



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD TECNOLÓGICA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**PROCEDIMIENTO PARA PUESTA EN MARCHA DE UNA  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título  
de Ingeniero de Ejecución en Electricidad

Profesor Guía: Juan Astorga Gómez

José Esteban Zúñiga Olivares  
Eduardo Jesús Campillay Barraza

Copiapó, Chile 2024

## DEDICATORIA

José Zúñiga Olivares

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su ayuda y por darme la fortaleza para alcanzar esta etapa tan significativa en mi vida, que sin duda marca un antes y un después en mi desarrollo profesional.

A mi esposa, Betsabé Plaza, y a mis hijos, José Daniel, Benjamín Ezequiel y Emilia Abigail, quienes han sido un pilar fundamental de apoyo y ánimo durante todo este proceso en los días malos, buenos, difícil su amor y paciencia me han dado la energía necesaria para seguir adelante cada día.

A mis padres, Luis y Teresa, quienes siempre han confiado en mí y me han brindado su apoyo incondicional. Agradezco profundamente sus oraciones y su constante aliento, que fueron un gran consuelo y fortaleza a lo largo de este camino.

No quiero olvidar a mis familiares, amigos, y compañeros de estudio y trabajo, quienes compartieron su sabiduría y apoyo siempre que lo necesité. Gracias por estar ahí cuando solicite ayuda.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento especial a mi profesor guía, Juan Astorga, por su valiosa orientación en este proceso. Además de la enseñanza académica, me brindó grandes consejos sobre la vida profesional, los cuales serán una guía constante en mi futuro profesional.

A todos ustedes, que han sido parte fundamental de este camino, les agradezco sinceramente por su apoyo y por estar presentes en cada paso de este proceso. Este logro es el reflejo del esfuerzo en conjunto y del amor constante que me ha acompañado a lo largo de este camino.

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.”

Filipenses 4:13

## DEDICATORIA

Eduardo Campillay Barraza

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de este trabajo de titulación.

A mis padres, Eduardo y Violeta, por su amor incondicional y por haberme apoyado en cada paso del camino que he recorrido hasta este momento. Su sabiduría, consejo y ejemplo han sido una guía invaluable para mí.

A mi pareja, Mayra, por su inagotable paciencia, amor y apoyo incondicional durante todo este proceso. Tu aliento permanente y comprensión me han dado la fuerza para seguir adelante en los momentos más desafiantes.

A mis hijos, María José y Martín, por ser mi inspiración diaria. Su alegría y entusiasmo han sido una fuente constante de motivación y me han recordado la importancia de seguir adelante y nunca rendirme.

A mi profesor Juan Astorga, por su guía, conocimientos y dedicación, que han sido cruciales para la culminación de este trabajo. A la Universidad de Atacama, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente.

Gracias a todos por su apoyo y por creer en mí. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

## ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO .....	1
1.1 Antecedentes generales .....	1
1.2 Objetivos del proyecto .....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Planteamiento del Problema.....	4
1.4 Alcance del Proyecto.....	4
1.5 Metodología .....	5
CAPITULO II .....	6
MARCO TEORICO Y SEGURIDAD ELÉCTRICA.....	6
2.1 Compañía Contractual Minera Candelaria (CCMC).....	6
2.2 Lundin Mining Corporation .....	6
2.3 Normas de Seguridad Eléctrica.....	8
CAPÍTULO III.....	11
CÁLCULOS TÉCNICOS Y ENSAYOS.....	11
3.1 Cálculos justificativos conductor MT .....	11
3.2 Cálculo de sección de línea de media tensión:.....	11
3.3 Transformador De Potencia. ....	12
3.4 Protección en media tensión. ....	14
3.5 Interruptor general de baja tensión.....	14
3.6 Definición de los conductores.....	15
3.7 Banco de condensadores .....	16
3.8 Sistema de Puesta a Tierra (SPT).....	20
3.8.1 Uniones exotérmicas.....	21
3.9 Medición malla a tierra .....	22

3.9.1	Método medición 61,8% .....	22
3.9.2	Sección mínima del conductor de una malla .....	24
3.10	Metodologías y criterios de aceptación en proyectos eléctricos. ....	24
3.10.1	Sistema de puesta a tierra.....	25
3.10.2	DAR/IP .....	26
3.10.3	Relación de transformación – Resistencia en los devanados.....	26
3.10.4	Rigidez Dieléctrica - Prueba De Alto Potencial (HIPOT).....	26
3.11	Ensayos de un transformador .....	27
3.11.1	Razón de absorción dieléctrica (DAR) .....	28
3.11.2	Índice de polarización (IP).....	28
3.11.3	Tipos de conexiones.....	29
3.11.4	Relación de transformación (TTR):.....	36
3.11.5	Resistencia en los devanados de un transformador: .....	37
3.11.6	Desmagnetización del transformador .....	37
3.11.7	Prueba De Alto Potencial (HIPOT) .....	41
CAPITULO IV .....		46
HABILITACIÓN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO .....		46
4.1	Fundamentación Teórica .....	46
4.2	Antecedentes del trabajo .....	47
4.3	Empalme, nivel de tensión .....	48
4.4	Distribución en baja tensión.....	52
CAPITULO V .....		58
MATERIALES PARA LA PUESTA EN SERVICIO .....		58
5.1	Cubicación de materiales. ....	58
CAPITULO VI.....		61
PLAN MANTENIMIENTO .....		61

6.1	Mantenimiento Predictivo.....	61
6.2	Mantenimiento Preventivo (Programado).....	62
6.3	Mantenimiento Correctivo .....	63
6.4	Mantenimiento de Infraestructura .....	64
6.5	Documentación y Reportes .....	64
CAPITULO VII .....		65
CONCLUSIONES .....		65
CAPITULO VIII.....		67
GLOSARIO .....		67
CAPITULO IX.....		70
BIBLIOGRAFÍA .....		70
CAPITULO X.....		71
ANEXOS .....		71
10.1	Protocolos de comisionamiento .....	71
10.2	Pauta de inspección recinto eléctrico .....	75
10.3	Pauta de mantención recinto eléctrico.....	79

## RESUMEN

Durante el proceso de puesta en marcha de una subestación subterránea en Minera Candelaria UG, se implementaron medidas específicas orientadas a optimizar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad y asegurar la fiabilidad del suministro eléctrico en las extremas condiciones propias de la minería subterránea. El objetivo principal fue desarrollar un procedimiento interno que facilitara y guiara de manera efectiva al personal en la ejecución de estas tareas.

Para alcanzar este objetivo, se establecieron varios objetivos específicos. En primer lugar, se implementó un procedimiento de seguridad detallado para la instalación del transformador en el interior de la mina, con el fin de asegurar que todas las operaciones se llevaran a cabo de manera segura. Además, se realizaron pruebas funcionales exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del transformador bajo las condiciones adversas de la mina subterránea, incluyendo pruebas de aislamiento y resistencia de los devanados.

Asimismo, se brindó capacitación especializada al personal técnico encargado de la habilitación del transformador, garantizando que todos los involucrados comprendieran y aplicaran adecuadamente los procedimientos de instalación y las pruebas correspondientes. Por último, se estableció un plan de mantenimiento preventivo y correctivo que asegurara la operatividad continua y la fiabilidad de la subestación eléctrica, minimizando riesgos de fallos y optimizando el rendimiento del sistema.

Este enfoque integral no solo permitió optimizar el rendimiento del sistema eléctrico, sino que también protegió la inversión realizada, asegurando un suministro de energía confiable y seguro para las operaciones mineras.

## **ABSTRACT**

During the commissioning process of an underground substation at Minera Candelaria UG, specific measures were implemented to optimize operational efficiency, ensure safety, and guarantee the reliability of the power supply in the extreme conditions typical of underground mining. The main objective was to develop an internal procedure that would effectively guide the personnel in executing these tasks.

To achieve this objective, several specific goals were set. First, a detailed safety procedure was implemented for the installation of the transformer inside the mine to ensure that all operations were carried out safely. Additionally, thorough functional testing was conducted to verify the correct operation of the transformer under the harsh conditions of the underground mine, including insulation tests and winding resistance tests.

Specialized training was also provided to the technical personnel responsible for commissioning the transformer, ensuring that all involved understood and properly applied the installation and testing procedures. Finally, a preventive and corrective maintenance plan was established to ensure the continuous operability and reliability of the electrical substation, minimizing the risk of failures and optimizing system performance.

This comprehensive approach not only optimized the performance of the electrical system but also protected the investment made, ensuring a reliable and safe power supply for mining operations.

# CAPITULO I

## MARCO INTRODUCTORIO

### 1.1 Antecedentes generales

Los transformadores eléctricos son elementos claves en el desarrollo minero, gracias a ellos se puede realizar de una manera práctica, eficiente y económica el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. Ya que la industria minera requiere de un suministro eléctrico constante los transformadores ayudan a estabilizar las fluctuaciones de voltaje en el sistema eléctrico, lo que es fundamental para el funcionamiento continuo de las máquinas y la seguridad de las operaciones.

La capacidad de adaptar el voltaje a diferentes secciones de la operación minera permite una distribución más eficiente de la energía. Esto es crucial en instalaciones grandes, donde diferentes áreas pueden requerir diferentes niveles de tensión.

Con ello un diseño adecuado de transformadores y su mantenimiento regular son esenciales para minimizar el tiempo de inactividad y mantener la eficiencia operativa. Los transformadores bien mantenidos garantizan una vida útil prolongada y un rendimiento confiable.

Con el fin de entender lo crucial que son los transformadores debemos entender que operan según la ley de Faraday de la inducción electromagnética. Cuando una corriente alterna (CA) fluye a través de un devanado (el primario), genera un campo magnético variable en el núcleo. Este campo induce una tensión en el segundo devanado (el secundario) mediante la ley de Faraday, que establece que un cambio en el flujo magnético a través de un circuito induce una fuerza electromotriz (FEM) en ese circuito y está condicionado a la relación de vueltas entre ambos devanados, lo que determina si hay un aumento o disminución del voltaje.

Los componentes principales de un transformador son:

- **Núcleo:** generalmente hecho de material ferromagnéticos, proporcionan un camino para el flujo magnético.
- **Boninas:** tienen dos o más devanados: el primario (donde se aplica la tensión) y el secundario (donde se obtiene la tensión transformada).

Entre los elementos que componen la red de distribución eléctrica en interior mina podemos encontrar los conductores eléctricos que en nuestro caso tenemos de tipo cobre el cual es uno de los materiales más utilizados en la industria por su baja resistencia algunas de sus características relevantes podemos encontrar:

- **Alta conductividad eléctrica:** El cobre tiene una de las más altas conductividades eléctricas entre los metales, lo que permite un flujo eficiente de corriente.
- **Buena Conductividad Térmica:** Además de la electricidad, el cobre también conduce el calor de manera eficiente, lo que es beneficioso en aplicaciones donde se requiere disipación térmica.
- **Resistencia a la Corrosión:** El cobre forma una capa de óxido que protege el metal subyacente de la corrosión, aunque puede desarrollar una pátina verde (carbonato de cobre) con el tiempo.
- **Ductilidad y Maleabilidad:** El cobre es muy maleable y dúctil, lo que significa que puede ser estirado en hilos finos o moldeado sin romperse, facilitando su uso en diversas formas de conductores.

Además, no podemos dejar de nombrar sus ventajas:

- **Eficiencia Energética:** Gracias a su alta conductividad, los conductores de cobre reducen las pérdidas de energía durante la transmisión.
- **Durabilidad:** Su resistencia a la corrosión y a las altas temperaturas contribuye a una vida útil prolongada.
- **Disponibilidad:** El cobre es un material ampliamente disponible y reciclable, lo que lo convierte en una opción sostenible.

Las mallas a tierra son otro de los elementos fundamentales en el proceso de habilitación de un transformador, ya que su correcta instalación proporciona una ruta segura para las corrientes eléctricas no deseadas. Estas corrientes pueden generarse por los elementos conectados al transformador y su consumo asociado. Una malla a tierra bien confeccionada garantiza la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico al disipar estas corrientes de manera controlada y segura.

Diseño de las mallas a tierra:

- **Materiales:** se utilizan conductores de cobre, debido a su buena conductividad y resistencia a la corrosión.
- **Configuración:** La malla debe ser diseñada para cubrir áreas clave, incluyendo puntos de conexión de equipos eléctricos y áreas de trabajo. Puede tener forma de cuadrícula o red, con puntos de conexión a tierra distribuidos de manera efectiva.
- **Construcción:** Se acondiciona el terreno ya que por dureza de la roca es difícil que se realicen excavaciones por lo que se rellena el terreno para lograr una superficie que garantice un buen contacto con el suelo.
- **Conexiones:** Se deben realizar conexiones seguras y resistentes a la corrosión para asegurar la durabilidad del sistema (soldadura exotérmica).

## 1.2 Objetivos del proyecto

### 1.2.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de puesta en marcha de una subestación subterránea en minera Candelaria UG, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad y fiabilidad del suministro eléctrico en condiciones extremas a través de un procedimiento interno que facilite y guíe de manera efectiva al personal.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

A continuación, se describen los objetivos específicos del proyecto.

- Implementar un procedimiento de seguridad para la instalación de un transformador en interior mina.

- Realizar pruebas funcionales que garanticen que el transformador opere correctamente bajo las adversas condiciones que entrega la mina subterránea.
- Determinar los costos de los materiales requeridos para la habilitación de un transformador eléctrico.
- Establecer un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el transformador eléctrico.

### 1.3 Planteamiento del Problema

Contar con procedimientos detallados para la puesta en marcha de una subestación eléctrica es esencial por varios motivos. Estos procedimientos no solo garantizan que el proceso se desarrolle de manera segura y eficiente, sino que también aseguran el cumplimiento de los estándares técnicos y regulatorios. Sin una guía clara, la posibilidad de errores aumenta, lo que podría resultar en riesgos de seguridad significativos en la interrupción del suministro eléctrico. Además, seguir estos procedimientos permite identificar y resolver problemas potenciales de manera anticipada, optimizando así el rendimiento y la fiabilidad de la subestación.

### 1.4 Alcance del Proyecto

El proyecto de título se centra en realizar un estudio exhaustivo sobre la habilitación de una subestación eléctrica en el entorno específico de las minas subterráneas de Minera Candelaria. Este análisis tiene como objetivo identificar los riesgos y desafíos asociados con la puesta en marcha y operación de una subestación en este contexto particular, y proponer medidas de mitigación que aseguren tanto la seguridad del personal como la continuidad del servicio eléctrico. Dada la naturaleza crítica de las operaciones en las minas de Candelaria, la correcta instalación y gestión de la subestación es fundamental para mantener la eficiencia operativa y proteger los recursos humanos y materiales. Cabe mencionar que los resultados obtenidos aplicarán exclusivamente para los equipos de Minera Candelaria.

## 1.5 Metodología

En las reuniones entre los departamentos de Desarrollo, Operaciones y Electricidad de Minera Candelaria, se planificará la cantidad de metros de túnel a perforar. Basándose en estas proyecciones, el departamento de Desarrollo y Operación establecerá los equipos necesarios para estas labores, mientras que el departamento Eléctrico tomará nota del suministro eléctrico proyectado para elaborar un cuadro de cargas estimadas. La subestación más adecuada se determinará considerando estas proyecciones, incluyendo la distancia total de perforación. Esta subestación contemplará sistemas de ventilación, pozos de drenaje y tableros de alimentación específicos para los equipos de perforación, asegurando así un suministro eléctrico eficiente y seguro en las operaciones mineras.

Por último, se confeccionará un informe que incluirá las cargas proyectadas durante el desarrollo de las operaciones, proporcionando una referencia detallada para la planificación y ejecución del proyecto. En primera instancia, se calcula la utilización del 40% de la capacidad del transformador, incrementándose progresivamente hasta alcanzar el 80% al finalizar las operaciones. Por lo tanto, con el cuadro de cargas proyectadas se definirá la subestación más adecuada.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO Y SEGURIDAD ELÉCTRICA**

#### **2.1 Compañía Contractual Minera Candelaria (CCMC)**

La Minera Candelaria, ubicada en la región de Atacama, Chile, es una de las operaciones más significativas de la minería del cobre en el país. Su historia se remonta a finales de la década de 1980, cuando la empresa estadounidense Phelps Dodge Corporation, dedicada a la exploración y explotación de recursos mineros, descubrió el yacimiento en 1987. Este descubrimiento fue parte de un esfuerzo por expandir las actividades mineras en el distrito de Copiapó, una zona que históricamente ha estado vinculada a la minería desde los tiempos coloniales.

Tras el descubrimiento, Phelps Dodge comenzó el desarrollo de Minera Candelaria en la década de 1990. Para 1995, la mina inició sus operaciones comerciales como una mina a cielo abierto, enfocada en la extracción de cobre, con subproductos como oro y plata. A lo largo de los años, Minera Candelaria se consolidó como un proyecto estratégico para la región de Atacama, aportando al crecimiento económico local y nacional gracias a la relevancia del cobre en la economía chilena.

En 2007, la historia de la mina cambió cuando Phelps Dodge se fusionó con Freeport-McMoRan, otro gigante de la minería global, lo que significó la entrada de nuevos capitales y tecnologías a las operaciones. Posteriormente, en 2014, Lundin Mining Corporation, una empresa canadiense, adquirió el 80% de la participación en Minera Candelaria a Freeport-McMoRan, mientras que la Corporación Nacional del Cobre (Codelco) mantuvo el 20% restante.

#### **2.2 Lundin Mining Corporation**

Bajo la administración de Lundin Mining, se llevaron a cabo importantes inversiones para mejorar las operaciones mineras, optimizando la producción y asegurando un enfoque en la sostenibilidad y la responsabilidad social. Se implementaron mejoras tecnológicas y operativas que permitieron mantener a Candelaria como una mina competitiva a nivel mundial en términos de producción de cobre.

Candelaria se ha destacado por la producción de concentrados de cobre de alta calidad, con valiosos subproductos como el oro y la plata. La mina, que combina operaciones a

cielo abierto y subterráneas, ha sido una fuente importante de empleo y desarrollo para la región de Atacama, y ha contribuido significativamente al liderazgo de Chile como el principal productor de cobre a nivel mundial.

Como muchas operaciones mineras en Chile, Candelaria ha enfrentado desafíos medioambientales y sociales. La ubicación de la mina en una región árida ha supuesto importantes retos en cuanto al uso eficiente del agua, lo que ha llevado a la implementación de tecnologías para reducir el consumo hídrico y aumentar la sostenibilidad de las operaciones. Además, la relación con las comunidades locales ha sido clave para asegurar un desarrollo armónico y responsable de las actividades mineras. En respuesta a estos desafíos, Lundin Mining ha implementado diversas iniciativas para fortalecer las relaciones con las comunidades vecinas, asegurando que los beneficios económicos de la minería también contribuyan al bienestar social y al desarrollo sostenible de la región.

Figura N°2.1: Ubicación Minera Candelaria



Fuente: [geovirtual2.cl/Desierto-Atacama-1/Museo-Mina-Transito-Atacama-01](http://geovirtual2.cl/Desierto-Atacama-1/Museo-Mina-Transito-Atacama-01)

### 2.3 Normas de Seguridad Eléctrica

La seguridad eléctrica se refiere a las prácticas y medidas adoptadas para garantizar la protección de las personas y los bienes contra los riesgos eléctricos. El objetivo principal de la seguridad eléctrica es preservar la vida e integridad humana, evitando accidentes y minimizando los daños causados por fallas eléctricas.

Los riesgos eléctricos pueden ser mortales, por lo que la seguridad eléctrica se considera un aspecto fundamental en cualquier entorno donde se utilice la electricidad.

Tenemos que tomar en consideración cinco reglas básicas que todo electricista debe conocer al momento de realizar un trabajo en su especialidad, estas son

Tabla N°2.1: Cinco reglas de oro para trabajo eléctrico

<b>CINCO REGLAS DE ORO</b>	
<b>Desconexión</b>	Antes de realizar cualquier trabajo en una instalación eléctrica, es fundamental desconectar la fuente de energía. Esto implica apagar el interruptor principal y bloquear para evitar que se encienda accidentalmente.
<b>Prevenir cualquier realimentación</b>	Se deben bloquear los dispositivos de maniobra para evitar una posible realimentación de la instalación. Si los dispositivos actúan por medio de alguna fuente de energía auxiliar (baterías, aire comprimido, generadores, entre otros), dichas fuentes de energía también deberían ser anuladas.
<b>Verificación de ausencia de tensión</b>	Antes de comenzar cualquier tarea en una instalación eléctrica, es necesario verificar que no haya tensión presente. Se deben utilizar dispositivos de verificación adecuados.
<b>Puesta a tierra y cortocircuito</b>	Siempre que sea posible, se debe poner a tierra una instalación eléctrica para evitar la acumulación de corriente eléctrica en partes metálicas. Además, se deben tomar medidas para prevenir cortocircuitos y sobrecargas.
<b>Señalización de la zona de trabajo</b>	Cuando se realicen trabajos en cercanías de instalaciones en tensión, se deben tomar precauciones adicionales, como utilizar barreras de seguridad y equipos de protección personal adecuados.

Una vez llevadas a cabo esta serie de medidas, la instalación puede ser considerada como “sin tensión” y la ejecución de trabajos es declarada como zona segura.

En el ámbito de la seguridad eléctrica, existen varias normas internacionales que han sido desarrolladas para garantizar estándares uniformes a nivel mundial. Algunas de las principales normas internacionales son:

- I. Normas IEC (International Electrotechnical Commission): La IEC es una organización mundial reconocida que establece estándares en el campo de la electricidad. Sus normas cubren una amplia gama de áreas, desde equipos eléctricos hasta sistemas de gestión de la seguridad eléctrica.
- II. Normas NFPA (National Fire Protection Association): La NFPA se dedica a la prevención de incendios y promueve la seguridad eléctrica a través de sus normas. La norma NFPA 70E, por ejemplo, establece requisitos para la protección de los trabajadores contra los peligros eléctricos en el lugar de trabajo.

Según el instituto de seguridad del trabajo (IST) en Chile ocurren entre 50 y 70 accidentes fatales anuales en donde el 34% pertenecen al ámbito laboral. El país cuenta con normas y regulaciones específicas que las empresas deben seguir a fin de garantizar la protección de las personas y los bienes contra los riesgos eléctricos. Algunos de los principales reglamentos que se deben tener en consideración son:

- I. Reglamento DS 109: “Aprueba el reglamento de seguridad de las instalaciones eléctricas destinadas a la producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica”.
- II. Pliego técnico complementario del Reglamento DS 109 (RPTD).
- III. Reglamento DS 8: “Aprueba el reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica” (reemplaza a Nch elec 4/2003).
- IV. Pliego técnico complementario del Reglamento DS 8 (RIC).
- V. Ley 16.744: “Ley sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales”
- VI. Ley de seguridad y salud ocupacional de 1970.

Para los ensayos que se detallarán más adelante en el capítulo III, es fundamental tomar todas las precauciones necesarias para prevenir cualquier accidente relacionado con la electricidad. Entre las medidas de seguridad que se deben seguir, se incluyen las siguientes:

- Respete todas las advertencias de seguridad en los equipos. Estas identifican áreas de peligro inmediato que podrían provocar lesiones o la muerte.
- Utilice el equipo solamente para los propósitos descritos en su manual. Respete la información de advertencia y precaución provista en manual.
- Trate todos los terminales de los equipos de potencia de alta tensión como peligros potenciales de descargas eléctricas. Utilice todas las precauciones de seguridad prácticas para evitar el contacto con las partes energizadas del equipo y los circuitos relacionados.
- Use barreras, barricadas o advertencias adecuadas para mantener alejadas a las personas que no están directamente involucradas con el trabajo.
- Nunca conecte el equipo de prueba a un equipo energizado.
- No utilice el equipo en una atmósfera explosiva.
- Utilice los procedimientos de conexión a tierra y de conexiones recomendados en el manual de cada equipo. Desconecte siempre los conductores de prueba de los equipos de potencia antes de intentar desconectarlos del equipo de prueba. La conexión a tierra debe ser la primera que se conecta y la última que se desconecta. Cualquier interrupción de la conexión a tierra puede crear un peligro de descarga eléctrica.
- El personal que tenga marcapasos cardiacos debería obtener asesoramiento calificado sobre los riesgos posibles ante equipo o de estar cerca del mismo durante la operación.

Debido a la gran cantidad de energía que puede almacenarse en un campo magnético, es crucial tomar precauciones antes de desconectar los cables de prueba del transformador en evaluación. Nunca desconecte los cables durante el proceso de prueba. Siempre asegúrese de dejar suficiente tiempo para que el transformador se descargue por completo antes de iniciar las pruebas. Los transformadores de gran capacidad pueden requerir varios minutos para una descarga completa.

### CAPÍTULO III

#### CÁLCULOS TÉCNICOS Y ENSAYOS.

##### 3.1 Cálculos justificativos conductor MT

Antes de la puesta en marcha de la subestación eléctrica, se realizarán una serie de cálculos técnicos justificativos. Estos cálculos específicos aseguran que todos los componentes del sistema eléctrico operen de manera eficiente y cumplan con las normativas de seguridad establecidas. Además, permiten definir el conductor más adecuado para el transformador, garantizando su óptimo funcionamiento.

Corriente Nominal Subestación (1000 KVA- 6.9 KV)

$$I1(A) = \frac{S (KVA)}{\sqrt{3} * VL(KV)} = \frac{1000}{1.73 * 6.9} = 83.77(A) \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.1)$$

##### 3.2 Cálculo de sección de línea de media tensión:

$$S(mm^2) = \frac{L(\text{metros}) * In(A)}{(\rho) * 3\%(VL)} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3. 2)$$

Donde:

- L: Largo de la línea (mts)
- In (A): Intensidad de corriente nominal de protección de la línea
- $\rho$ : Resistividad del conductor a 30°C (  $\rho=34$  para aluminio y  $\rho =56$  para cobre)

$$S(mm^2) = \frac{550 * 100}{(56) * 207} = \frac{55000}{11592} = 4,74 \text{ mm}^2$$

**Capacidad final:** para una capacidad de transporte de 100 (A) en 6.9 KV la sección seleccionada es de 67.4mm<sup>2</sup> (2/0 AWG), clase 8 Kv, 133%IL capacidad de corriente 260 (A) para más detalles consultar figura N°4.3.

### 3.3 Transformador De Potencia.

Los transformadores instalados en Candelaria UG de acuerdo a protocolo de puesta en marcha “REG-OP-MANT-205” al finalizar su instalación se realizará la entrega correspondiente de cada documento asociado al transformador, tales como, manual de usuario, planos unilineales, formato de inspección y mantenimiento.

Figura N°3.1: Subestación eléctrica de 1000 KVA.



Fuente: Archivo Personal

Figura N°3.2: Placa de Subestación nivel 100 Cristina-irma



Fuente: Archivo Personal

Conocer la placa de un transformador eléctrico es fundamental porque entrega datos clave como la potencia nominal, el voltaje de entrada y salida, la corriente, la frecuencia y el tipo de conexión. Esta información es esencial para asegurar que el transformador sea adecuado para la aplicación específica, garantizar su funcionamiento seguro y eficiente además de facilitar su mantenimiento.

A continuación, se detallarán algunos datos importantes del transformador:

- Potencia 1000kVA
- Tensión nominal MT y BT: 6900V / 400-231V
- Corriente nominal MT y BT: 83.7 A / 1443 A
- N° de Fases: 3
- Impedancia: 5.0%
- Frecuencia: 50 Hz
- Conexión: Dyn1
- Año fabricación: 2021
- Fabricante: Rhona
- Aceite vegetal: 880 lt
- Peso Total: 3990 kg
- Altitud máxima operación: 1000 m.s.n.m.

Figura N°3.3: Conexión en MT (primario) y BT (secundario) de la Subestación 1000KVA.



Fuente: Archivo Personal

### 3.4 Protección en media tensión.

Para un sistema de distribución trifásico, la definición de la intensidad de corriente por el lado primario del transformador, se aplica la siguiente expresión.

$$I_p = \frac{P(KVA)}{\sqrt{3} * V(KV)} = \frac{1000(KVA)}{1.73 * 6.9(KV)} = 83.77(A) \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.3)$$

Donde:

P: potencia nominal del transformador en KVA.

V: nivel de tensión primaria en KV (distribución de la zona 6.9KV)

I<sub>p</sub>: Corriente nominal en el lado primario (A).

Se regula protección de AT 100 (A), ya que la capacidad de energización por inrush llega a ese valor.

### 3.5 Interruptor general de baja tensión.

Para un sistema de distribución trifásica, la definición de la intensidad de corriente por el lado secundario del transformador, se aplica la siguiente expresión.

$$I_s = \frac{P(KVA)}{\sqrt{3} * V(KV)} = \frac{1000(KVA)}{1.73 * 0.38(KV)} = 1519 * 1.1 = 1671.2(A) \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.4)$$

Donde:

P: potencia nominal del transformador en KVA.

V: nivel de tensión secundario en KV (distribución de la zona 0.38 KV)

I<sub>s</sub>: Corriente nominal secundario (A).

Según lo anterior se calcula una protección general con reserva agregando un 10% de la capacidad de corriente de consumo de equipos a 1600 (A), para la celda de BT.

### 3.6 Definición de los conductores.

El conductor será de cobre, con aislaciones adecuadas al uso y lugar de montaje, preferentemente de fabricación nacional. El alimentador se definirá calculando como sigue: La caída de tensión no será mayor al 4,0% en baja tensión trifásica nominal de 400 V y con una temperatura de los conductores de 55°C según anexo 19.4 del pliego técnico RIC N°19 “PUESTA EN SERVICIO”

Longitud máxima del cable para una caída de tensión del 4% bajo tensión trifásica nominal de 400 V y con una temperatura de los conductores de 55 °C, cable aislado de PVC y alma de cobre.

El cálculo de sección del conductor mínimo está definida la siguiente expresión (S):

$$S = \frac{(K * L * In * \rho)}{Vp} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.5)$$

El cálculo de caída de tensión del conductor está definida la siguiente expresión (Vp):

$$Vp = \frac{(K * L * In * \rho)}{S} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.6)$$

Donde:

$S$	= Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )
$Vp$	= Voltaje De Perdida (V)
$k$	= Factor 2 para sist. Monofásico y Factor 1 para sist. Trifásico
$L$	= Largo en metros (m)
$In$	= Intensidad nominal (A)
$\rho$	= Resistencia específica del cobre (0.018 (Ω*mm <sup>2</sup> ))

Nota: No obstante, los valores obtenidos, no deben superar el Vp permitido según la norma

Vp: Sistema Trifásico = 11,4V y Vp: Sistema Monofásico = 6,6 V

El cálculo de sección mínima del conductor desde la celda BT hacia TDB, está definida de la siguiente expresión (S):

$$S = \frac{(1 * 20 * 1443 * 0.018)}{11.4} = 45,57 \text{ mm}^2$$

El cálculo de caída de tensión del conductor triple de 240mm<sup>2</sup>, desde celda baja tensión (BT) hacia TDB, está definida de la siguiente expresión (Vp):

$$Vp = \frac{(1 * 20 * 1443 * 0.018)}{720} = 0.72(V)$$

La fórmula de cálculo de caída de tensión para un conductor de 240mm<sup>2</sup> ha sido aplicada para verificar el cumplimiento de los márgenes permisibles establecidos por la normativa vigente. Al evaluar la caída de tensión bajo las condiciones operativas de corriente, longitud y materiales del conductor, se ha determinado que esta se encuentra dentro de los límites aceptables, garantizando así un rendimiento eficiente del sistema y el cumplimiento de las regulaciones eléctricas.

### 3.7 Banco de condensadores

El banco de condensadores se deberá conectar desde un tablero de LOTOTO, el cual a su vez se alimentará desde aguas debajo de breaker general (barras) de la subestación (1600A) se deberá instalar toroides aguas abajo del breaker general en una de las fases y llevar la señal con un cable 3x16AWG hasta los puntos de conexión del controlador en el tablero banco de condensador.

Con el fin de aportar eficiencia energética al proyecto, además de reducir posibles efectos de caída de tensión, se realiza el cálculo estimativo de un banco de condensadores necesario para corregir el FP de nuestra instalación a un valor de 0.99, considerando una potencia de 850 kW, equivalente a las cargas totales de la subestación.

Datos:

$$P = 850\text{Kw}$$

POTENCIA ACTIVA.

$$\text{Cos}\phi_i = 0,85$$

FACTOR DE POTENCIA INICIAL.

$$\text{Cos}\phi_f = 0,85$$

FACTOR DE POTENCIA FINAL.

Desarrollo de cálculos:

$$S_1 = \frac{P(kW)}{\text{Cos}\phi_i} = \frac{850(kW)}{0,85} = 1000kVA \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.7)$$

$$\phi_i = \text{ArcCos}(0.85) = 31.79^\circ \quad ; \quad \phi_f = \text{ArcCos}(0.99) = 8.11^\circ$$

$$\text{Sen}\phi_i = \text{Sen}(31.79^\circ) = 0.5268 \quad ; \quad \text{Sen}\phi_f = \text{Sen}(8.11^\circ) = 0.141$$

$$Q_i = S \times \text{Sen}\phi_i \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.8) \quad ; \quad Q_f = S_{nueva} \times \text{Sen}\phi_f \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.9)$$

$$S_1 = \frac{P(kW)}{\text{Cos}\phi_f} = \frac{850(kW)}{0,99} = 858.586kVA$$

$$Q_i = 1000kVA \times 0.5268 = 526.8kVAr \quad ; \quad Q_f = 858.586kVA \times 0.141 = 121.06kVAr$$

$$Q_c = Q_i - Q_f = 526.8 - 121.06 = 405.74 \text{ kVAr} \cong \mathbf{400kVAr}$$

Según el cálculo realizado se recomienda un banco de condensadores con un valor de 400kVar.

### 3.8 Sistema de Puesta a Tierra (SPT).

En toda instalación eléctrica, domiciliaria e industrial, por normativa vigente se debe instalar un sistema puesta a tierra, este debe ser eficiente para poder canalizar de manera segura las corrientes de falla que se pueden originarse debido a defectos en el sistema eléctrico. El SPT protege a las personas contra descargas eléctricas potencialmente mortales, además de estabilizar los niveles de voltaje y protege los dispositivos

electrónicos, evitando daños y prolongando su vida útil.

El SPT se encuentra bajo diferentes estándares de normas técnica, algunas de ellas son:

- Pliego técnico normativo RIC N°06 “Puesta a tierra y enlace equipotencial”.
- Pliego técnico normativo RPTD N°06 “Puesta a tierra”
- IEEE Std 80-2013 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

El objetivo de estas normas es establecer los requisitos de seguridad que deben cumplir los sistemas de puesta a tierra, protección contra rayos y enlaces equipotenciales, en las instalaciones de consumo de energía eléctrica del país.

### 3.8.1 Uniones exotérmicas

De acuerdo con la exigencia del pliego técnico RPTD anexo 8.17 establece que toda instalación de servicio tierra de servicio instalada bajo suelo debe contar en las uniones con soldadura exotérmicas, al utilizar este proceso químico nos garantiza una gran conductividad mejorando complementéme la efectividad del sistema eléctrico, además de poseer algunas ventajas tales como:

- Unión permanente con la mínima resistencia, despejando el avance de fugas a tierra.
- Uniones robustas que resisten eficazmente la corrosión, incluso en entornos agresivos.
- No experimentan degradación con el tiempo, asegurando una durabilidad sostenida y una menor necesidad de mantenimiento.
- Menor necesidad de mantenimiento en entornos normales.

Figura N°3.4: Soldadura exotérmica de unión en SPAT.



Fuente: Archivo Personal

### 3.9 Medición malla a tierra

En el área industrial, existe una amplia gama de equipos de medición para sistema de puesta a tierra (SPT). uno que destaca por su confiabilidad y tecnología al momento de realizar ensayos es el equipo “SPAT AEMC 6471”, utilizado por la compañía minera candelaria underground (UG).

Figura N°3.5: Equipo de medición AEMC 6471 y sus componentes.



Fuente: Manual de usuario AEMC

#### 3.9.1 Método medición 61,8%

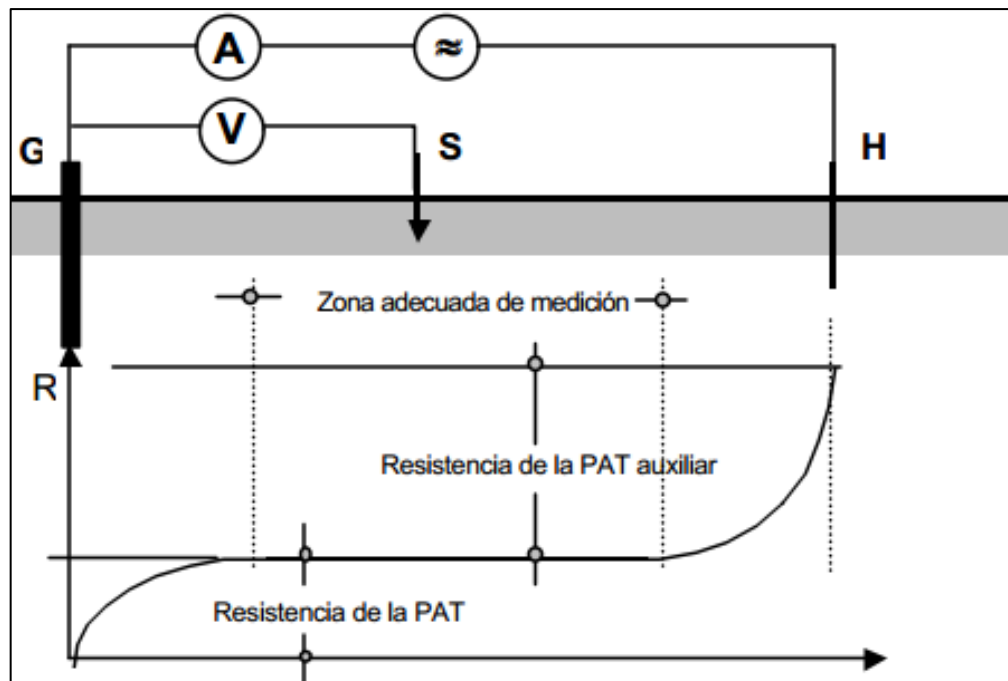
Para la medición de la resistencia de puesta a tierra se utiliza el “método del 61,8%”, descrito en el estándar “Proceedings of the Institution of Electrical Engineers, vol.111, n°12, 1964” [8], que en la práctica se aplica de la siguiente manera:

- I. Aislar la malla a tierra del resto del sistema.
- II. Calcular la diagonal de la malla.
- III. Fijar el electrodo de corriente C2 del instrumento, a una distancia igual a 6,5 veces el valor de la diagonal de la malla.
- IV. Conectar los terminales P1 y C1 del instrumento directamente a la malla a tierra.
- V. Ubicar el electrodo P2 del instrumento, al 52% de la distancia correspondiente a 6,5 veces el valor de la diagonal de la malla; medir y registrar la medida.
- VI. Ubicar el electrodo P2 del instrumento, al 61,8% de la distancia correspondiente a 6,5 veces el valor de la diagonal de la malla; medir y registrar la medida.
- VII. Ubicar el electrodo P2 del instrumento, al 72% de la distancia correspondiente a 6,5 veces el valor de la diagonal de la malla; medir y registrar la medida.

VIII. El valor de la resistencia de la malla corresponde al valor registrado en el paso VI.

Nota: Las diferencias de las mediciones que se obtienen en los pasos V y VII, con respecto a la medida que se obtiene en el paso VI, deben ser muy pequeñas.

Figura N°3.6: Método de medición de 61,8%.



Fuente: Manual de usuario AEMC

En donde:

G: Malla de Subestación

S: Electrodo de potencial

H: Electrodo de corriente

### 3.9.2 Sección mínima del conductor de una malla

$$A_{mm^2} = \frac{I}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r}\right) * \ln\left(\frac{K_0 T_m}{K_0 T_a}\right)}} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.10)$$

donde:

A: Sección del conductor de la malla en  $\text{mm}^2$

I: Corriente eficaz en KA

$T_m$ : Máxima temperatura admisible en  $^\circ\text{C}$

$T_r$ : Temperatura de referencia del material en  $^\circ\text{C}$

$\alpha_0$ : Coeficiente térmico de resistividad a  $0^\circ\text{C}$

$\alpha_r$ : Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia  $T_r$

$\rho_r$ : Resistividad del conductor de tierra a la temperatura de referencia  $T_r$  en  $\mu\Omega/\text{cm}^3$

$K_0$ :  $1/\alpha_0$ , o  $(1/\alpha_r) - T_r$

$T_c$ : Tiempo de circulación de corriente en "S"

TCAP: Factor de capacidad térmica en  $\text{J}/\text{cm}^3/^\circ\text{C}$

### 3.10 Metodologías y criterios de aceptación en proyectos eléctricos.

Según la normativa chilena, toda instalación eléctrica debe ser declarada ante la SEC (Superintendencia de electricidad y combustible) para garantizar su correcta puesta en marcha y funcionamiento. Entre las pruebas básicas exigidas por la SEC para los recintos eléctricos se incluyen las siguientes:

- Medición malla a tierra
- DAR/IP
- Relación de transformación (TTR)
- Resistencia devanados
- Medición de cable (HIPOT)

Cada ensayo se realiza conforme a normas específicas que respaldan tanto la metodología empleada como los criterios de aceptación o rechazo de los resultados. Estas normas garantizan que las pruebas sean rigurosas y objetivas, asegurando el cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad establecidos. De esta manera, se verifica que la

instalación o el equipo funcione correctamente y cumpla con los estándares de calidad, eficiencia y seguridad necesarios para su operación.

A continuación, se abordarán los criterios esenciales para los ensayos previamente mencionados, con el objetivo de definir los parámetros de aceptación para garantizar el correcto funcionamiento del equipo eléctrico

### 3.10.1 Sistema de puesta a tierra

- Anexo 6.1 del pliego técnico RIC N°06: La tensión de cualquier conductor activo con respecto a tierra no sobrepase los 250 V y el valor resultante de la puesta a tierra de servicio no debe superar los 20 Ohm.
- ítem 8.14 del pliego técnico RPTD N°06: Los conductores que conectan el sistema de puesta a tierra a las instalaciones deberán ser, en lo posible, del mismo material que los electrodos que se emplean. Su sección mínima será de 25 mm<sup>2</sup>, cuando el conductor sea de cobre.
- Ítem 8.17 del pliego técnico RPTD N°06: Las conexiones de las puestas a tierra que van bajo el nivel del suelo deberán ser realizadas mediante soldadura exotérmica (ver figura N°3.4), en conformidad a la norma IEEE 837, las que deberán asegurar la permanencia de la unión, no experimentar al paso de la corriente calentamientos superiores a los del conductor y estar protegidos contra la corrosión galvánica.
- Se deberán dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables al momento de la medición. sus dimensiones deberán ser como mínimo de 30 x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular, y su tapa deberá ser removible, de acuerdo a ítem 8.20 a pliego técnico RPTD N°06.

### 3.10.2 DAR/IP

- La relación de absorción dieléctrica en condiciones normales de operación (considerando factores como el sector, la polución y el tipo de entorno) varía desde valores inferiores a 1,1 (peligroso) hasta superiores a 1,6 (muy bueno).
- Los valores del índice de polarización (IP) oscilan entre menos de 1 (peligroso) y más de 4 (muy bueno).

Nota: Según lo establecido por el departamento de ingeniería de la empresa mandante (LMC), las pruebas de relación de absorción dieléctrica y el índice de polarización deben superar el valor de 1 para asegurar una correcta energización del transformador, considerando las condiciones extremas del entorno en el que opera, específicamente en interior mina.

### 3.10.3 Relación de transformación – Resistencia en los devanados

- IEEE C 57 152 establece que las discrepancias admisibles de los valores medidos respecto a los valores de referencia deben estar dentro del  $\pm 5\%$ .
- La resistencia de los enrollados en el lado secundario no debe superar un error del 2%.
- Criterios de aceptación de acuerdo con ANSI C57.12.90-2013 – IEC 60076-1

### 3.10.4 Rigidez Dieléctrica - Prueba De Alto Potencial (HIPOT)

- El cable no debe tener cortes, abrasiones, fisuras o cualquier otro tipo de daño visible en el aislamiento o la funda exterior.
- La resistencia de aislamiento debe ser lo suficientemente alta para garantizar que no haya fugas de corriente peligrosas o pérdidas de energía.
- De acuerdo con la norma NETA ATS 2017 (tabla 100.6), se especifican los valores adecuados para los cables de media tensión, tanto en condiciones óptimas como en el caso de cables reutilizados.

Nota: Según lo establecido por el departamento de ingeniería de la empresa mandante (LMC), las pruebas de medición de aislamiento en cables de media tensión aplicada en DC deben realizarse 1,5 a 2,0 veces su capacidad nominal para que el cable sea declarado en buenas condiciones, con una fuga de corriente no superior a los valores establecidos por la norma aplicable.

### 3.11 Ensayos de un transformador

Existen diferentes tipos de pruebas para conocer el estado de un transformador eléctrico en donde los resultados obtenidos proporcionarían una idea de cuán dañado está el aislante de un bobinado, la aplicación de estos ensayos se realiza frecuentemente en transformadores que hayan sido utilizados o reparados, también en ocasiones donde el equipo estuvo en reposo por un largo tiempo. El transformador al estar en funcionamiento y operativo va sufriendo un desgaste progresivamente que en ocasiones puede llegar a una falla de aislación. Tenemos diferentes causas comunes que aportan al desgaste del equipo tales como:

- Variación de voltaje
- Sobrecalentamiento
- Polución, suciedad
- Vibraciones
- Humedad del ambiente
- Contaminación
- Falla mecánica
- Descargas eléctricas

Estas causas, en combinación del trabajo diario del equipo son las principales causantes del desgaste de la aislación, para ello tenemos dos pruebas no destructivas en corriente directa bien comunes, sencillas y económicamente accesibles (DAR / IP) en donde nos ayudaran para conocer internamente el estado de un transformador, las pruebas que se detallan a continuación ya se encuentran establecidas por la norma vigente “ANSI/IEEE c57.12.90”.

### 3.11.1 Razón de absorción dieléctrica (DAR)

Se utiliza para diagnosticar el grado de avance del deterioro del aislamiento en donde se evalúa las resistencias de aislamiento a los 60 segundos y a los 30 segundos de haber iniciado el ensayo. La relación entre ambos valores es el denominado DAR:

$$DAR = \frac{\text{Valor obtenido a los 60 segundos}}{\text{Valor obtenido a los 30 segundos}} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.11)$$

### 3.11.2 Índice de polarización (IP)

Se utiliza para representar un estado de las características de los aislantes del equipo medido. En especial, cumple la función de evaluar el estado de humedad y limpieza del transformador, se evalúa las resistencias de aislamiento a los 10 minutos y a los 60 segundos, la relación entre ambos valores es el denominado IP:

$$IP = \frac{\text{Valor obtenido a los 10 minutos}}{\text{Valor obtenido a los 60 segundos}} \quad (\text{Ec. N}^\circ 3.12)$$

El valor obtenido de ambas ecuaciones nos dará la condición para poder energizar el transformador o en efecto dejar equipo fuera de servicio por los malos resultados que se obtuvieron de los ensayos, a continuación, se muestra la clasificación para conocer el estado interno del bobinado.

Tabla N°3.1: Valores para definir criterio de medición.

Relación de Absorción Dieléctrica	Índice de Polarización	Clasificación del estado de Aislación
$DAR < 1,1$	$IP < 1$	Peligroso
$1,1 < DAR \leq 1,25$	$IP < 1,5$	Cuestionable
$1,25 < DAR \leq 1,4$	$1,5 \leq IP < 2$	Aceptable
$1,4 < DAR \leq 1,6$	$2 \leq IP < 3$	Bueno
$1,6 < DAR$	$3 \leq IP < 4$	Muy bueno
	$4 \leq IP$	Excelente

Fuente: elaboración de acuerdo con normativa NCh 176.

### 3.11.3 Tipos de conexiones

La prueba de resistencia de aislamiento en transformadores debe realizarse durante 10 minutos (cada conexión), de acuerdo con el método de absorción dieléctrica. Los cables de conexión para realizar ensayo dependen del aislamiento que se desea evaluar. Se pueden realizar tres pruebas diferentes:

- Alta v/s Baja aterrizada
- Alta v/s Baja + Guarda
- Baja v/s Alta aterrizada

Figura N°3.7: Elaboración propia de conexión "Alta v/s baja aterrizada".

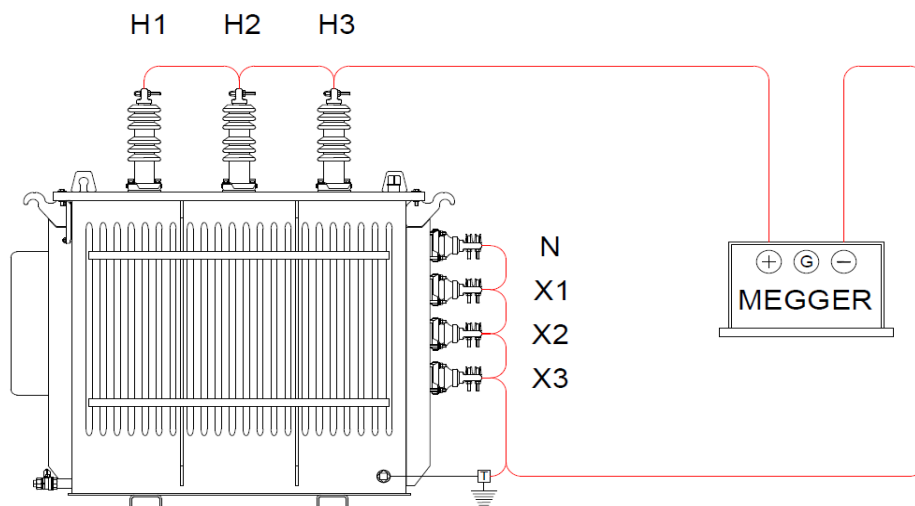


Figura N°3.8: Elaboración propia de conexión "Alta v/s baja + guarda".

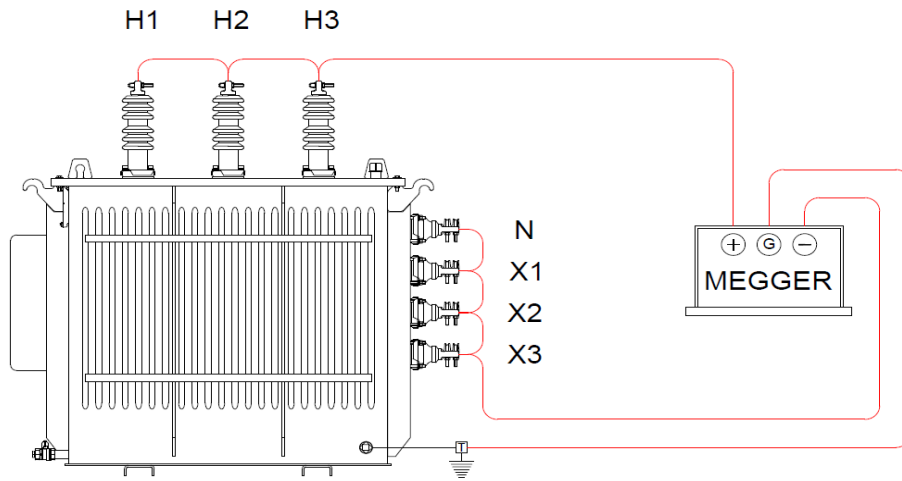
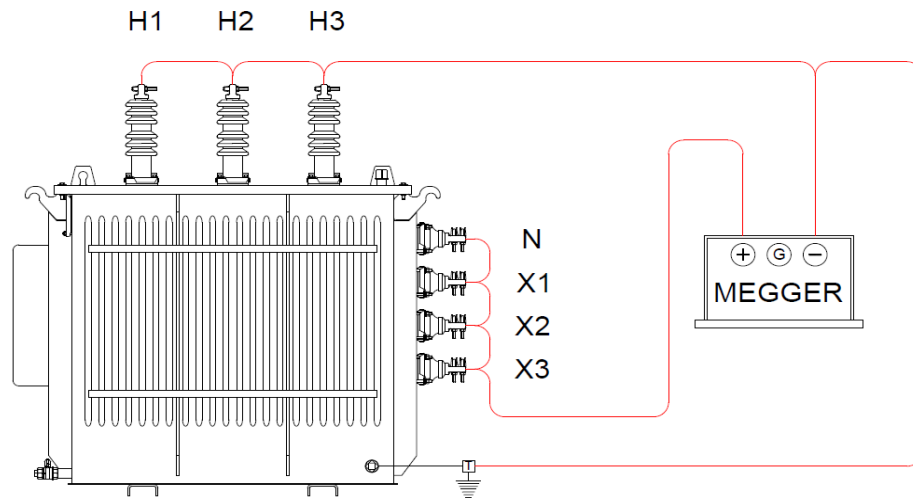


Figura N°3.9: Elaboración propia de conexión "Baja v/s alta aterrizada".



Recomendaciones:

- Se debe aislar el transformador que se le harán los ensayos, desconectando conexiones de Bushings en media y baja tensión (primario y secundario).
- Cortocircuitar en Bushings de media y baja tensión como se indica en las imágenes de referencia Figura 3.11 y 3.12.
- Trabajar con EPPs adecuado al trabajo a realizar y delimitando área de trabajo.

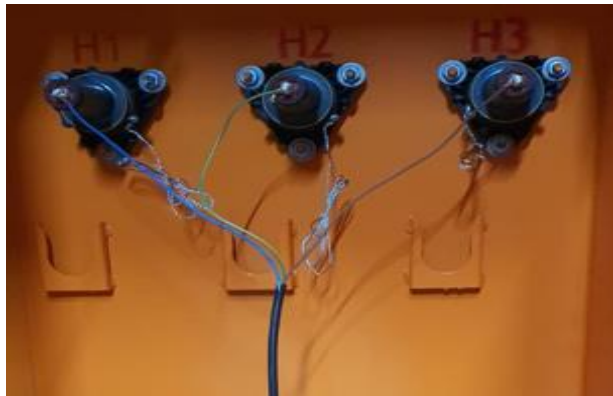
A continuación, se adjuntarán algunas imágenes de prueba mencionada anteriormente (DAR/IP) demostrando como se realiza en terreno con transformador utilizado de 1000KVA tomando en cuenta las recomendaciones expuestas en el Capítulo II “NORMAS SEGURIDAD ELÉCTRICA EN CHILE”

Figura N°3.10: Subestación de 1000KVA, del fabricante “Rhona” dispuesta a realizar pruebas de comisionamiento.



Fuente: Archivo personal.

Figura N°3.11: Bushings cortocircuitados (primario)



Fuente: Archivo personal.

Figura N°3.12: Bushings cortocircuitado (secundario)



Fuente: Archivo personal.

Figura N°3.13: Equipo "medidor de aislación entre bobinas" realizando pruebas de comisionamiento a transformador.



Fuente: Archivo personal.

A continuación, se muestra una tabla tipo para tomar notas de cada prueba y con ello manejar un registro de la actividad realizada.

Tabla N°3.2: REG-OP-449 Fragmento de Protocolo para comisionamiento DAR/IP.

RESISTENCIA DE AISLACION TRANSFORMADOR DE PODER: DAR-IP				
TENSION APLICADA "DC"		ALTA V/S BAJA	ALTA V/S	BAJA V/S
		+ GUARDA	BAJA ATERRIZADA	ALTA ATERRIZADA
		5000 V	5000 V	500 V
TIEMPO	30 SEGUNDOS			
	1 MINUTO			
	10 MINUTOS			
DAR > 1,0				
IP > 1,0				

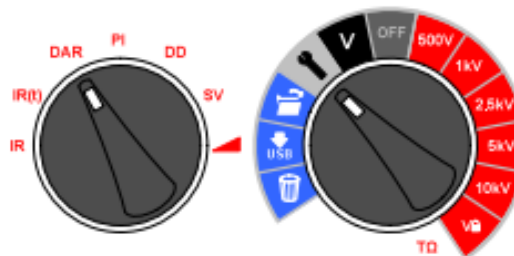
Fuente: Protocolo interno de CCMC "REG-OP-449"

### 3.11.3.1 MEGGER MIT 1025

Los temporizadores t1 y t2 para DAR y PI se establecen al seleccionar DAR y PI en el modo de prueba con el interruptor giratorio central en la posición de configuración.

Primero se ajusta el temporizador t1 seguido por el t2. Los botones de flecha arriba y abajo se usan para cambiar los valores predeterminados de t1 y t2 y OK confirma cada ajuste.

Figura N°3.14: Mandos giratorios de configuración "MIT1025".



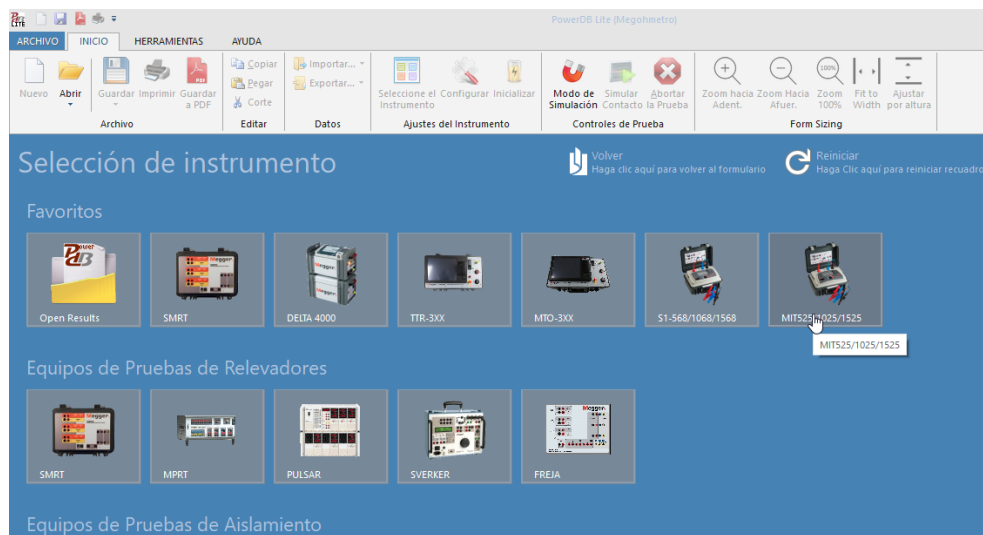
Fuente: Manual de usuario Megger MIT 1025

Los voltajes de prueba de aislamiento para DAR y PI es muy importante saber dependiendo de la prueba a realizar seleccionamos el voltaje adecuado (5KV para “Alta” y 500V para “Baja”) se seleccionan en el interruptor giratorio central al alinear simplemente el interruptor opuesto al voltaje de prueba de aislamiento requerido. Pulse y mantenga presionado el botón “TEST” para iniciar una prueba de DAR/PI.

### 3.11.3.2 PowerDB

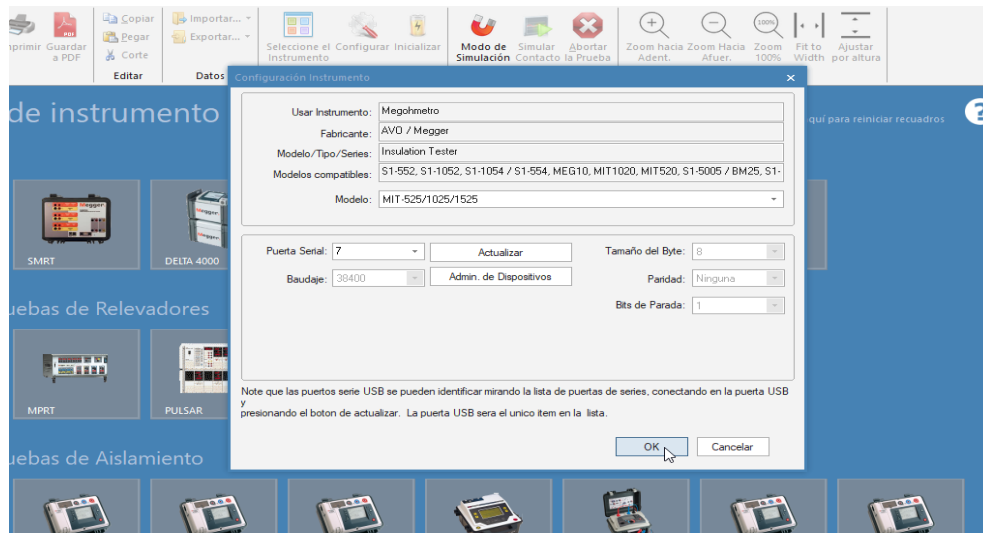
Un software que se utiliza para recopilar y reportar los datos obtenidos a partir de las actividades de mantenimiento e inspección que se llevan a cabo en el equipo eléctrico utilizado para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica es PowerDB. Al finalizar los ensayos podremos exportar los valores hacia un computador para tener un registro más dinámico y preciso a la hora de un análisis más exhaustivo.

Figura N°3.15: Interfaz de software PowerDB en donde se selecciona equipo a utilizar.



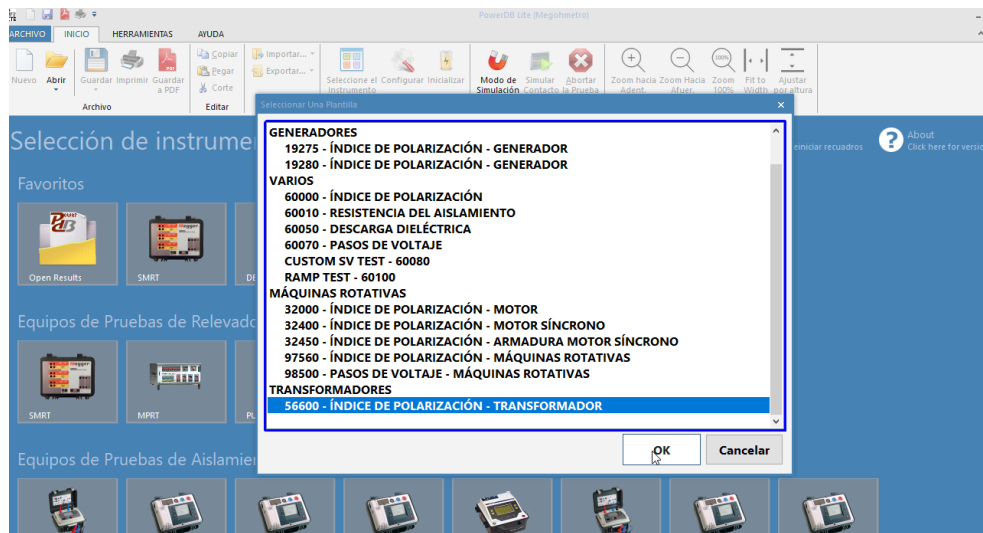
Fuente: Manual de usuario Megger MIT 1025

Figura N°3.16: Ingreso de características de instrumento.



Fuente: Manual de usuario Megger MIT 1025

Figura N°3.17: Selección de prueba a realizar.



Fuente: Manual de usuario Megger MIT 1025

Figura N°3.18: Informe entregado automáticamente por Software PowerDB.

**Megger.**  
www.megger.com

**PRUEBA DE ÍNDICE DE POLARIZACIÓN (IP)  
TRANSFORMADOR**

Fecha 30/4/2019      Página 1

TEMP. AMBIENTE °F      Nº de Trabajo \_\_\_\_\_

Subestación \_\_\_\_\_      HUMEDAD \_\_\_\_\_ %      Activo ID \_\_\_\_\_

Posición \_\_\_\_\_      Estado de Prueba \_\_\_\_\_

UBICACIÓN DEL EQUIPO \_\_\_\_\_

Mostrar Datos de Placa del Bus

DATOS DE PLACA DE BUSHING						
DSG	Serie No.	FABRICANTE	TIPO/CLASE	kV	I (A)	AÑO
1U						
1V						
1W						
N/A						
2U						
2V						
2W						
N/A						

Datos de Placa

FABRICANTE \_\_\_\_\_ CLASE \_\_\_\_\_ FASES \_\_\_\_\_

NO SERIE \_\_\_\_\_ REFRIG. OIL Motivo. de \_\_\_\_\_

AÑO \_\_\_\_\_ TANQUE TIPO SEALED PESO Kg.

MAT. DEVANADO Cu

VOL. ACEITE Kg

Temp. Aceite \_\_\_\_\_ °C

Impedancia \_\_\_\_\_ %

CLIMA \_\_\_\_\_

BIL kV

1U Dd0      2U

1W      1V      2W      2V

Fuente: Manual de usuario Megger MIT 1025

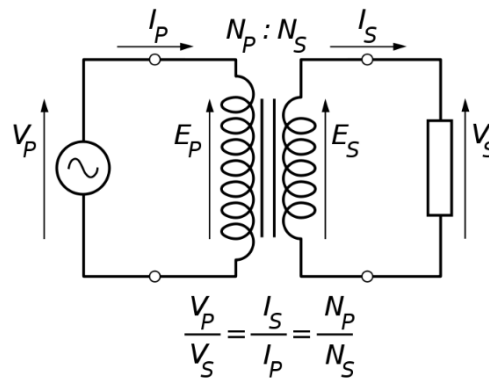
#### 3.11.4 Relación de transformación (TTR):

La relación de transformación nos indica el aumento o decremento que sufre el valor de la tensión de salida en comparación con la tensión de entrada. En otras palabras, determina cuántos voltios se generan en la salida del transformador por cada voltio aplicado en la entrada.

El objetivo de esta prueba es verificar tanto la polaridad como la relación de transformación de los devanados de un transformador. Esto garantiza que no existan cortocircuitos entre espiras ni errores en las conexiones de boquillas y cambiadores de derivaciones, los cuales deben estar dentro de un margen del 0,5% según las normas internacionales.

Además, esta prueba permite detectar falsos contactos y circuitos abiertos. En lo que respecta a la polaridad, facilita la verificación del diagrama de conexión de los transformadores, o su determinación en caso de que la placa de identificación se haya extraviado.

Figura N°3.19: Esquema interno de un transformador.



Fuente: Libro Practico de los generadores, transformadores y motores, autor Gilberto Enríquez Harper, Editorial Limusa

### 3.11.5 Resistencia en los devanados de un transformador:

Las mediciones de la resistencia de los devanados son una herramienta de diagnóstico importante para evaluar los posibles daños a los transformadores como resultado de un mal diseño, montaje, manipulación, entornos desfavorables, sobrecargas o mantenimiento deficiente.

El propósito principal de esta prueba es verificar si hay grandes diferencias entre los devanados y si hay aberturas en las conexiones. La medición de la resistencia asegura que cada circuito esté cableado correctamente y que todas las conexiones estén firmes.

La resistencia cambiará debido a espiras en corto, conexiones sueltas o contactos deteriorados en cambiadores de TAPS. Independientemente de la configuración, las mediciones de resistencia se realizan normalmente fase a fase y las lecturas se comparan entre sí para determinar si son aceptables.

### 3.11.6 Desmagnetización del transformador

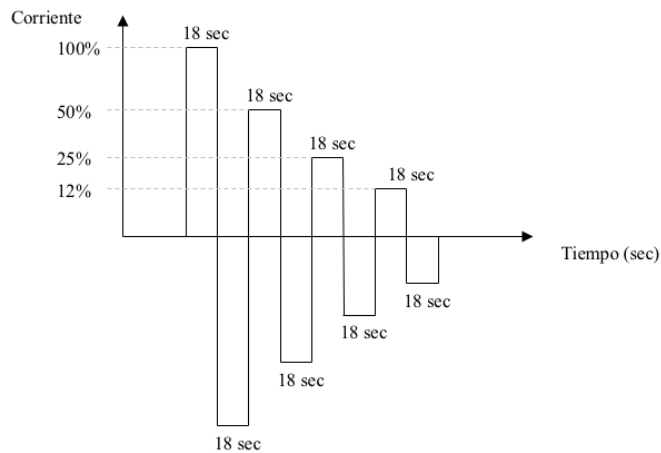
Una vez completadas todas las pruebas, es esencial llevar a cabo el proceso de desmagnetización del transformador. Este paso es fundamental para garantizar un funcionamiento óptimo al poner el transformador en servicio. Si no se realiza una operación de desmagnetización, el exceso de flujo residual en el núcleo del transformador puede causar grandes corrientes de irrupción en el lado primario que podrían disparar los relés de protección.

La desmagnetización del transformador se lleva a cabo al aplicar múltiples ciclos de

corriente reducida a través de un devanado, alternando la dirección de la corriente entre positiva y negativa (corriente alterna). Este proceso ayuda a eliminar cualquier residual magnetismo en el núcleo del transformador. La desmagnetización solo debe realizarse en un solo devanado una vez que se hayan completado todas las pruebas de resistencia. Cuando se utilizan equipos de prueba modernos con función de desmagnetización, se recomienda que los cables de corriente y voltaje se conecten a un devanado lateral alto para el proceso de desmagnetización.

El procedimiento de desmagnetización consiste en aplicar corriente continua e invertir la polaridad varias veces, por lo general se desmagnetiza la fase central de alta tensión.

Figura N°3.20: Desmagnetización de un transformador.



Fuente: Manual de MWA 300-47

Para las pruebas anteriormente detalladas, utilizaremos un instrumento de medición llamado “anализador de devanado de transformador”, de la marca Megger, modelo MWA 300-47 (Figura N°3.21). Este dispositivo es fundamental para evaluar condición de transformador por sus capacidades avanzadas se puede lograr mediciones precisas y diagnósticos exhaustivos, lo que garantiza el correcto funcionamiento y la confiabilidad del transformador. Con todas sus características y funciones lo convierten en una herramienta indispensable para los profesionales en el campo del mantenimiento y la supervisión de transformadores eléctricos.

Figura N°3.21: Equipo eléctrico MWA 300-47



Fuente: Manual de equipo eléctrico MWA300

Antes de comenzar debemos de tomar en cuenta los puntos de recomendación en seguridad expuesto en el Capítulo III “NORMAS SEGURIDAD ELÉCTRICA EN CHILE”

#### 3.11.6.1 Recomendaciones:

- Eliminar toda energía para realizar ensayos a transformador (alimentación de celda y baja tensión).
- Conectar terminales de prueba en bushings primarios (H1, H2 Y H3) y secundario (X0, X1, X2 y X3) ver Figura N°3.22.
- Selector de “cambiadores de tensión” dejar en taps 1 para cuando se requiera ir incrementando.

A continuación, se adjuntarán algunas imágenes de prueba mencionada anteriormente (TTR/Resistencia en los devanados) demostrando como se realiza en terreno con transformador utilizado de 1000KVA tomando en cuenta las recomendaciones expuestas en tabla de seguridad N°2.1 “Reglas de oro”.

Figura N°3.22: Conexionado de terminales para ensayo de transformador con equipo MWA 300



Fuente: Archivo Personal

Figura N°3.23: Equipo MWA 300 pruebas en transformador



Fuente: Archivo Personal

Tabla N°3.3: REG-OP-451 fragmento de protocolo TTR.

MEDICIÓN RAZON DE TRANSFORMACIÓN / TTR			
TAP	H1 – H3 / X1 – X0	H2 – H1 / X2 – X0	H3 – H2 / X3 – X0
1	31,336	31,325	31,330
2	30,573	30,585	30,574
3	29,818	29,826	29,832
4	29,080	29,083	29,081
5	28,333	28,322	29,336

fuente: Protocolo interno CCMC de TTR “REG-OP-451”

Tabla N°3.4: REG-OP-450 fragmento de protocolo resistencia de devanado.

RESISTENCIA DE ENTOLLADOS LADO PRIMARIO (mΩ)			
TAP	H1 – H3	H2 – H1	H3 – H2
1	371,00	370,02	367,80
2	362,10	361,10	358,90
3	353,10	352,10	349,90
4	344,20	343,20	341,00
5	335,20	334,20	332,10
RESISTENCIA DE ENROLLADOS LADO SECUNDARIO (mΩ)			
X1 – X0	X2 – X0	X3 – X0	% ERROR (Máx. 2%)

Fuente: Protocolo interno CCMC de resistencia devanado “REG-OP-450

### 3.11.7 Prueba De Alto Potencial (HIPOT)

Los cables de media tensión es una inversión significativa con respecto a los sistemas de energía eléctrica ver tabla N°5.1 Costos, Sección “Cables eléctricos” Ítem N°8 con un total de CLP 48.626.050. Es requerido un alto grado de confiabilidad y que sea perdurable durante el tiempo en sus condiciones más optimas.

Se debe realizar el ensayo una vez instalado el cable, antes de conectar, para poder detectar algunas anomalías producidas por transporte, almacenamiento, instalación, en donde verificaremos baja aislación, cortocircuito, terminal mal instalado, etc.

En este procedimiento se utilizó el equipo El EZ-Thump de la marca Megger al ser un equipo compacto y liviano, operado a batería o AC en donde encontramos diferentes métodos de pruebas:

- I. Reflectometría en dominio del tiempo (TDR)
- II. Medición de aislamiento (HIPOT)
- III. Ensayo de cubierta (SFL)
- IV. Reflectometría de arco (ARM)
- V. Impulso (THUMPER)

Elemento de control, indicadores y conectores:

Figura N°3.24: Equipo EZ\_THUMP y sus conexiones.



Fuente: Manual de usuario de EZ-THUMP

Tabla N°3.5: Descripción componentes de equipo medición EZ-THUMP

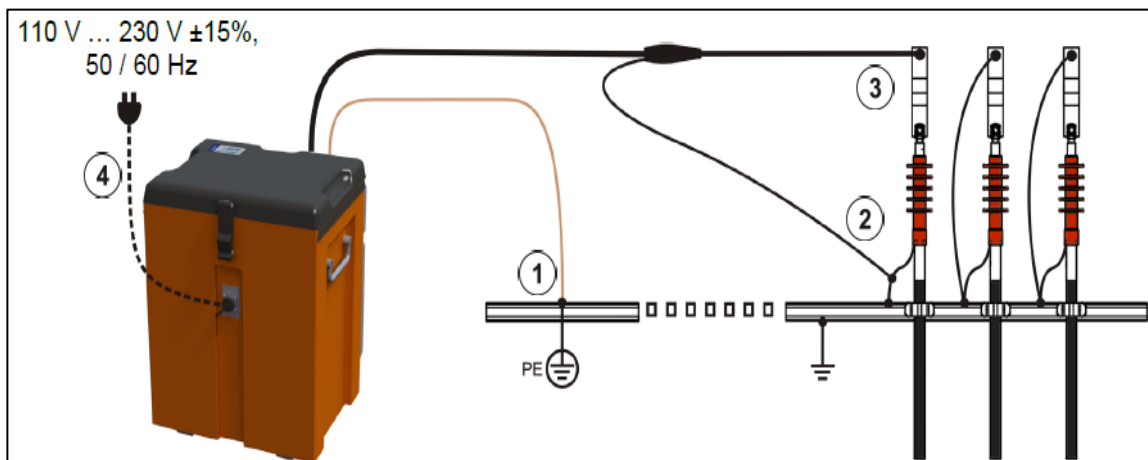
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Pantalla
2	Botón de para de emergencia
3	Llave de “enclavamiento” de AT
4	Botón de encendido de AT
5	Botón de apagado de AT
6	Selector giratorio
7	Botón de encendido/ apagado
8	Puerto USB
9	LED de estado de carga
10	Zócalo de alimentación de CA

Fuente: Manual de usuario EZ-THUMP

### 3.11.7.1 Diagrama de conexión

1. Conecte tierra de protección
2. Conecte cable de retorno de AT
3. Conecte cable de conexión AT
4. Conecte cable de alimentación

Figura N°3.25: Diagrama de conexión para realizar ensayo eléctrico a cable media tensión.



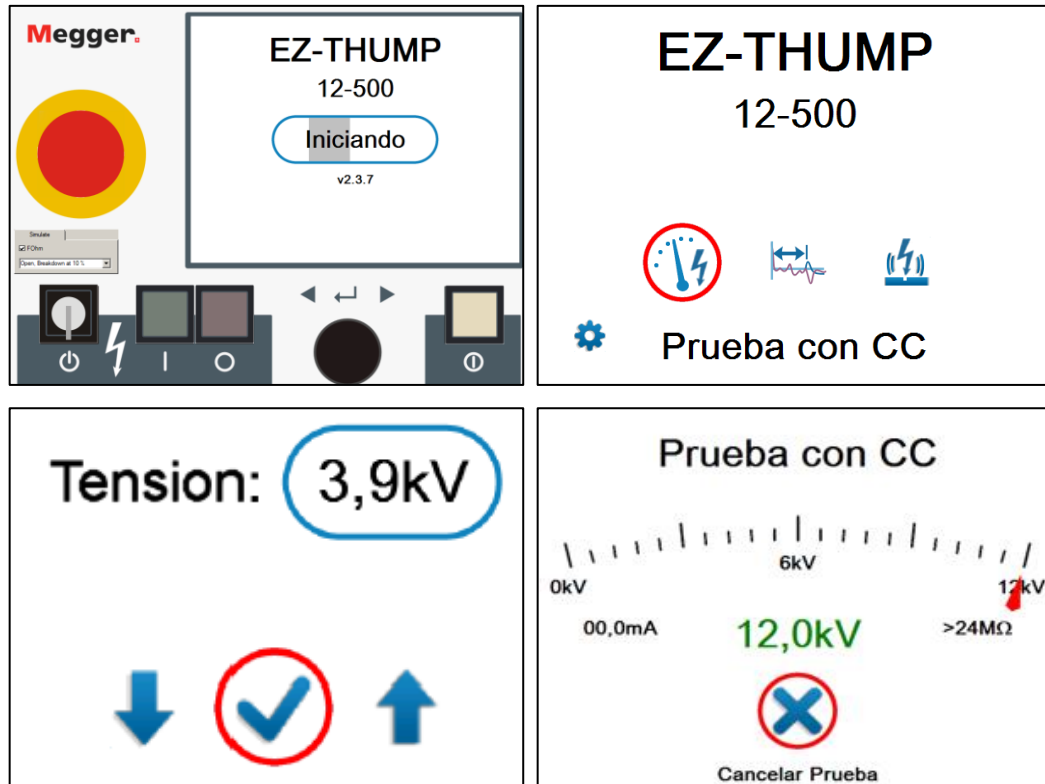
Fuente: Manual de usuario EZ-THUMP

### 3.11.7.2 Realización de prueba de aislación

- I. Realizar conexión respecto a diagrama Figura N°37
- II. El pulsador de apagado de emergencia no debe ser presionado
- III. Encender equipo de medición EZ-THUMP
- IV. Seleccionar tipo de prueba requerida
- V. Ingresar voltaje adecuado al cable media tensión
- VI. Girar llave conmutadora de AT, debe estar en la posición de encendido
- VII. Presionar Start (botón verde)
- VIII. Esperar el tiempo adecuado para que finalice prueba

A continuación se detalla una secuencia de imágenes para comprender de mejor manera la guía de como realizar prueba de aislación en cable media tensión.

Figura N°3.26: Paso a paso de ensayo a cable MT.



Fuente: Manual de usuario EZ-THUMP

Debemos de contar con tres elementos importantes al momento de finalizada la prueba para que sea un éxito la medición, y esos son:

- Nivel de Voltaje
- Corriente
- Resistencia de aislación

Al no detenerse la prueba quiere decir que no hubo arco eléctrico, el cable ha soportado exitosamente el ensayo de tensión aplicada en DC.

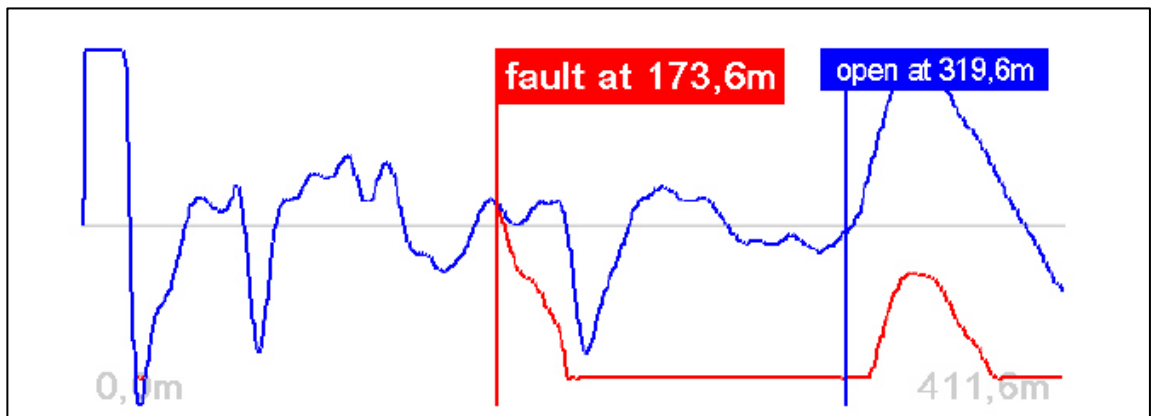
Si el ensayo se detiene automáticamente quiere decir que el cable no pudo ser cargado con la tensión de prueba. Esto podría ser debido a un cortocircuito en el cable

Nota: Luego de que todas las conexiones necesarias hayan sido realizadas, la conexión de puesta a tierra del cable a ser probado puede ser desconectada.

### 3.11.7.3 Ventaja de EZ-THUMP

Una de sus múltiples funciones es detectar una avería en el cable que se le está realizando la prueba de aislación, al detectar una falla automáticamente se detiene declarando un “rompimiento a n voltaje”. Además, se puede realizar una pre-localización en donde podremos detectar a que distancia (metros) se encuentra la falla.

Figura N°3.27: Ruptura y distancia de falla en cable MT



Fuente: Manual de usuario EZ-THUMP



## 4.2 Antecedentes del trabajo

El Presente documento técnico, se referirá a la habilitación de una subestación eléctrica de 1000 (KVA), ubicada en el nivel 100 Cristina-Irma en mina Candelaria UG.

La subestación estará alimentada del nivel 100 Irma 1B, la distribución en MT será seccionada a través de un equipo SWITCHGEAR (SWG) con el TAG 135-SWG-021, el cual alimentará desde la primera salida a la subestación 135-SE-041 nivel 100 Cristina-Irma.

Se deberá realizar una mufa de unión por la distancia que tenemos desde el SWG a S/E, las conexiones en media tensión del SWG contara con 03 kit mufa de terminación tipo bota y en la subestación deberán considerar 01 KIT de mufa de terminación.

La distribución en baja tensión será a través de dos seccionador tipo barras 1250 (A) como interruptor general y tres salidas de 630 (A) cada uno, la distribución de cargas será entregada a través del plano unilineal.

El alimentador en baja tensión desde el breaker principal de la subestación al tablero de barras 135-TDB-028 será de  $240\text{mm}^2$  el cual debe ser triple para permitir una capacidad de corriente de 1250 (A).

El proyecto también incluirá la instalación de un tablero banco de condensadores, el cual se alimentará aguas abajo del breaker principal por medio de un tablero seccionador llamado “LOTOTO” que se indicará en plano unilineal.

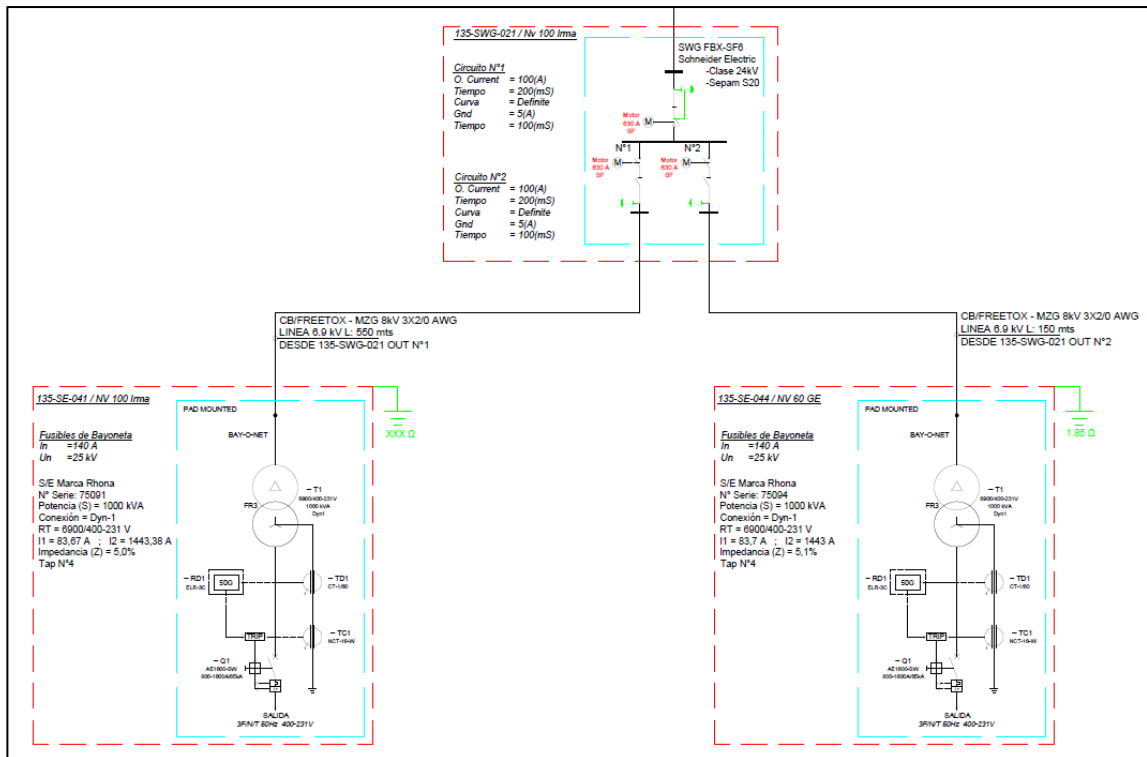
Los requerimientos de montaje y conexiones están de acuerdo con lo establecido en la normativa NSEG 20 En 78, IEEE 81, NCh Elec 10/84 NCH Elec 4/2003, la norma NFPA 70E, DECRETO SUPREMO 109 y a los Criterios de especificaciones técnicas de alimentador de estas características diseño Eléctrico.

Para el diseño del proyecto se toma en consideración la información obtenida por ingeniería Lundin Mining Company. Los alimentadores fueron calculados en base a Norma chilena de electricidad, Tablas Técnicas complementarias y software (ETAP, AutoCAD, Blender).

### 4.3 Empalme, nivel de tensión

El alimentador principal en media tensión (MT) será tomado del circuito N°1 del SWITCHGEAR-021 que actualmente se encuentra ubicado en el nivel 100 Cristina-Irma

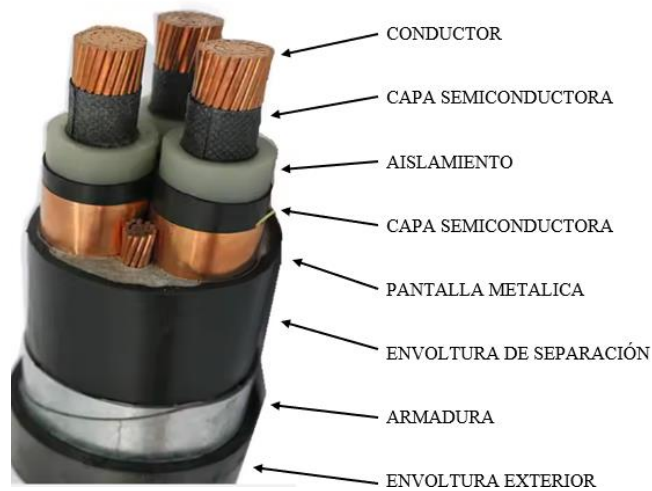
Figura N°4.2: Distribución MT Subestación 100 Cristina-Irma



Fuente: Repositorio Lundin Mining

El alimentador será un cable de MT 3x2/0+3x6 AWG, clase 8 Kv, 133%IL con armadura fleje de acero chaqueta de color rojo pantalla de hilo de cobre, cinta semi conductora no extruida libre de halógenos.

Figura N°4.3: Cable MT con sus características



Para la conexión en media tensión para la subestación 135-SE-041 en nivel 100 Cristina-Irma la mufa de terminación será tipo bota.

Figura N°4.4: Bota tipo ruptura de carga de 200 A



Fuente: Manual de kit mufa unión "228LE46T 25 KV CODO 2-0"



El alimentador en media tensión en el recinto 135-SE-041, deberá canalizarse por medio de escalerillas como se muestra en la siguiente ilustración, respetando estándar establecido por Candelaria UG, para más información ver tabla N°4.1.

Figura N°4.7: Alimentación de subestación en media tensión



Fuente: Archivo Personal

#### 4.4 Distribución en baja tensión

La distribución en BT será a una frecuencia de 50Hz, la tensión de trabajo será 380(V) entre fases y 220(V) entre fase y neutro. Toda estructura metálica deberá encontrarse correctamente aterrizada a través de un sistema puesta a tierra con un alimentador desnudo de cobre verificando en terreno apropiada conexión con la malla tierra que corresponda por nivel o en la línea general de la mina.

El alimentador en baja tensión desde el breaker principal de la subestación al tablero de barras 135-TDB-028 y 135-TDB-029 serán de 240mm<sup>2</sup> el cual deberá ser triple para permitir una capacidad de corriente nominal en breaker principal de 1250 (A).

Figura N°4.8: TDB instalados según estándar implementado por Candelaria UG.



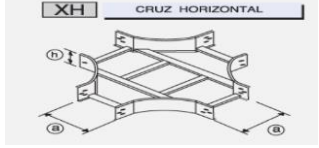
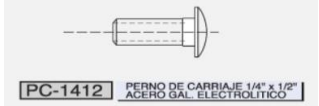



Fuente: Archivo Personal



Para el canalizado de los conductores de baja tensión se utilizarán escalerillas tal cual se representa en la tabla N°4.1 para dar espacio suficiente a futuras proyecciones que puedan ser realizadas en el circuito. A continuación, se evidenciará escalerilla utilizada de acuerdo a estándar para habilitación de subestación en Candelaria UG.

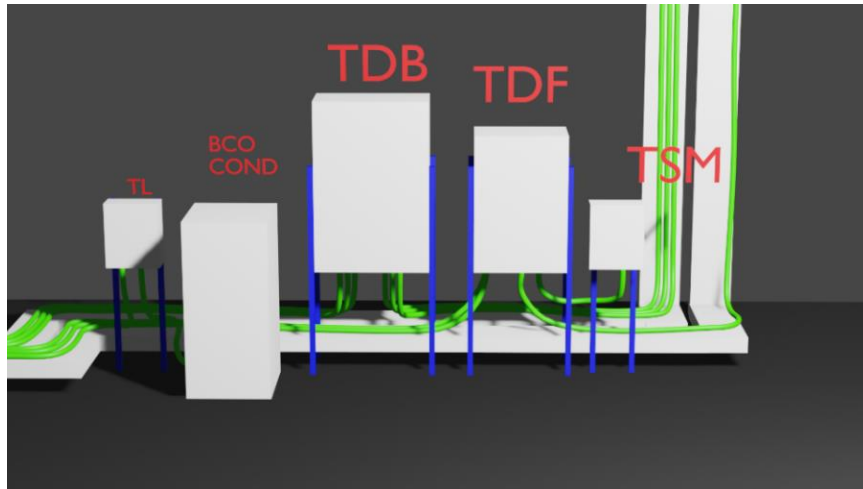
Tabla N°4.1: Estándar establecido de escalerilla para habilitación de recinto eléctrico.

ESTANDAR DE ESCALERILLA RECINTO CAN_UG	
Curva horizontal 90° 300x100mm	
Platina o eclipsa unión escalerilla	
Curva vertical exterior 90° 300x100mm	
Curva vertical interior 90° 300x100mm	
Curva tipo TEE 300x100mm	
Escalera porta conductor 300x100mm	

<p>Curva tipo Cruz 300x100mm</p>	
<p>Perno 1/4"x1/2" acero galvanizado</p>	
<p>Tuerca 1/4"</p>	
<p>Tuerca para riel 42x42 para riel 1/2"</p>	
<p>Sujetador para escalerilla con mordaza simple con perno 1/4"</p>	

Los tableros dentro del recinto de la subestación N°41 deberán posicionarse según la distribución estandarizada por Candelaria UG como se muestra a continuación:

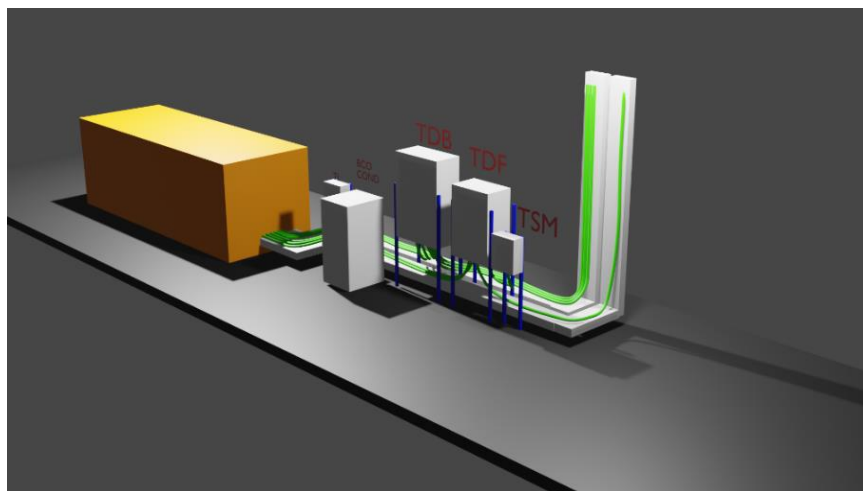
Figura N°4.10: Diseño realizado en Software Blender, estándar instalaciones LMC.



Fuente: Repositorio Lundin Mining

Cada uno de los tableros eléctricos deberá ser montado en su respectivo atril metálico, exceptuando el banco de condensadores el cual se posicionará directamente sobre la losa del recinto por su gran tamaño.

Figura N°4.11: Diseño realizado en Software Blender, estándar instalaciones LMC.



Fuente: Repositorio Lundin Mining

La siguiente imagen muestra la instalación de tableros eléctricos, siguiendo el orden establecido por Minera Candelaria. Este proceso asegura que todos los componentes están ubicados y conectados correctamente según los estándares y procedimientos específicos de la compañía.

Figura N°4.12: Recinto eléctrico subestación 135-SE-041 del nivel 100 Cristina-Irma.



Fuente: Archivo Personal

## CAPITULO V

### MATERIALES PARA LA PUESTA EN SERVICIO

Todos los materiales que sean provistos por el adjudicatario deberán y serán sometidos a la previa aprobación por LUNDIN MINING.

Ante eventuales contradicciones o dudas que pudieran surgir sobre métodos de ejecución o materiales a utilizar se adoptarán aquellos que den mayor seguridad y confiabilidad al conjunto a juicio exclusivo de departamento de ingeniería o supervisor terreno.

Todos los materiales que requieren certificación para su uso cumplen con este requisito.

#### 5.1 Cubicación de materiales.

A continuación, se detallan los valores de los materiales necesarios para habilitar la subestación bajo los estándares establecidos por LMC, en el nivel 100 Cristina-Irma con TAG 135-SE-041. Es importante mencionar que el valor total del proyecto puede variar para otras subestaciones.

Cabe destacar que los valores de los materiales corresponden al último trimestre del presente año y pueden experimentar variaciones en el mercado general al establecer una relación directa con una distribuidora para la compañía.

Tabla N°5.1: Determinación de los costos para habilitar una subestación eléctrica

<b>COMPONENTES PRINCIPALES</b>					
ITEM	MATERIAL	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
1	SUBESTACIÓN RHONA 1000 KVA	1517,03	UN	1	1517,03
2	MALLA A TIERRA RECINTO	447,73	UN	1	447,73
	LOSA RECINTO ELÉCTRICO 12*5 METROS				
3	CIERRE PERIMETRAL 5 METROS	73,74	UN	1	73,74
					2038,51

<b>CABLES ELÉCTRICOS</b>						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
4	CABLE ELÉCTRICO DE 240 MM	4029936	2,62	M	60	157,22
5	CABLE TIERRA 2/0 DESNUDO	4032448	0,40	M	100	39,59
6	CABLE ELÉCTRICO 3X16 AWG (ILUMINACION)	4018814	0,02	M	100	2,35
7	CABLE DE MEDIA TENSIÓN 8 KV	4045958	2,33	M	550	1280,68
						1479,84

TABLEROS ELÉCTRICOS						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
8	TABLERO DE BARRA ESPESOR 3 mm.	4045951	256,13	UN	2	512,26
9	TDA	4056638	24,85	UN	1	24,85
10	TABLERO DE LOTOTO	4069369	128,61	UN	1	128,61
11	BANCO CONDENSADOR	4045952	278,28	UN	1	278,28
						944,01

MUFAS MEDIA TENSIÓN						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
12	MUFA DE UNIÓN 8KV	4022286	11,55	UN	1	11,55
13	CODO OPERABLE 15KV 200A PARA 2/0 AWG 15K	4080707	1,98	UN	3	5,94
14	KIT 3 CODOS RSTI-5851 NORMA EUROPEA	4063827	20,43	KIT	1	20,43
						37,93

INFRAESTRUCTURA RECINTO						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
15	ESCALERILLA 300X100X3000	4053332	1,19	UNIDAD	30	35,78
16	CURVA VERTICAL EXTERIOR	4053329	0,37	UNIDAD	5	1,84
17	CURVA VERTICAL INTERIOR	4053330	0,47	UNIDAD	5	2,33
18	CURVA HORIZONTAL INTERIOR	4053328	0,46	UNIDAD	5	2,28
19	ECLIPSA UNION ESCALERILLA 400X100X3000	4070210	0,08	UNIDAD	60	4,66
20	PERNO COCHE 1/4 X 5/8 COCHE ACERO 1/4 LE	4086117	0,00	UNIDAD	360	0,69
21	RIEL ACANALADO, 41X41X 2.7 MM, UNISTRUT	4039820	1,14	UNIDAD	10	11,36
						58,94

VIA PORTA CABLES						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
22	PIOLA ACERO 1/2" REVESTIDA EN PVC	4044699	0,04	M	600	24,53
23	TACO DE ANCLAJE DE 1/2" GALVANIZAD	4044740	0,01	UN	400	4,95
24	PERNO OJO DE 1/2" X 4" ZINCADO C/HILO	4044739	0,06	UN	400	23,35
25	ANILLA DE SUJECCION	4044846	0,05	UN	600	30,74
26	ESLABON ANGULAR	4045954	0,07	UN	20	1,44
27	PRENSA CROSSBY 1/2"	4023552	0,28	UN	50	14,01
28	PERNO ANCLAJE, DIA 5/8", LG 6	4080625	2,58	KIT	2	5,16
29	BROCA PARA TALADRO 5/8" X 8 " HILTI	4049776	0,74	UN	5	3,70
30	PRENSA PARALELA PARA CABLE 2/0	4031350	0,07	UN	50	3,72
						111,60

ESTANDARIZACIÓN						
ITEM	MATERIAL	CODIGO	UF	MEDIDA	CANTIDAD	COSTO TOTAL
31	ESPUMA CORTAFUEGO INTUMESCENTE	4036693	2,46	UN	2	4,93
32	ETIQUETA ADHESIVA ROTULACION CABLES ELEC	4068616	0,01	UN	15	0,14
33	LUMINARIA LED SMART 3, 1200MM OPAL 5700K	4052168	2,44	UN	6	14,62
34	TIRA LUZ LED BLANCA 10 METROS	4052542	12,16	UN	2	24,32
35	CONTROLADOR DE PODER LUZ LED 300W-IP67	4052543	5,47	UN	1	5,47
36	LETRERO DE EXTINTOR, 500*1000MM	4066607	0,79	UN	2	1,58
37	EXTINTOR POLVO QUIMICO SECO ANSUL	4022695	26,02	UN	2	52,04
38	SOPORTE EXTINTOR DE 20LBS. ANSUL	4027362	4,59	UN	2	9,17
39	GABINETE PLASTICO PARA EXTINTOR	4053402	1,03	UN	2	2,06
40	LETRERO INFO PANEL DE RESCATE 400*1200MM	4066606	0,76	UN	1	0,76
41	LETRERO INFO PANEL DE RESCATE, 800*600M	4066605	0,76	UN	1	0,76
42	LETRERO INFORMATIVO PELIGRO DE MUERTE	4066608	0,25	UN	1	0,25
43	SEÑALETICA CON LEYENDA ARC FLASH	4066600	0,01	UN	1	0,01
44	LETRERO SOLO PERSONAL AUTORIZADO	4066609	0,14	UN	1	0,14
45	SEÑALETICA PELIGRO 6600V, TIPO A	4066592	0,18	UN	1	0,18
46	SEÑALETICA PELIGRO 23000V, TIPO A	4066596	0,18	UN	1	0,18
47	SEÑALETICA AVISO USO OBLIGATORIO DE EPP	4066591	0,56	UN	1	0,56
48	SEÑALETICA INSTRUCTIVA CASO EMERGENCIA	4066601	0,19	UN	1	0,19
49	SEÑALITACA RESUCITACION CARDIO RESPIRATO	4066602	0,19	UN	1	0,19
50	SEÑALETICA COMUNICACIONES DE EMERGENCIAS	4066603	0,19	UN	1	0,19
51	SEÑALETICA ADHESIVA, REGLAS DE ORO ELEC	4066604	0,19	UN	1	0,19
52	GABINETE ROJO MET P/DEFIBRILADOR AED	4069840	5,00	UN	1	5,00
53	TRAJE ARCFLASH CHAQUETA Y PANTALON	4072934	69,23	UN	1	69,23
54	EQUIPO DE RESCATE	4073589	224,29	KIT	1	224,29
						416,45

Fuente: ERP SAP Lundin Mining

De acuerdo para cumplir con la seguridad, normativa y estándar de subestación nivel 100 Cristina-Irma, se necesita un total de **UF 5087,27** que a la fecha de 29 de octubre del año 2024 serían aproximadamente: USD 184.452.960 o CLP 193.158.619.- Para dejar un trabajo bien finalizado y la seguridad que se requiere para un transformador de dichas características.

Nota: Los costos asociados a las “horas-persona” para el desarrollo del proyecto no están detallados dentro de los valores evaluados

## **CAPITULO VI**

### **PLAN MANTENIMIENTO**

Un plan de mantenimiento para una subestación eléctrica es crucial para garantizar la confiabilidad, seguridad y eficiencia operativa. El mantenimiento debe ser sistemático y considerar tanto los aspectos preventivos como correctivos. A continuación, se detalla el plan de mantenimiento general para una subestación eléctrica, dividido por actividades y frecuencia.

#### 6.1 Mantenimiento Predictivo

##### A. Análisis de Aceite de Transformadores

- Frecuencia: Anual

Actividades:

- Realizar análisis de aceite para detectar impurezas, humedad, y otros indicadores de desgaste o falla incipiente.

##### B. Análisis de Vibraciones

- Frecuencia: Anual

Actividades:

- Monitorear las vibraciones en transformadores detectar fallas mecánicas.
- Analizar las frecuencias y patrones de vibración para anticipar posibles problemas.

##### C. Termografía Infrarroja

- Frecuencia: mensual

Actividades:

- Realizar inspección termográfica para identificar puntos calientes en conexiones y equipos eléctricos.
- Detectar anomalías de temperatura que podrían ser indicativos de fallas en los equipos.

## 6.2 Mantenimiento Preventivo (Programado)

### A. Inspección Visual de Equipos y Recinto

- Frecuencia: Mensual

#### Actividades:

- Revisar el estado físico de las estructuras de la subestación.
- Comprobar presencia de corrosión en los elementos metálicos.
- Asegurar que no haya obstrucciones en los accesos o en las áreas de mantenimiento.

### B. Inspección de Transformadores

- Frecuencia: Mensual

#### Actividades:

- Verificar niveles de aceite.
- Revisar el sistema de refrigeración y termómetros de temperatura.
- Comprobar que no haya fugas de aceite.
- Inspeccionar los bornes y conexiones eléctricas.
- Revisar las condiciones del sistema de puesta a tierra.

### C. Inspección de Interruptores

- Frecuencia: Mensual

#### Actividades:

- Verificar el funcionamiento mecánico de interruptores.
- Inspeccionar los contactos y realizar limpieza si es necesario.
- Verificar los controles y las señales de operación.
- Comprobar las conexiones eléctricas y el sistema de disparo.

### D. Inspección de Equipos de Protección (Relés, Fusibles, Disyuntores)

- Frecuencia: Mensual

#### Actividades:

- Verificar la calibración de los relés de protección.
- Comprobar la integridad de los fusibles y reemplazar si es necesario.
- Inspeccionar los sistemas de control.
- Verificar la correcta operación de los disyuntores de baja tensión.

#### E. Inspección de Cables y Conexiones Eléctricas

- Frecuencia: Mensual

##### Actividades:

- Revisar el estado de los cables de alta, media y baja tensión.
- Inspeccionar las conexiones para evitar sobrecalentamientos o posibles fallas.
- Comprobar que las conexiones no presenten corrosión o daños visibles.

#### F. Inspección de Sistema de Puesta a Tierra

- Frecuencia: Mensual

##### Actividades:

- Inspeccionar los electrodos y conexiones del sistema de puesta a tierra.
- Asegurarse de que el sistema cumpla con las normas de seguridad y eficacia.

#### G. Inspección de Sistemas de Control

- Frecuencia: Mensual

##### Actividades:

- Asegurarse de que las señales de alarma y los sistemas de monitoreo funcionen correctamente.

### 6.3 Mantenimiento Correctivo

#### A. Reparación de Equipos de Alta Tensión

- Frecuencia: Según necesidad

##### Actividades:

- Reparación de interruptores, transformadores y otros equipos de alta tensión que hayan fallado.
- Sustitución de componentes defectuosos o dañados.
- Aislamiento de fallas para minimizar el impacto en el sistema.

## B. Reemplazo de Componentes de Baja Tensión

- Frecuencia: Según necesidad

### Actividades:

- Sustitución de interruptores, relés, etc.
- Reparación de cableado defectuoso.
- Reemplazo de componentes electrónicos dañados en los sistemas de control.

## 6.4 Mantenimiento de Infraestructura

### A. Inspección de Sistemas de Iluminación y Señalización

- Frecuencia: Mensual

### Actividades:

- Revisar el sistema de iluminación, tanto para la subestación como para la seguridad (luces de emergencia, señales de advertencia).
- Comprobar que el recinto cuente con todos sus letreros de advertencia.

### B. Inspección de Accesos y Vías

- Frecuencia: Mensual

### Actividades:

- Asegurarse de que los accesos a la subestación estén despejados y en buen estado.

## 6.5 Documentación y Reportes

### A. Control documental

- Frecuencia: Continuo (Durante todas las inspecciones y mantenimientos)

### Actividades:

- Registrar todas las inspecciones, intervenciones y resultados de pruebas.
- Generar informes detallados de mantenimiento para su seguimiento.
- Actualizar los esquemas eléctricos y diagramas de la subestación según sea necesario.

## **CAPITULO VII**

### **CONCLUSIONES**

Actualmente, Lundin Mining cuenta con un informe disponible a nivel macro de la información general del proceso, limitándose a describir algunas actividades relacionadas con el montaje de cableado eléctrico, instalación de transformador y distribución de tableros, sin embargo, en ningún caso, aborda las distintas etapas necesarias para la correcta puesta en marcha de un transformador eléctrico en interior mina. De estas problemáticas es que surge la necesidad de elaborar un procedimiento interno más completo y detallado. Este procedimiento busca guiar de manera clara y estructurada, a quien lo necesite, para el desarrollo de las actividades clave que componen el proceso de comisionamiento y puesta en marcha, garantizando que todos los aspectos técnicos, operativos y de seguridad sean debidamente considerados y gestionados.

Esta investigación, tiene como objetivo fundamental recabar la mayor cantidad de información posible sobre los distintos procesos implicados, iniciando con las primeras etapas de toma de decisiones, las que son cruciales para determinar las especificaciones y características del transformador más adecuado para las necesidades de la operación minera. Además, se realizarán una serie de cálculos técnicos específicos y ensayos hasta su habilitación final para el funcionamiento dentro del entorno de la mina. El objetivo principal es asegurar que el transformador cumpla con los estándares de rendimiento requeridos y pueda operar de manera segura y eficiente, permitiendo la continuidad de las actividades mineras sin interrupciones significativas.

El desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento integral se añade a este procedimiento, como una medida clave para garantizar que el transformador continúe operando en condiciones óptimas a lo largo de su vida útil. El plan de mantenimiento debe incluir actividades programadas de inspección, pruebas, ajustes, y reemplazo de componentes críticos, a fin de prevenir fallas inesperadas y maximizar la eficiencia operativa del transformador. Esto no solo reducirá los costos asociados con reparaciones de emergencia, sino que también garantizará un entorno de trabajo más seguro y confiable. La implementación de este procedimiento interno no solo contribuirá a regular una actividad compleja y multifacética, sino que también permitirá optimizar los recursos involucrados en términos de seguridad, tiempos de ejecución y costos operativos. En un

entorno como el de la minería, donde la seguridad y la eficiencia son factores críticos, contar con un procedimiento estandarizado que abarque todas las fases del proceso desde la planificación hasta la puesta en marcha es esencial para mitigar riesgos, reducir tiempos de inactividad y evitar sobrecostos innecesarios.

Por otro lado, el desarrollo y la formalización de este procedimiento permitirá que todo el personal involucrado se alinee de manera efectiva y eficiente con las etapas necesarias para la correcta instalación y puesta en marcha de los transformadores eléctricos, y la implementación del plan de mantenimiento. Cada miembro del equipo, desde los operarios hasta los ingenieros responsables, podrá seguir directrices claras que aseguren que todos los pasos se realicen de acuerdo con las mejores prácticas y cumpliendo con los más altos estándares de seguridad y calidad. De este modo, no solo se optimizan los tiempos y los recursos, sino que también se favorece una mayor coordinación entre los distintos equipos de trabajo, lo que redundará en una operación más fluida y efectiva.

En conclusión, la creación de este procedimiento interno, junto con el plan de mantenimiento, no solo es una respuesta a la falta de documentación integral sobre el proceso, sino una medida estratégica que proporcionará un marco claro y seguro para la operación. Esto facilitará la gestión eficiente de cada fase del proyecto, minimizando riesgos, mejorando la calidad global del servicio, y garantizando la puesta en marcha exitosa del transformador eléctrico, habilitándolo para el soporte adecuado de las actividades mineras y extendiendo su vida útil a través de un mantenimiento adecuado y continuo.

## CAPITULO VIII GLOSARIO

- **Lundin Mining Company (LMC):** Empresa mandataria y propietaria de las instalaciones de Candelaria.
- **Candelaria Underground (CAN\_UG):** Faena en donde se llevó a cabo la instalación de la subestación nivel 100 Cristina-Irma.
- **Ensayos:** Aplicación de las medidas tomadas en la instalación eléctrica por medio de las cuales se prueba su eficacia.
- **Mantenimiento:** La combinación de todas las acciones técnicas y administrativas, incluidas las de supervisión, está destinada a mantener o restituir el estado de un elemento, de manera que satisfaga su función prevista.
- **Puesta en servicio:** Es el proceso de conectar una instalación de consumo de energía eléctrica a la red de una empresa distribuidora o a un sistema de generación autónomo. Esto garantiza el funcionamiento adecuado de todos sus componentes y de los dispositivos conectados.
- **Media tensión (MT):** Circuito de 6,900V utilizado en este proceso de habilitación de subestación.
- **Baja tensión (BT):** Circuito de 220-400V utilizado en todos los sistemas eléctricos.
- **Alimentadores:** Son aquellos conductores eléctricos que van entre el equipo de medida y el primer tablero de la instalación, o los conductores controlados desde el tablero general y que alimentan tableros generales auxiliares o tableros de distribución.

- **Canalización:** Conjunto formado por conductores eléctricos, elementos que los soportan y accesorios que aseguran su fijación y protección mecánica.
- **Switchgear (SWG):** Los componentes de media tensión “Switchgear” es un equipo eléctrico conectado a los sistemas de suministro eléctrico que protegen el circuito interrumpiendo las corrientes en condiciones de funcionamiento anormales. El propósito principal de los componentes de los cuadros de distribución eléctrica es interrumpir la configuración eléctrica para trabajos regulares de mantenimiento y reparación.
- **Subestación Eléctrica (S/E):** Es una instalación que forma parte del sistema de distribución de energía eléctrica. Su función principal es transformar los niveles de voltaje de la energía eléctrica para facilitar su transmisión y distribución.
- **Tablero de Barra (TDB):** Seccionador de circuitos en baja tensión (400 V) para la distribución de energía eléctrica.
- **Tablero de lototo (TDL):** Equipado con un único interruptor para seccionar el tablero de Fuerza, permitiendo un corte independiente con fines de mantenimiento, reparación o modificación.
- **Tablero banco condensador (TBC):** Mejoran el factor de potencia al reducir la diferencia de fase entre el voltaje y la corriente además de Reducir las pérdidas técnicas y mejoran la estabilidad de la tensión evitando penalizaciones por parte de la empresa suministradora de energía.
- **SPT o SPAT:** Sistema de puesta a tierra, presente en todo recinto eléctrico, destinado a la protección de equipos y personas.
- **Mufa:** Proceso para unir dos cables, ya sea en media o baja tensión, utilizando modelo de terminación o unión, según sea el caso necesario.

- **DAR (Dielectric Absorption Ratio):** Es la relación entre la resistencia de aislamiento medida a 60 segundos y la medida a 30 segundos después de aplicar una tensión de prueba.
- **IP (Polarization Index):** Es la relación entre la resistencia de aislamiento medida a 10 minutos y la medida a 1 minuto después de aplicar una tensión de prueba.
- **Comisionamiento:** es el proceso de verificar y documentar que los sistemas y componentes de una infraestructura, como una subestación eléctrica, están diseñados, instalados y probados de acuerdo con los requisitos operacionales del propietario o del proyecto. Este proceso asegura que todos los sistemas funcionen correctamente y que la instalación esté lista para operar de manera segura y eficiente.
- **LOTOTO:** es el acrónimo en inglés de Lock-Out, Tag-Out, Try-Out, que significa bloqueo, etiquetado y verificación. Este procedimiento se aplica para controlar energías peligrosas como las eléctricas, mecánicas, hidráulicas, neumáticas, químicas y térmicas.

## CAPITULO IX





### BIBLIOGRAFÍA

1. *Chapman, S. J. (2012). Máquinas eléctricas (5ª ed.). McGraw-Hill.*
2. *Congreso Nacional. (2020). Puesta a tierra, RPTD N°06. GALAS.*  
<https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/09/Pliego-T%C3%A9cnico-Normativo-RPTD-N%C2%B006-Puesta-a-tierra.pdf> *Accedido el 15 octubre del 2024.*
3. *Congreso Nacional. (2020). Puesta en marcha, RPTD N°16. GALAS.*  
<https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/09/Pliego-T%C3%A9cnico-Normativo-RPTD-N%C2%B016-Puesta-en-servicio.pdf>  
*Accedido el 15 de octubre del 2024.*
4. *Congreso Nacional. (2021). Puesta a tierra y enlace equipotencial, RIC N°06. GALAS.* <https://www.sec.cl/centro-de-descargas/#64-598-conductores-proteccion-puesta-a-tierra> *Accedido el 15 de octubre del 2024.*
5. *Congreso Nacional. (2021). Subestaciones y salas eléctricas, RIC N°13. GALAS.*  
<https://www.sec.cl/centro-de-descargas/#64-601-subestaciones-y-salas-electricas> *Accedido el 15 de octubre del 2024.*
6. *Enríquez Harper, G. (2004). Práctico de los generadores, transformadores y motores. Editorial Limusa.*  
<https://books.google.es/books?id=P62ebMavSIIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> *Accedido el 12 de agosto del 2024.*
7. *Lundin Mining. (n.d.). Candelaria Mine. Lundin Mining.*  
<https://lundinmining.com/operations/candelaria-mine/> *Accedido el 01 de octubre del 2024.*

## CAPITULO X ANEXOS


### 10.1 Protocolos de comisionamiento

Figura N°10.1: Protocolo prueba de alto potencial (HIPOT)

	<b>REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS</b>		REG-OP-448				
	CABLE DE MEDIA TENSION NUEVO		Rev.0				
	PRECOMISIONAMIENTO		19-10-2021				
<b>DESCRIPCION</b>							
Fecha de Ejecución: Viernes 26 de Julio del 2024		N° Prot: _____		643			
Obra: Mantenición y desarrollo de servicios Candelaria UG							
N° Proyecto: CC 242		Sistema: _____		3200			
Área o Sector: Minera Candelaria UG		Subsistema: _____		3250			
Ubicación: Nivel 100 Cristina-Irma							
Equipo o Elemento Asociado: Cable Media Tensión 8KV		Tag: _____		135-CMT-100-120			
Plano Asociado: Nivel Cristina-Lila 100-120-170 CMT		Rev.: _____		0			
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>							
Fabricante: NEXANS		Sección: 2/0 AWG		Tensión nominal: 8 KV			
Longitud: 550 mts		Tipo: Minero		Clase de aislación: Armadura de acero			
<b>INSPECCION PREVIA</b>							
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SI	N/A	OBSERVACIONES			
1	Antes de comenzar las pruebas eléctricas, verificar la demarcación del área de trabajo.	X		Se cierra sector con cenefa y conos de seguridad			
2	Verificar que las fases entre sí y con respecto a tierra, se encuentren aisladas.	X		Se realiza prueba de continuidad equipo amperimetro 376FC			
3	Verificar que los para rayos y transformadores de poder se encuentren desconectados de la línea a probar.	X		Se desconecta de SWG-021 Nivel 100 IRMA 1B			
4	Verificar continuidad e identificación de las fases de la línea a probar.	X		Se realiza medición de continuidad			
5	Realizar caminata previa a las pruebas de alto potencial.	X		Se realiza caminata junto a Jefe Turno LMC y JMT			
6	Verificar nivel de tensión de los aisladores.	X		Se realiza verificación con nivel de tensión aplicada			
7	Mantener orden y aseo, antes, durante y después de haber realizado las pruebas eléctricas.	X		Se realiza segregación de residuos en el lugar de trabajo			
<b>CRITERIO DE ACEPTACION SEGÚN NETA ATS 2017 (TABLA 100,6)</b>							
<b>RIGIDEZ DIELECTRICA - PRUEBA DE ALTO POTENCIAL (HI-POT)</b>							
Fase-Fase Tensión nominal kV	Tamaño del conductor AWG o kcmil (mm)	Espesor de aislamiento nominal			Tensión máxima de prueba kV		
		100%	mm	133%	DC	100%	133%
8	6 - 1000 (13,3 - 507)	115 (2,92)	mm	140 (3,56)	DC	36	44
	Por encima de 1000 (507)	175 (4,45)		175 (4,45)		36	44
<b>IDENTIFICACION DE EQUIPO DE PRUEBA</b>							
Equipo de prueba	Marca	Modelo	N° Serie				
HIPOT	MEGGER	EZ-THUMP12	51540820				
<b>RIGIDEZ DIELECTRICA - PRUEBA DE ALTO POTENCIAL (HI-POT)</b>							
Tiempo	Tensión DC	Fase R v/s Tierra - Fuga (mA)	Fase S v/s Tierra - Fuga (mA)	Fase T v/s Tierra - Fuga (mA)			
1 minuto	4 kV	0,09	0,09	0,08			
2 minutos	8 kV	0,1	0,1	0,1			
3 minutos	12 kV	0,12	0,12	0,12			
4 minutos	12 kV	0,12	0,13	0,13			
5 minutos	12 kV	0,13	0,14	0,13			
COMENTARIOS:							
<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> En revisión <input type="checkbox"/> Rechazado		<i>'En acuerdo con mandante, se realiza prueba a cable nuevo con tensión aplicada en DC de 1,5 a 2 veces su nominal'.</i>					
<b>SUPERVISOR DE TERRENO</b>		<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA - JMT</b>		<b>SUPERVISOR ELECTRICO - LMC</b>			
NOMBRE: EDUARDO CAMPILAY B.		NOMBRE: <i>Piero Zúñiga Córdova</i>		NOMBRE: DANIEL PLAZA Z.			
FECHA: 26/06/24		FECHA: <i>01/07/2024</i>		FECHA: <i>07-07-24</i>			
FIRMA: 		FIRMA: 		FIRMA: 			




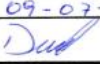
Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.2: Protocolo precomisionamiento DAR-IP

		REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS		REG-OP-449	
		TRANSFORMADOR DE PODER: DAR - IP		Rev.0	
		PRECOMISIONAMIENTO		02-01-2024	
<b>DESCRIPCION</b>					
Fecha de Ejecución: Viernes 26 de Junio del 2024		N° Prot: 27			
Obra: Habilitación de Subestación Eléctrica					
N° Proyecto: 135-SE-041		Sistema: 300			
Área o Sector: Minera Candelaria UG		Subsistema: 350			
Ubicación: Nivel 100 Cristina-Irma					
Eq. o Elemento Asociado: Transformador RHONA - PAD MOUNTED		Tag: 135-SE-041			
Plano Asociado: Nivel Cristina-Lila 100-120-170 CMT		Rev.: ene-24			
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>					
Fabricante:	Rhona	V. Nominal Prim:	6900 V	I. Nominal Prim:	83,7 A
N° de Serie:	75069	V. Nominal Sec:	400 V	I. Nominal Sec:	1443 A
P. Nominal:	1000 KVA	Frecuencia (Hz):	50	Conexión:	Dyn-1
Tipo:	Pad Mounted	Impedancia (Z%):	5,00%	Año Fabricación:	2021
<b>INSPECCION VISUAL</b>					
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SI	N/A	OBSERVACIONES	
1	Antes de comenzar las pruebas eléctricas, verificar la demarcación del área de trabajo.	X		Se cierra sector con cenefa y conos de seguridad	
2	Verificar que en lado primario y secundario del transformador de poder se encuentren desconectados los cables.	X		Correcta la conexión de terminales eléctricos	
3	Verificar que la estructura del transformador de poder se encuentre aterrizado a malla a tierra.	X		Estructura de Subestación se encuentra correctamente aterrizada	
4	Una vez terminadas las pruebas eléctricas, se deberá dejar el equipo en las mismas condiciones encontradas.	X		Se normaliza condiciones de subestación luego de su ensayo	
5	Mantener orden y aseo antes, durante y después de haber realizado las pruebas eléctricas.	X		Se realiza segregación de residuos en el lugar de trabajo	
<b>CRITERIO DE ACEPTACION SEGUN ANSI/IEEE C57.12.90 - C57.12.91 2011</b>					
<b>RESISTENCIA DE AISLACION</b>					
Tensión de línea (kV)	Tensión máxima de prueba VDC Delta	Tensión máxima de prueba VDC Estrella	Resistencia de aislación mínima (MΩ) Transformadores		
1,2	1000	500	32		
2,5	2500	1000	68		
5	5000	2500	135		
8,66	5000	5000	230		
<b>IDENTIFICACION DE EQUIPO DE PRUEBA</b>					
Equipo de prueba	Marca	Modelo	N° Serie		
Medidor de resistencia de aislación	MEGGER	MIT 1025	101954097		
<b>RESISTENCIA DE AISLACION (GΩ)</b>					
Tensión aplicada DC	Alta v/s Baja (GUARD a Tierra)	Alta v/s Baja + Tierra	Baja v/s Alta + Tierra		
	5000 V	5000 V	500 V		
Tiempo	30 segundos	1,09 GΩ	683 MΩ		
	1 minuto	1,36 GΩ	888 MΩ		
	10 minutos	2,65 GΩ	1,18 MΩ		
DAR > 1,0	1,33	1,25	1,30		
IP > 1,0	2,00	1,93	1,33		
COMENTARIOS: Pruebas realizadas satisfactoriamente de acuerdo a los criterios descritos en la norma ANSI/IEEE C57.12.90.					
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado				
<input type="checkbox"/>	En revisión				
<input type="checkbox"/>	Rechazado				
<b>SUPERVISOR DE TERRENO</b>		<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA - JMT</b>		<b>SUPERVISOR ELECTRICO - LMC</b>	
NOMBRE: EDUARDO CAMPILAY B.		NOMBRE: <i>Daniel Plaza E</i>		NOMBRE: <i>Daniel Plaza E</i>	
FECHA: 26/06/24		FECHA: <i>02/07/2024</i>		FECHA: <i>09-07-24</i>	
FIRMA: <i>[Firma]</i>		FIRMA: <i>[Firma]</i>		FIRMA: <i>[Firma]</i>	





Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.3: Protocolo Relación de transformación

	<b>REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS</b>		REG-OP-451 Rev.0 19-10-2021
	TRANSFORMADOR DE PODER: TTR		
	PRECOMISIONAMIENTO		
<b>DESCRIPCION</b>			
Fecha de Ejecución: Viernes 26 de Junio del 2024		N° Prot: 27	
Obra: Habilitación de Subestación Eléctrica			
N° Proyecto: 135-SE-041		Sistema: 300	
Área o Sector: Minera Candelaria UG		Subsistema: 350	
Ubicación: Nivel 100 Cristina-Irma			
Eq. o Elemento Asociado: Transformador RHONA - PAD MOUNTED		Tag: 135-SE-041	
Plano Asociado: Nivel Cristina-Lila 100-120-170 CMT		Rev.: ene-24	
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>			
Fabricante: Rhona	V. Nominal Prim: 6900 V	I. Nominal Prim: 83,7 A	
N° de Serie: 75069	V. Nominal Sec: 400 V	I. Nominal Sec: 1443 A	
P. Nominal: 1000 kVA	Frecuencia (Hz): 50	Conexión: Dyn-1	
Tipo: Pad Mounted	Impedancia (Z%): 5,0%	Año Fabricación: 2021	
<b>CRITERIO DE ACEPTACION SEGUN ANSI/IEEE C57.12.90 - C57.12.91 2011</b>			
<b>RAZON DE TRANSFORMACION - TTR</b>			
ERROR ≤ 0,5 % de la razón indicada en la placa característica y razones adyacentes de un mismo TAP.			
<b>IDENTIFICACION DE EQUIPO DE PRUEBA</b>			
<b>Equipo de prueba</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>N° Serie</b>
Medidor de resistencias bajas	MEGGER	MWA 300-47	12490820
<b>PARAMETROS RAZON DE TRANSFORMACION - TTR</b>			
<b>TAP</b>	<b>Tensión primaria V</b>	<b>Tensión secundaria V</b>	<b>TTR Calculado</b>
1	7245	400	31,37177025
2	7073	400	30,62698840
3	6900	400	29,87787643
4	6728	400	29,13309458
5	6555	400	28,38398261
<b>MEDICIONES RAZON DE TRANSFORMACION - TTR</b>			
<b>TAP</b>	<b>H1 - H3 / X1 - X0</b>	<b>H2 - H1 / X2 - X0</b>	<b>H3 - H2 / X3 - X0</b>
1	31,336	31,325	31,330
2	30,573	30,585	30,574
3	29,818	29,826	29,832
4	29,080	29,083	29,081
5	28,333	28,322	29,336
<b>ERRORES RAZON DE TRANSFORMACION - TTR (%)</b>			
<b>TAP</b>	<b>H1 - H3 / X1 - X0</b>	<b>H2 - H1 / X2 - X0</b>	<b>H3 - H2 / X3 - X0</b>
1	-0,11	-0,15	-0,13
2	-0,18	-0,14	-0,17
3	-0,20	-0,17	-0,15
4	-0,18	-0,17	-0,18
5	-0,18	-0,22	-0,17
COMENTARIOS: Pruebas realizadas satisfactoriamente de acuerdo a los criterios descritos en la norma ANSI/IEEE C57.12.90.			
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado		
<input type="checkbox"/>	En revisión		
<input type="checkbox"/>	Rechazado		
<b>SUPERVISOR DE TERRENO</b>		<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA - JMT</b>	
NOMBRE: EDUARDO CAMPILAY B.		NOMBRE: <i>Diego Espinoza O.</i>	
FECHA: 26/06/24		FECHA: <i>07/07/2024</i>	
FIRMA: 		FIRMA: 	
		<b>SUPERVISOR ELECTRICO - LMC</b>	
		NOMBRE: <i>Daniel Plaza Z.</i>	
		FECHA: <i>09-07-24</i>	
		FIRMA: 	

Fuente: Repositorio JMT



Figura N°10.4: Protocolo resistencia de devanado

		REGISTRO DE PRUEBAS ELECTRICAS		REG-OP-450
		TRANSFORMADOR DE PODER: RESISTENCIA DE DEVANADO		Rev.0
		PRECOMISIONAMIENTO		02-01-2024
<b>DESCRIPCION</b>				
Fecha de Ejecución: Viernes 26 de Junio del 2024		N° Prot: 27		
Obra: Habilitación de Subestación Eléctrica				
N° Proyecto: 135-SE-041		Sistema: 300		
Área o Sector: Minera Candelaria UG		Subsistema: 350		
Ubicación: Nivel 100 Cristina-Irma				
Eq. o Elemento Asociado: Transformador RHONA - PAD MOUNTED		Tag: 135-SE-041		
Plano Asociado: Nivel Cristina-Lila 100-120-170 CMT		Rev.: ene-24		
<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>				
Fabricante: Rhona	V. Nominal Prim: 6900 V	I. Nominal Prim: 83,7 A		
N° de Serie: 75069	V. Nominal Sec: 400 V	I. Nominal Sec: 1443 A		
P. Nominal: 1000 KVA	Frecuencia (Hz): 50	Conexión: Dyn-1		
Tipo: Pad Mounted	Impedancia (Z%): 5,0%	Año Fabricación: 2021		
<b>INSPECCION VISUAL</b>				
ITEM	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	SI	N/A	OBSERVACIONES
1	Antes de comenzar las pruebas eléctricas, verificar la demarcación del área de trabajo.	X		Se cierra sector con cenefa y conos de seguridad
2	Verificar que en lado primario y secundario del transformador de poder se encuentren desconectados los cables.	X		Correcta la conexión de terminales eléctricos
3	Verificar que la estructura del transformador de poder se encuentre aterrizado a malla a tierra.	X		Estructura de Subestación se encuentra correctamente aterrizada
4	Una vez terminadas las pruebas eléctricas, se deberá dejar el equipo en las mismas condiciones encontradas.	X		Se normaliza condiciones de subestación luego de su ensayo
5	Mantener orden y aseo antes, durante y después de haber realizado las pruebas eléctricas.	X		Se realiza segregación de residuos en el lugar de trabajo
<b>CRITERIO DE ACEPTACION SEGUN ANSI/IEEE C57.12.90 - C57.12.91 2011</b>				
<b>RESISTENCIA DE ENROLLADO / DEVANADO</b>				
ERROR ≤ 5 % entre las medidas de los devanados adyacentes de un mismo TAP.				
<b>IDENTIFICACION DE EQUIPO DE PRUEBA</b>				
Equipo de prueba	Marca	Modelo	N° Serie	
Medidor de resistencias bajas	MEGGER	MWA 300-47	12490820	
<b>RESISTENCIA DE ENROLLADOS LADO PRIMARIO (mΩ)</b>				
TAP	H1 - H3	H2 - H1	H3 - H2	
1	371,00	370,00	367,80	
2	362,10	361,10	358,90	
3	353,10	352,10	349,90	
4	344,20	343,20	341,00	
5	335,20	334,20	332,10	
<b>RESISTENCIA DE ENROLLADOS LADO SECUNDARIO (μΩ)</b>				
X1 - X0	X2 - X0	X3 - X0	% ERROR (Máx. 2%)	
3,258	3,216	3,195	1,946	
<b>COMENTARIOS:</b>				
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprobado	Pruebas realizadas satisfactoriamente de acuerdo a los criterios descritos en la norma ANSI/IEEE C57.12.90.		
<input type="checkbox"/>	En revisión			
<input type="checkbox"/>	Rechazado			
<b>SUPERVISOR DE TERRENO</b>		<b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA - JMT</b>		<b>SUPERVISOR ELECTRICO - LMC</b>
NOMBRE: EDUARDO CAMPILAY B.		NOMBRE: <i>Eduardo Campillay B.</i>		NOMBRE: DANIEL PLAZA Z.
FECHA: 26/06/24		FECHA: <i>26/06/2024</i>		FECHA: <i>09-07-24</i>
FIRMA: 		FIRMA: 		FIRMA: 

Fuente: Repositorio JMT



10.2 Pauta de inspección recinto eléctrico

Figura N°10.5: Pauta de inspección

FAENA		N° DE ORDEN DE TRABAJO		FECHA:	
		<b>INSPECCION ELECTRICA RECINTO SUBESTACION</b>			
<b>INFORMACION GENERAL</b>					
<b>NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO ENERGIZADO</b>					
Tag Equipo			Nivel		
<b>ITEM A INSPECCIONAR</b>					
Iluminación		Observaciones			Fecha de corrección
1	LOS EQUIPOS DE ALUMBRADO ESTAN OPERATIVOS Y EN BUEN ESTADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR PROGRAMAR SU MEJORA, SI LA SUBESTACION ESTA TOTALMENTE SIN ILUMINACION Y ESTA ENERGIZADA DETENER Y REPARAR	
2	EXISTE TABLERO TDA Y ESTA EN BUEN ESTADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR PROGRAMAR SU INSTALACION	
3	LOS CABLES ESTAN ORDENADOS Y CON SUS ROTULOS	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PROGRAMAR	
Cierre Perimetral y enforno		Observaciones			Fecha de corrección
4	EXISTE CIERRE PERIMETRAL Y ESTA EN BUEN ESTADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO CORREGIR INMEDIATAMENTE	INMEDIATA
5	LA PUERTA DEL CIERRA PERIMETRAL ESTA CERRADA Y BLOQUEA EL PASO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO CORREGIR INMEDIATAMENTE	INMEDIATA
6	ESTA TODO EL CIERRE PERIMETRAL ATERRIZADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO CORREGIR INMEDIATAMENTE	INMEDIATA
Extintores		Observaciones			Fecha de corrección
7	EXISTEN 2 EXINTORES Y ESTAN EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO CORREGIR INMEDIATAMENTE	INMEDIATA
8	LOS EXINTORES ESTAN UBICADO EN LA PARTE EXTERIOR DEL CERCO PERIMETRAL	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO CORREGIR INMEDIATAMENTE	INMEDIATA
Señaléticas		Observaciones			Fecha de corrección
9	EXISTE LA IDENTIFICACION DE LA SUBESTACION NUMERO Y TAG	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
10	EXISTE LA INDICACION DE LA TENSION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
11	EXISTE LA INDICACION PELIGRO DE MUERTE	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
12	EXISTE LA INDICACION PELIGRO , INGRESO SOLO PERSONAL AUTORIZADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
13	EXISTE LA INDICACION PELIGRO TENSION 6900V	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
14	EXISTE LA INDICACION DE USO EPP ADECUADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
15	EXISTE LA INDICACION DE EXPLICACION COMO REALIZAR RCP	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
Piso/Loza Subestación		Observaciones			Fecha de corrección
16	LA LOSA ESTA LIMPIA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PLANIFICAR LA REPOSICION	
Accesorios de Salvataje		Observaciones			Fecha de corrección
17	EXISTE EQUIPO DE RESCATE	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, NO INGRESE AL RECINTO SIN DESENROZGAR ESTE EQUIPO COMPLETAMENTE E IR ACOMPAÑADO DE UN ESPECIALISTA, SU REPOSICION DEBE SER INMEDIATA	INMEDIATA
<b>Protocolo de recepción:</b>					
Supervisor JMT		Fecha		Firma	
Planificador JMT		Fecha		Firma	
Realizado Por		Fecha		Firma	
Observaciones :					
<b>TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR</b>					



Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.6: Pauta de inspección

		INSPECCION ELECTRICA PUESTA A TIERRA			
FAENA					
N° DE ORDEN DE TRABAJO				FECHA:	
INFORMACION GENERAL					
<b>NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO ENERGIZADO</b>					
Tag Equipo				Nivel	
DATOS DE PLACA			OBSERVACIONES		
NUMERO DE CHICOTES		6			
DIMENSIONES DE LA MALLA		6x4			
ITEM A INSPECCIONAR					
Conexiones		Observaciones			Fecha de corrección
1	TODOS LAS ESTRUCTURAS ESTAN ATERRIZADAS	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CONECTAR A TIERRA	INMEDIATA
2	LAS PUESTAS A TIERRA ESTAN EN BUEN ESTADO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR	INMEDIATA
4	LOS TERMINALES QUE ESTAN UTILIZADOS ESTAN EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR	INMEDIATA
8	LOS CIERRES PERIMETRALES ESTAN ATERRIZADOS COMPLETAMENTE	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CONECTAR A TIERRA	INMEDIATA
<b>Protocolo de recepción:</b>					
Supervisor Contratista				Fecha	
Planificador Contratista				Fecha	
Realizado Por				Fecha	
Observaciones :					
TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR					

Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.7: Pauta de inspección

		INSPECCION ELECTRICA CELDA MEDIA TENSION					
FAENA		N° DE ORDEN DE TRABAJO		FECHA:			
INFORMACION GENERAL							
<b>NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO ENERGIZADO</b>							
Tag Equipo				Nivel			
<b>INSTRUCCIONES: INGRESE LOS DATOS DE PLACA, SI NO LOS ENCUENTRA FAVOR INDICAR EN EL ESPACIO EN BLANCO</b>				<b>INSTRUCCIONES: EXISTEN ALGUNAS SUBESTACIONES UNITARIAS QUE NO POSEEN LA INSTRUMENTACION EN SUS CELDAS FAVOR INGRESAR ESTA INFORMACION.</b>			
¿POSEE LOS DATOS DE PLACA?		SI	NO	¿POSEE INSTRUMENTACION?		SI	NO
DATOS DE PLACA				REGISTRO			
Tensión Nominal				Potencia:	P1:	P2:	P3:
N° Serie				Tensión (6900)	V1:	V2:	V3:
Marca/Modelo				Corriente:	I1:	I2:	I3:
Año Fabricación/ Peso Total				Factor de Potencia			
<b>INSTRUCCIONES: MARQUE CON UNA "X" SOBRE SI, SI LA CONDICION SE CUMPLE Y SOBRE NO SI LA CONDICION NO CUMPLE, APLIQUE LA OBSERVACION INDICADA</b>							
ITEM A INSPECCIONAR							
Conexiones			Observaciones e Indicaciones				Fecha de corrección
1	ESTA LA CELDA CONECTADA A TIERRA Y LA CONEXIÓN ESTA EN BUENA CONDICIÓN (CONDICIÓN DE OPERACIÓN) (D6132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CONECTAR A TIERRA			INMEDIATA
2	LOS CABLES TIENEN SOPORTACION (NO INFLUYE EN LA OPERACIÓN)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, PLANIFICAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
3	LOS CONDUCTORES ELECTRICOS QUE ENTRAN Y SALEN ESTAN ROTULADOS (NO INFLUYE EN LA OPERACIÓN)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, PLANIFICAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
Operación			Observaciones e Indicaciones				Fecha de corrección
4	EXISTEN ELEMENTOS DE OPERACIÓN EN LA CELDA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, SALTAR CASILLAS 6			
5	LOS ELEMENTOS DE OPERACION FUNCIONAN Y ESTA EN BUENA CONDICION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO INDIQUE INMEDIATAMENTE ESTA CONDICION Y DEJE BLOQUEADO ESTE EQUIPO PARA QUE NO SE PUEDA OPERAR, NO ES NECESARIO EL CORTE DE ENERGIA.			
Estructura			Observaciones e Indicaciones				Fecha de corrección
6	EXISTEN HOYADURAS SIN CABLES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES SI DEJE BLOQUEADO EL SECTOR AVISE Y programe para el siguiente turno el corte para sellar esta hoyadura			INMEDIATA
7	LA PUERTA DE LA CELDA ESTA CERRADA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CERRAR, SI NO ES POSIBLE HACERLO DETENGA INMEDIATAMENTE PARA MEJORAR ESTA CONDICION			INMEDIATA
8	ESTA LA CELDA ANCLADA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, FAVOR PROGRAMAR ESTA ACTIVIDAD PARA LA PROXIMA MANTENCION			
9	LA CELDA EN SU EXTERIOR ESTA LIMPIA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR LIMPIAR			INMEDIATA
10	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE RIESGO ELECTRICO (D6132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PROGRAMAR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
11	POSEE VISOR	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR SALTAR LA CASILLA 12			
12	EL VISOR ESTA LIMPIO Y EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR PROGRAMAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
13	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE VOLTAJE EN MEDIA TENSION (D6132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR			INMEDIATA
14	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE PELIGRO ARCO ELECTRICO (NPPA70E)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR			INMEDIATA
Documentación			Observaciones e Indicaciones				Fecha de corrección
15	LA CELDA POSEE INSTRUMENTACION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR SALTAR CASILLAS 16-17			
16	LAS LUCES ESTAN EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
17	POSEE LA DOCUMENTACION NECESARIA PARA CHEQUEO DE INSTRUMENTACION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
<b>Protocolo de recepción:</b>							
Supervisor JMT				Fecha	Firma		
Planificador JMT				Fecha	Firma		
Realizado Por				Fecha	Firma		
Observaciones :							
<b>TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR</b>							

Fuente: Repositorio JMT



Figura N°10.8: Pauta de inspección

JMT JOCELYN MORENO SERVICIOS A LA MINERIA		INSPECCION ELECTRICA CELDA BAJA TENSION			Candelaria CANTON		
FAENA		N° DE ORDEN DE TRABAJO			FECHA:		
INFORMACION GENERAL							
NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO ENERGIZADO							
Tag Equipo				Nivel			
INSTRUCCIONES: INGRESE LOS DATOS DE PLACA, SI NO LOS ENCUENTRA FAVOR INDICAR EN EL ESPACIO EN BLANCO				INSTRUCCIONES: EXISTEN ALGUNAS SUBESTACIONES UNITARIAS QUE NO POSEEN LA INSTRUMENTACION EN SUS CELDAS FAVOR INGRESAR ESTA INFORMACION.			
DATOS DE PLACA				REGISTRO			
Tensión Nominal				Potencia			
N° Serie				Tensión equipo(400V)			L1: L2: L3:
Marca/Modelo				Tensión con respecto a neutro(230V)			L1-N: L2-N: L3-N:
Año Fabricacion				Tensión con respecto a tierra(0V)			L1-T: L2-T: L3-T:
Peso Total				Corriente(DEPENDE DEL CONSUMO)			I1: I2: I3:
ITEM A INSPECCIONAR							
Conexiones				Observaciones			Fecha de corrección
1	LA CELDA ESTA CONECTADA A TIERRA (DS132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CONECTAR A TIERRA			INMEDIATA
2	LOS TERMINALES ESTAN EN BUENAS CONDICIONES (CONDICION DE OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR			INMEDIATA
3	LOS CABLES TIENEN SOPORTACION (NO INFLUYE EN LA OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, PLANIFICAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
4	LA TENSION ENTRE FASES ESTA ENTRE 380 Y 415 V (CONDICION DE OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, SI ES MAYOR O MENOR VERIFICAR TAP Y TENSION EN MEDIA TENSION			INMEDIATA
5	LOS CABLES QUE ENTRAN Y SALEN DE LA CELDA POSEEN ROTULO	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, PLANIFICAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
Elementos				Observaciones			Fecha de corrección
6	ESTAN LAS LUCES PILOS EN BUEN ESTADO (CONDICION DE OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR			INMEDIATA
7	EXISTEN PROTECCIONES FUGA A TIERRA Y ESTAN EN BUEN ESTADO (CONDICION DE OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR			INMEDIATA
8	LOS INTERRUPTORES ESTAN EN BUEN ESTADO (CONDICION DE OPERACION)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO DETENER INMEDIATAMENTE PARA CORREGIR			INMEDIATA
Estructura				Observaciones			Fecha de corrección
9	EXISTEN HOYADURAS SIN CABLES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES SI DEJE BLOQUEADO EL SECTOR AMSE Y programe para el siguiente turno el corte para sellar esta hoyadura			INMEDIATA
10	LA PUERTA DE LA CELDA ESTA CERRADA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CERRAR, SI NO ES POSIBLE HACERLO DETENGA INMEDIATAMENTE PARA MEJORAR ESTA CONDICION			INMEDIATA
11	ESTA LA CELDA ANCLADA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO, FAVOR PROGRAMAR ESTA ACTIVIDAD PARA LA PROXIMA MANTENCION			
12	LA CELDA EN SU EXTERIOR ESTA LIMPA	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR LIMPIAR			INMEDIATA
13	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE RIESGO ELECTRICO (DS132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO PROGRAMAR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
14	POSEE VISOR	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR SALTAR LA CASILLA 12			
15	EL VISOR ESTA LIMPIO Y EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR PROGRAMAR PARA LA PROXIMA MANTENCION			
16	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE VOLTAJE EN MEDIA TENSION (DS132)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR			INMEDIATA
17	EXISTE LA SEÑAL ETICA DE PELIGRO ARCO ELECTRICO (NFA70E)	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR			INMEDIATA
Documentación				Observaciones			Fecha de corrección
18	LA CELDA POSEE INSTRUMENTACION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR SALTAR CASILLAS 19-20			
19	LAS LUCES ESTAN EN BUENAS CONDICIONES	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
20	POSEE LA DOCUMENTACION NECESARIA PARA CHEQUEO DE INSTRUMENTACION	SI	NO	SI LA RESPUESTA ES NO FAVOR CORREGIR INMEDIATAMENTE			INMEDIATA
<b>Protocolo de recepción:</b>							
Supervisor JMT				Fecha		Firma	
Planificador JMT				Fecha		Firma	
Realizado Por				Fecha		Firma	
Observaciones :							
<b>TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR</b>							

Fuente: Repositorio JMT



### 10.3 Pauta de mantención recinto eléctrico

Figura N°10.9: Pauta de mantención

		<b>MANTENCION ELECTRICA RECINTO SUBESTACION ELECTRICA</b>			
FAENA					
N° DE ORDEN DE TRABAJO				FECHA	
INFORMACION GENERAL					
<b>NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZA CON EQUIPO DESENERGIZADO</b>					
TAG EQUIPO				NIVEL	
ÍTEM A CONSIDERAR PARA UNA CORRECTA MANTENCION					
Iluminación			Observaciones		
1	CAMBIAR EQUIPOS DE ALUMBRADO QUE SE ENCUENTREN EN MAL ESTADO				
2	REALIZAR MANTENCIÓN ELÉCTRICA A TODA				
3	ORDENAR Y ROTULAR CABLES ELÉCTRICOS AL INTERIOR DE TDA				
Cierre Perimetral y entorno			Observaciones		
4	REALIZAR MAJORA ESTRUCTURAL EN CIERRE PERIMETRAL				
5	CAMBIAR POMELES PUERTA CCEBO PRINCIPAL				
6	ATERRIZAR CIERRE PERIMETRAL DE RECINTO				
Extintores			Observaciones		
7	CAMBIAR GABINETES PORTA EXTINTOR DE POLICARBONATO QUE SE ENCUENTREN EN MAL ESTADO				
8	INSTALAR O CAMBIAR SEÑALETICAS DE IDENTIFICACIÓN DE EXTINTORES				
Señaléticas			Observaciones		
9	INSTALAR SEÑALETICA CON NOMBRE DE SUBESTACION ELECTRICA				
10	INSTALAR SEÑALETICAS PARA EXTINTORES DE RECINTO				
11	INSTALAR SEÑALETICA DE PELIGRO DE MUERTE				
12	INSTALAR SEÑALETICA DE NO ENTRAR SOLO PERSONAL AUTORIZADO				
13	INSTALAR SEÑALETICA PELIGRO 4100 V, 6900 V O 23.000 V				
14	INSTALAR SEÑALETICA AVISO USO OBLIGATORIO DE EPP				
15	INSTALAR SEÑALETICA DE EMERGENCIA, RESCATE, RCP Y REGLAS DE ORO				
Piso / Losa Subestación			Observaciones		
16	REALIZAR LIMPIEZA DE LOSA RECINTO SUBESTACION ELECTRICA				
Accesorios de Salvataje			Observaciones		
17	EXISTE EQUIPO DE RESCATE				
Protocolo de recepción:					
Supervisor JMT				Fecha	Firma
Planificador JMT				Fecha	Firma
Realizado Por				Fecha	Firma
Observaciones :					
TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS, SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR.					



Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.10: Pauta de mantención

		<b>MANTENCIÓN ELECTRICA PUESTA A TIERRA</b>			
FAENA					
N° DE ORDEN DE TRABAJO				FECHA	
INFORMACION GENERAL					
NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZA CON EQUIPO DESENERGIZADO					
Tag Equipo				Nivel	
DATOS DE PLACA			OBSERVACIONES		
NUMERO DE CHICOTES	6				
DIMENSIONES DE LA MALLA	6x4				
ITEM A CONSIDERAR PARA UNA CORRECTA MANTENCION					
Conexiones			Observaciones		
1	REALIZAR LIMPIEZA DE LOS PUNTOS DE CONEXION (LIMPIAR LO ABULFATADO CON ESCOBILLA DE ACERO Y AGUA DESMINERALIZADA)				
2	REALIZAR REAPRETE DE LOS PERNOS DE CONEXION (DEBE REALIZAR CON FUERZA CONTROLADA)				
4	REALIZAR MEDICION DE CONTINUIDAD ENTRE ESTRUCTURA DEL EQUIPO A TIERRA (VERIFICAR CERTIFICACION DE MALLA A TIERRA)				
6	REALIZAR MEDICION DE CONTINUIDAD CIERRE PERIMETRAL A TIERRA				
Protocolo de recepción:					
Supervisor Contratista				Fecha	Firma
Planificador Contratista				Fecha	Firma
Realizado Por				Fecha	Firma
Observaciones :					
TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS, SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR.					

Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.11: Pauta de mantención

		MANTENCION ELECTRICA CELDA DE MEDIA TENSION			
TADIA					
N° DE ORDEN DE TRABAJO				FECHA	
<b>INFORMACION GENERAL</b>					
<b>NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO DESENERGIZADO</b>					
TAG EQUIPO				NIVEL	
<b>INTRUCCIONES: INGRESE LOS DATOS DE PLACA, SI NO LOS ENCUENTRA FAVOR INDICAR EN EL ESPACIO EN BLANCO</b>					
Tensión Nominal					
N° Serie		Capacidad de Fusibles Celda N°1		IT:	I2:
Marca/Modelo				IK:	IK:
Año Fabricación		Capacidad de Fusibles Celda N°2		IT:	I2:
Peso Total				IK:	IK:
<b>ITEM A CONSIDERAR PARA UNA CORRECTA MANTENCION</b>					
<b>Conexiones</b>			<b>Observaciones</b>		
1 REALIZAR APRIETE DE CONEXIONES A TIERRA (ESTRUCTURA)					
2 REVISION DE TERMINALES, LIMPIEZA Y APRIETE EN BARRA DE DISTRIBUCION					
3 REVISION DE BARRA TIERRA, REALIZAR LIMPIEZA Y APRIETE					
4 REVISION DE ESTADO DE MUFAS DE TERMINACION, LIMPIEZA Y ELIMINACION DE RESIDUOS					
<b>Protecciones</b>			<b>Observaciones</b>		
5 REVISION DE ADOORNAMIENTO MECANICO DE CELDA (LIMPIEZA Y ELIMINACION DE RESIDUOS EN CUCHILLOS)					
6 REVISION DE ENCLAVAMIENTO DE PROTECCION EN PUERTA DE CELDA					
7 REVISION DE FUSIBLES (TESTEAR Y REGISTRAR CAPACIDAD)					
<b>Estructura</b>			<b>Observaciones</b>		
8 REVISAR ESTADO DE GABINETE (REALIZAR LIMPIEZA Y RETIRO DE RESIDUOS)					
9 REVISION DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS					
10 REVISAR ESTADO DE SEÑALÉTICAS REGLAMENTARIAS (CAMBIAR Y/O REPONER)					
11 REVISAR ROTULADO DE CABLES (CAMBIAR Y/O REPONER)					
<b>Protocolo de recepción</b>					
Supervisor JMT		Fecha		Firma	
Planificador JMT		Fecha		Firma	
Realizado por		Fecha		Firma	
Observaciones:					
<b>TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS, SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR.</b>					

Fuente: Repositorio JMT

Figura N°10.12: Pauta de mantención

JMT JOCELYN MORENO		MANTENCION ELECTRICA CELDA DE BAJA TENSION				Candelaria	
FAENA				FECHA			
N° DE ORDEN DE TRABAJO							
INFORMACION GENERAL							
NOTA: ESTA PAUTA SE REALIZARA CON EQUIPO DESENERGIZADO							
TAG EQUIPO						NIVEL	
INSTRUCCIONES: INGRESE LOS DATOS DE PLACA, SI NO LOS ENCUENTRA FAVOR INDICAR EN EL ESPACIO EN BLANCO.				INSTRUCCIONES: EXISTEN ALGUNAS SUBESTACIONES UNITARIAS QUE NO POSEEN LA INSTRUMENTACION EN SUS CELDAS, FAVOR INGRESAR ESTA INFORMACION.			
DATOS DE PLACA				REGISTRO			
Tensión Nominal				Potencia			
N° Serie				Tensión equipo (400V)	L1:	L2:	L3:
Marca/Modelo				Tensión con respecto a neutro (230V)	L1-N:	L2-N:	L3-N:
Año Fabricación				Tensión con respecto a tierra (0V)	L1-T:	L2-T:	L3-T:
Peso Total				Corriente (depende del consumo)	I1:	I2:	I3:
ITEM A CONSIDERAR PARA UNA CORRECTA MANTENCION							
Conexiones				Observaciones			
1 REALIZAR APRIETE DE CONEXIONES A TIERRA (STRUCTURAL)							
2 REVISION DE TERMINALES, LIMPIEZA Y APRIETE (BREAKER Y BARRA DE DISTRIBUCION)							
3 APRIETE DE TERMINAL DE BUSHING EN BARRA							
4 REVISION DE BARRA NEUTRO, REALIZAR LIMPIEZA Y APRIETE							
5 REVISION DE BARRA TIERRA, REALIZAR LIMPIEZA Y APRIETE							
6 APRIETE DE CONEXIONES DE INSTRUMENTACION (SI APLICA)							
Protecciones				Observaciones			
7 REVISION DE ACCIONAMIENTO MECANICO DE BREAKER (REALIZAR MEDICION DE CONTINUIDAD)							
8 REVISION DE PELE DE FUGA A TIERRA (PRUEBA FUNCIONAL)							
9 REVISION DE AJUSTE DE PROTECCIONES (REGISTRAR)							
Elementos				Observaciones			
10 REVISAR ESTADO DE VISOR, LIMPIEZA Y REGISTRO DE VALORES (SI APLICA)							
11 REALIZAR CAMBIO DE LUCES PILOTOS (SI APLICA)							
Estructura				Observaciones			
12 REVISAR ESTADO DE GABINETE, REALIZAR LIMPIEZA Y RETIRO DE RESIDUOS							
13 REVISION DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS							
14 REVISAR ESTADO DE SEÑALÉTICAS REGLAMENTARIAS (CAMBIAR Y/O REPONER)							
15 REVISAR ROTULADO DE CABLES (CAMBIAR Y/O REPONER)							
Protocolo de recepción							
Supervisor JMT		Fecha		Firma			
Plificador JMT		Fecha		Firma			
Realizado por		Fecha		Firma			
Observaciones:							
TODOS LOS CAMPOS DEBEN SER LLENADOS, SI NO OCURRE ESTO EL DOCUMENTO NO ES VALIDO PARA AUDITAR.							

Fuente: Repositorio JMT