estudio de instalación respecto al pararrayo original

---

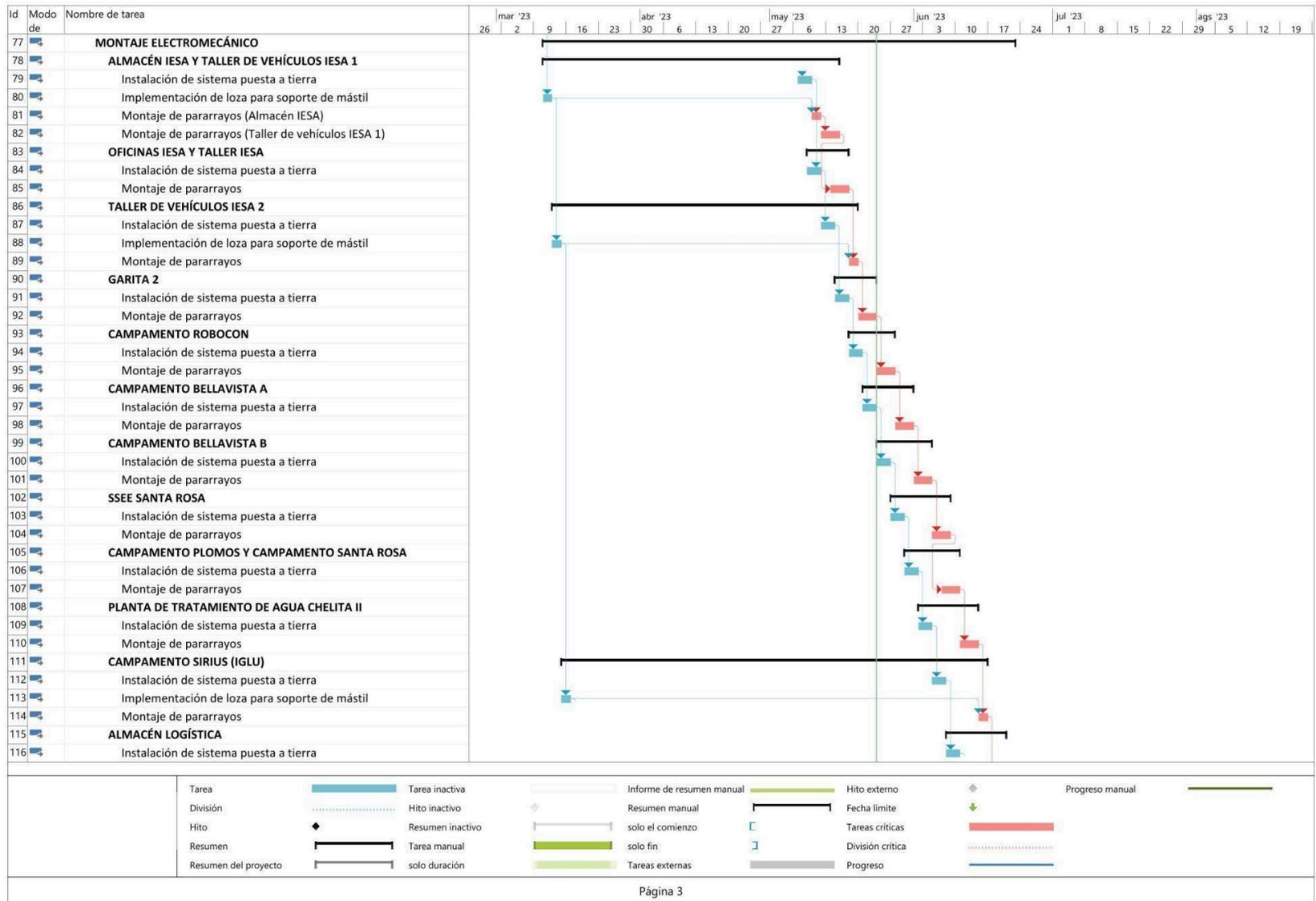
- 009 : SI ( ) NO ( ) Revisar el protector contra sobretensiones, que resguarda la instalación eléctrica.

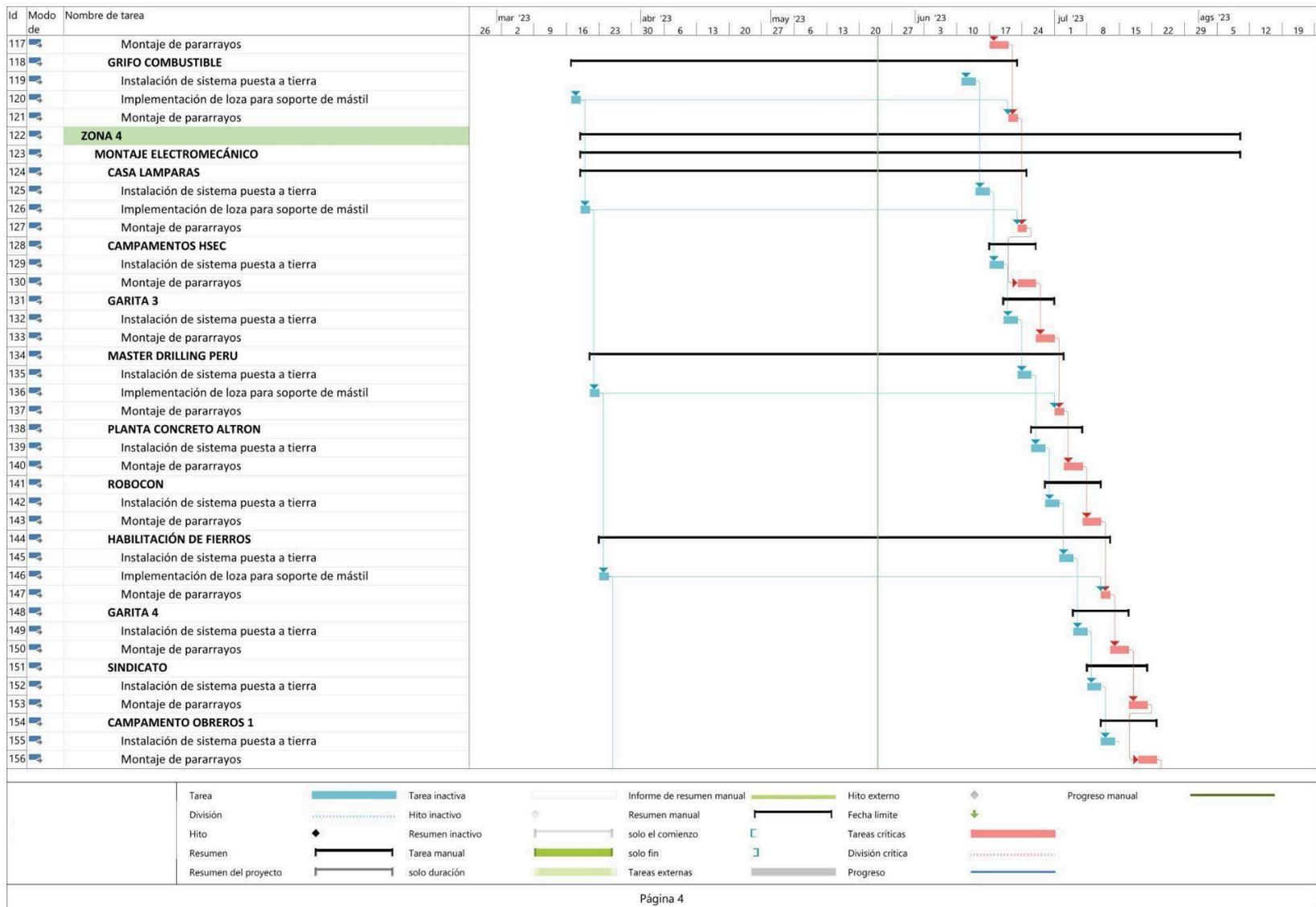
---

## Anexo 11: Cronograma del proyecto











**Anexo 12: Cronograma del proyecto**

