PRODYM ESP S.A.S.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CENTRAL DE GENERACIÓN ARUSÍ



PROYECTO

EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN EJECUTADAS BAJO EL CONTRATO DE OBRA No 2141407 CON EL FIN DE PONER EN FUNCIONAMIENTO LAS REDES ELÉCTRICAS EXISTENTES DEL TRAMO ARUSÍ, PARTADÓ Y TERMALES Y DEL TRAMO DE LA 'Y' AL PUNTO DENOMINADO 'CASA DE MÁQUINAS' EN EL MUNICIPIO DE NUQUÍ.

DOCUMENTO TÉCNICO

ELABORADO POR:	PRODYM ESP S.A.S.
PROPIETARIO:	Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial S.A – ENTerritorio S.A
UBICACIÓN:	Arusí, Municipio de Nuquí, Departamento del Chocó
VERSIÓN:	1.0
FECHA:	2026

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 8
1.1 INTRODUCCIÓN 8
1.2 OBJETIVOS GENERALES 9
1.3 OBJETIVO PARTICULARES 9
1.4 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN 10
2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS 14
2.1 DEFINICIONES SEGÚN RETIE 2024 14
2.2 OTRAS DEFINICIONES BÁSICAS DE OPERACIÓN 16
2.3 CRITERIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN 19
2.3.1 ESTABILIDAD 20
2.3.2 FLEXIBILIDAD 20
2.3.3 DISPONIBILIDAD 21
3. RECOMENDACIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD 21
3.1 REGLAS DE SEGURIDAD 23
3.2 REGLAS DE ORO O PASOS QUE SALVAN VIDAS 25
3.3 RECOMENDACIONES RETIE 27
3.3.1 TRABAJOS EN REDES O SISTEMAS DESENERGIZADOS 27
3.3.2 MANIOBRAS 29
3.3.3 VERIFICACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO 29
3.3.4 TRABAJOS EN ALTURA 30
3.3.5 TRABAJOS CERCA DE CIRCUITOS AÉREOS ENERGIZADOS 30
3.3.6 LISTA DE VERIFICACIÓN PARA TRABAJOS EN CONDICIONES DE ALTO RIESGO 32
4. CENTRAL DE GENERACIÓN ARUSÍ 33
4.1 PUESTA A TIERRA 33
4.2 BAHÍA DE TRANSFORMACIÓN 34
4.2.1 BAHÍA DE GENERACIÓN 35
4.3 EQUIPOS DE LA CENTRAL DE GENERACIÓ ARUSÍ 38
4.3.1 TABLERO DE POTENCIA 38
4.3.2 TABLERO DE SINCRONISMO 42
4.3.3 CELDA DE MEDIDA 46
4.3.4 INTERRUPTOR 50
4.3.5 TABLERO DE CIRCUITOS CON TRANSFERENCIA INTEGRADA 52
4.3.6 NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV 54
5. SISTEMA DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIO 54
5.1 PANEL DE CONTROL DE ALARMA CONTRA INCENDIOS 55
5.2 SENSORES DE HUMO 56

5.2.1 Sensor de humo N.° 1 – Zona 1 56
5.2.2 Sensor de humo N.° 2 – Zona 2 57
5.2.3 Sensor de humo N.° 3 – Zona 3 57
5.2.4 Sensor de humo N.° 4 – Zona 4 57
5.3 ALARMA AUDIOVISUAL CON LUZ ESTROBOSCÓPICA 57
5.4 USO DE EXTINTORES EN CASO DE INCENDIO 58
6. MANUAL DE OPERACIÓN 60
6.1 OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS Y SINCRONISMO - CENTRAL ARUSÍ (NUQUÍ) 60
6.1.1 Verificaciones previas al arranque 61
6.1.2 Encendido del control local 6120MKII 61
6.1.3 Preparación del gabinete de sincronismo 8610MKII 61
6.1.4 Arranque desde los controladores de sincronismo 61
6.1.5 Sincronización de otros equipos y reparto de corriente 62
6.1.6 Cierre del interruptor general 62
6.1.7 Suspensión normal del servicio 62
6.1.8 Actuación ante cortocircuito o apagado repentino 63
6.1.9 Resumen operativo de señales esperadas 63
6.2.1 Funciones principales 64
6.2.2 Condición normal 64
6.2.3 Teclado e indicadores 65
6.2.4 Estructura de menús 66
6.2.5 Parámetros del dispositivo (DEV.PARA) 68
6.2.6 Parámetros de ingeniería 69
6.2.7 Ajustes de protección 71
6.2.8 Consulta de mediciones y registros 74
6.2.9 Actuación ante disparo 74
6.2.10 Actuación ante alarma 74
6.2.11 Modificación de parámetros 75
6.2.12 Recomendaciones 75
6.3 CENTRAL DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS CONVENCIONAL IRON04 ... 75
6.3.1 Presentación de la central IRON04 75
6.3.2 Distribución de zonas en la Central de Generación Arusí 76
6.3.3 Características técnicas principales 76
6.3.4 Panel de control 77
6.3.5 Indicadores luminosos generales 78
6.3.6 Operaciones y maniobras de la central IRON04 79
6.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN 80
6.4.1 Atención de fallas y condiciones anormales de operación 80

6.4.2 Desconexión del transformador asociado al circuito 81
6.4.3 Resumen maniobras para la intervención de las redes 82
7. RUTINAS DE MANTENIMIENTO 83
7.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO 84
7.1.1 Mantenimiento predictivo 84
7.1.2 Mantenimiento preventivo 85
7.1.3 Mantenimiento correctivo 85
7.2 MANTENIMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS 85
7.2.1 Condiciones de seguridad para el mantenimiento 85
7.2.2 Inspección general antes de la operación 86
7.2.3 Sistema de combustible 86
7.2.4 Sistema de lubricación 87
7.2.5 Sistema de refrigeración 88
7.2.6 Sistema de admisión de aire 88
7.2.7 Correa del ventilador 89
7.2.8 Sistema de escape 89
7.2.9 Panel de control de la planta 90
7.2.10 Batería y sistema de arranque 90
7.2.11 Alternador eléctrico 91
7.2.12 Bastidor, anclajes y elementos antivibratorios 92
7.2.13 Condiciones que requieren mantenimiento inmediato 92
7.2.14 Frecuencias básicas de mantenimiento 92
7.2.15 Registro del mantenimiento 93
7.3 MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE SINCRONISMO Y CONTROL 94
7.3.1 Frecuencia recomendada 95
7.4 MANTENIMIENTO DE LA CELDA DE MEDIDA 95
7.4.1 Frecuencia recomendada 96
7.5 MANTENIMIENTO DEL INTERRUPTOR DE SALIDA EN MEDIA TENSIÓN 97
7.5.1 Frecuencia recomendada 98
7.6 MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS Y SISTEMAS DE 24 VDC 99
7.7 MANTENIMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS 100
7.7.1 Control de vegetación y limpieza del corredor de línea 101
7.7.2 Limpieza de la red, elementos aislantes y control de contaminación 101
7.8 MANTENIMIENTO GENERAL DE LA INFRAESTRUCTURA CIVIL 103
7.8.1 MANTENIMIENTO DE PUERTAS DE ALUMINIO 103
7.8.2 MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE 106
7.8.3 MANTENIMIENTO DEL CERRAMIENTO EN MALLA ESLABONADA Y TUBERÍA GALVANIZADA 108
7.8.4 MANTENIMIENTO DE LA CUBIERTA Y CANOERAS 109

7.8.5 MANTENIMIENTO DE PINTURA EXTERIOR E INTERIOR 111
7.8.6 MANTENIMIENTO DE REJILLAS METÁLICAS 112
7.8.7 MANTENIMIENTO DE GRIFERÍA Y APARATOS SANITARIOS 112
7.8.8 MANTENIMIENTO DE CONTRAPISOS, ANDENES Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO 113
7.8.9 TANQUE SUBTERRÁNEO 114
7.8.10 TRAMPAS DE GRASA..... 115
7.8.11 TANQUE ELEVADO..... 115
7.8.12 Baja y reemplazo de equipos y accesorios 117
7.8.13 FRECUENCIAS GENERALES DE MANTENIMIENTO 121
8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA 123
8.1 INTERNOS 123
8.2 EXTERNOS..... 124

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIAGRAMA UNIFILAR B.T./M. T DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN ARUSÍ. 12
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LA CENTRAL. 13
FIGURA 3. CENTRAL DE GENERACIÓN ARUSÍ 33
FIGURA 4. MALLA DE PUESTA A TIERRA SUBESTACIÓN ARUSÍ. 34
FIGURA 5. BAHÍA DE TRANSFORMACIÓN 225 KVA 35
FIGURA 6. GENERADORES DIÉSEL SIN CABINA Y CABINADO..... 36
FIGURA 7. BAHÍA DE GENERACIÓN. 36
FIGURA 8. CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR DIÉSEL DE 125 KVA 37
FIGURA 9. CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR DIÉSEL DE 100 KVA 37
FIGURA 10. TABLERO POTENCIA UBICADO EN EL CUARTO DE OPERACIÓN. 39
FIGURA 11. DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO POTENCIA 40
FIGURA 12. CONEXIÓN DE BREAKER´S MOTORIZADOS Y TOTALIZADOR DEL TABLERO DE POTENCIA. 41
FIGURA 13. TABLERO SINCRONISMO UBICADO EN EL CUARTO DE OPERACIÓN. 43
FIGURA 14. DIAGRAMA UNIFILAR MÓDULOS 1 Y 2 DE LA CELDA DE SINCRONISMO. 44
FIGURA 15. DIAGRAMA UNIFILAR MÓDULOS 3 Y 4 DE LA CELDA DE SINCRONISMO. 45
FIGURA 16. CELDA DE MEDIDA UBICADA EN EL CUARTO DE OPERACIÓN. 47
FIGURA 17. DIAGRAMA UNIFILAR DE CELDA DE MEDIDA. 48
FIGURA 18. DIAGRAMA UNIFILAR DE MEDIDOR ELECTRÓNICO DE LA CELDA DE MEDIDA. 49
FIGURA 19. DIAGRAMA UNIFILAR INTERRUPTOR. 50
FIGURA 20. INTERRUPTOR UBICADO EN EL CUARTO DE EQUIPOS. 51
FIGURA 21. TABLERO DE CIRCUITOS CON TRANSFERENCIA INCORPORADA UBICADO EN EL CUARTO DE OPERACIÓN. 52

FIGURA 22. DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLERO DE CIRCUITOS CON TRANSFERENCIA INCORPORADA. 53
FIGURA 23. SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO. 54
FIGURA 24. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL PANEL DE CONTROL. 55
FIGURA 25. PANEL DE CONTROL (CENTRAL IRON04). 56
FIGURA 26. EXTINTOR PORTÁTIL. 58
FIGURA 27. EXTINTORES TIPO ROBOT. 59
FIGURA 28. EXTINTOR TIPO ROBOT CUARTO DE EQUIPOS. 59
FIGURA 29. RELÉ FS-R210. 64
FIGURA 30. BOTONES Y COMANDOS. 65
FIGURA 31. INDICADORES LUMÍNICOS. 65
FIGURA 32. MENÚ DE MONITOREO – PARTE 1. 66
FIGURA 33. MENÚ DE MONITOREO – PARTE 2. 67
FIGURA 34. PARÁMETROS DEL DISPOSITIVO DEV.PARA – PARTE 1. 68
FIGURA 35. PARÁMETROS DEL DISPOSITIVO DEV.PARA – PARTE 2. 69
FIGURA 36. PARÁMETRO INGENIERÍA – PARTE 1. 69
FIGURA 37. PARÁMETRO INGENIERÍA – PARTE 2. 70
FIGURA 38. PARÁMETRO INGENIERÍA – PARTE 3. 71
FIGURA 39. PARÁMETRO DE CONFIGURACIÓN DE PROTECCIONES – PARTE 1. 72
FIGURA 40. PARÁMETRO DE CONFIGURACIÓN DE PROTECCIONES – PARTE 2. 73
FIGURA 41. PARÁMETRO DE CONFIGURACIÓN DE PROTECCIONES – PARTE 3. 74
FIGURA 42. PANEL DE CONTROL DE LA CENTRAL CONVENCIONAL IRON04. 77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RETIE, LIBRO 3 – TÍTULO 15 – ARTÍCULO 3.15.6 – TABLA 3.15.6.A: DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS CERCA DE REDES Y LÍNEAS ENERGIZADAS. . 31
TABLA 2. RETIE, LIBRO 3 – TÍTULO 15 – ARTÍCULO 3.15.8 – TABLA 3.15.8.A: DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD QUE SE PUEDE ACERCAR UNA PERSONA NO COMPETENTE A UN ELEMENTO ENERGIZADO. 31
TABLA 3. RETIE, LIBRO 3, TÍTULO 15, ARTÍCULO 3.15.2, TABLA 3.15.2.A: “LISTA DE VERIFICACIÓN, TRABAJOS EN CONDICIONES DE ALTO RIESGO” 32
TABLA 4. SEÑALES TABLERO DE SINCRONISMO. 63
TABLA 5. ZONAS SISTEMA CONTRA INCENDIO. 76
TABLA 6. INDICADORES DE LUZ SEGÚN EVENTO O ANOMALÍA. 78
TABLA 7. OPERACIÓN 1. 79
TABLA 8. OPERACIÓN 2. 79
TABLA 9. OPERACIÓN 3. 79
TABLA 10. OPERACIÓN 4. 79
TABLA 11. FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO. 93

TABLA 12. FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO DE GRIFERÍAS Y APARATOS SANITARIOS. 113
TABLA 13. FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO GENERAL. 123

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente manual establece las instrucciones generales de operación y mantenimiento que deben seguirse para la atención, inspección, maniobra y conservación de los equipos y sistemas asociados a la Central de Generación Arusí, ubicada en el municipio de Nuquí, departamento del Chocó.

Este documento tiene como finalidad servir de guía para el personal encargado de operar la central, de manera que las actividades de arranque, sincronización, transferencia de carga, parada, inspección y mantenimiento se realicen bajo criterios de seguridad, continuidad del servicio, protección de los equipos y prevención de fallas operativas.

De igual forma, el manual incluye una descripción general de la disposición física de los equipos, los principales componentes eléctricos y mecánicos, las condiciones básicas de operación, las rutinas de mantenimiento preventivo y las recomendaciones generales para la atención de eventos anormales o condiciones de falla.

Como material complementario de consulta, deberán tenerse en cuenta los manuales de instalación, operación y mantenimiento suministrados por los fabricantes de los diferentes equipos que conforman la central, tales como plantas eléctricas diésel, tablero de potencia, gabinete de sincronismo, celda de control, transformador, celdas de media tensión, interruptores, bombas de combustible y demás elementos asociados.

Es indispensable que todo el personal profesional, técnico y operativo relacionado con la operación y mantenimiento de la Central de Generación Arusí conozca el contenido de este manual, se familiarice con sus procedimientos y lo aplique de manera estricta durante el desarrollo de sus actividades. El cumplimiento de estas instrucciones contribuye a reducir errores de operación, prevenir daños en los equipos, proteger la integridad del personal y asegurar la continuidad del servicio eléctrico en las comunidades atendidas.

1.2 OBJETIVOS GENERALES

Servir como guía para la operación segura, ordenada y eficiente de los equipos que conforman la Central de Generación Arusí, listando las rutinas básicas de mantenimiento preventivo necesarias para conservar en condiciones adecuadas los equipos eléctricos, mecánicos y auxiliares de la central, garantizando la continuidad, confiabilidad y calidad del servicio eléctrico suministrado a los corregimientos de Arusí, Partadó y Termales, en el municipio de Nuquí, departamento del Chocó.

1.3 OBJETIVO PARTICULARES

Para alcanzar el objetivo general, el presente manual considera los siguientes objetivos particulares:

- Presentar una descripción general de la Central de Generación Arusí, identificando sus principales equipos, sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, sistemas de control, sistema de combustible y elementos auxiliares.
- Establecer las definiciones, criterios y recomendaciones básicas que deben tenerse en cuenta durante la operación normal de la central.
- Revisar las reglas básicas de seguridad aplicables a las actividades de operación, inspección, mantenimiento y maniobra de los equipos eléctricos y mecánicos de la central.
- Definir las condiciones previas que debe verificar el operador antes del arranque de las plantas diésel, incluyendo niveles de combustible, estado de tableros, protecciones, alarmas, sistemas de control, canalizaciones, ventilación y condiciones generales del área de trabajo.
- Describir las maniobras y secuencias básicas de operación para el arranque, sincronización, toma de carga, operación en paralelo, transferencia de carga y parada de las unidades de generación.
- Establecer recomendaciones para la coordinación de maniobras operativas, especialmente aquellas relacionadas con la energización, desenergización, sincronización, salida de servicio de equipos y atención de eventos que puedan afectar la continuidad del suministro eléctrico.
- Listar las señales, alarmas, registros y eventos que deben ser observados por el operador para identificar oportunamente condiciones anormales de funcionamiento en las plantas diésel, tablero de potencia, gabinete de sincronismo, transformador, celdas de media tensión, sistema de control y sistema de combustible.

- Definir rutinas básicas de mantenimiento preventivo para la adecuada conservación de las plantas diésel, tableros eléctricos, transformador, celdas, bombas de combustible, tanques de almacenamiento, tanques de distribución y demás equipos asociados.
- Establecer recomendaciones generales para la atención inicial de fallas, anomalías o condiciones inseguras que puedan presentarse durante la operación de la central.
- Promover una operación segura que permita proteger la integridad del personal, evitar daños en los equipos, prevenir afectaciones al medio ambiente y mantener la continuidad del servicio eléctrico en las comunidades atendidas.

Las instalaciones objeto del presente manual deberán conservarse en condiciones adecuadas de operación y mantenimiento, de acuerdo con la reglamentación técnica aplicable, las recomendaciones de los fabricantes y las buenas prácticas de operación de sistemas eléctricos y de generación diésel. Para ello, el operador deberá realizar inspecciones, pruebas, mantenimientos y correcciones de manera eficiente, oportuna y documentada, con el fin de evitar condiciones de alto riesgo para las personas, los equipos, los animales, el medio ambiente y la continuidad del servicio.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN

La central está conformada por cuatro plantas diésel: dos unidades de 100 kVA y dos unidades de 125 kVA, asociadas a un tablero de potencia y a un gabinete de sincronismo y control. Desde estos equipos se realizan las maniobras de arranque, sincronización, conexión, desconexión, transferencia de carga y supervisión de las variables operativas.

En baja tensión, los alimentadores de cada planta se conducen desde el tablero de potencia a través de tuberías PVC-DB de 4”, instaladas en un cárcamo de aproximadamente 70 cm de ancho por 70 cm de profundidad. En este cárcamo se dispone una bandeja portacables principal de 50 cm x 8 cm para los conductores de potencia y una bandeja adicional de 10 cm x 8 cm para los cables de control blindados N.° 18, encargados de transmitir las señales de mando y sincronismo entre la celda de control y las plantas.

Desde el tablero de potencia se alimenta el lado de baja tensión del transformador de potencia de 225 kVA, el cual eleva la tensión del sistema hasta 13,2 kV para permitir la entrega de energía a la red de distribución primaria. En el lado de media tensión, la salida del transformador se conduce hacia la celda de medida mediante

un remonte en aire. Posteriormente, desde la celda de medida, el circuito continúa hacia un remonte aislado en gas SF6, que permite la conexión con el interruptor de salida. Finalmente, desde este interruptor se realiza la conexión con la red primaria local encargada de distribuir la energía hacia los corregimientos atendidos por la central.

La central cuenta además con un sistema de almacenamiento y trasiego de combustible diésel. El combustible es impulsado desde una caseta de trasiego ubicada aproximadamente a 150 m de la central, mediante una bomba de 10 HP, hacia tres tanques generales de almacenamiento de 3336 galones cada uno. Posteriormente, una bomba interna de 5 HP conduce el combustible hacia cuatro tanques de distribución de 483 galones, uno por cada planta, desde los cuales se alimentan las unidades de generación por gravedad.

La operación de la central debe realizarse verificando previamente las condiciones eléctricas, mecánicas, de control y de combustible. Una vez encendidas y sincronizadas las plantas, la energía generada es concentrada en el tablero de potencia, elevada a 13,2 kV mediante el transformador y entregada a la red de distribución que alimenta los corregimientos de Arusí, Partadó y Termales.

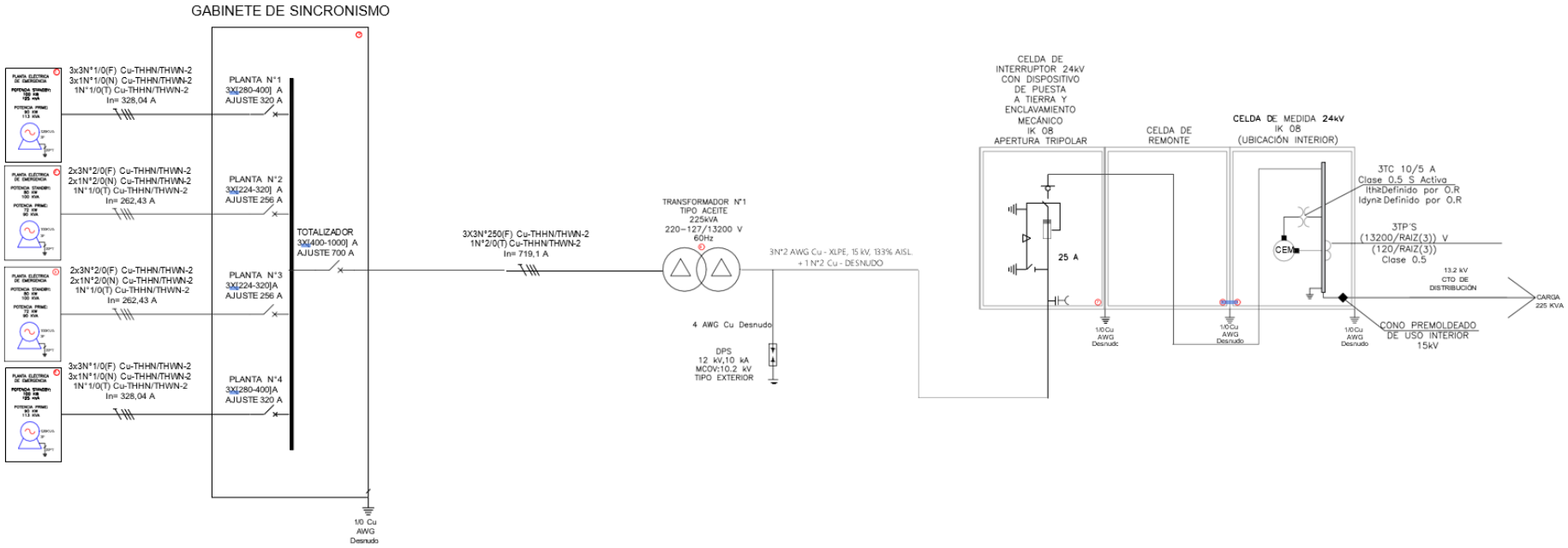


Figura 1. Diagrama unifilar B.T./M. T de la Central de Generación Arusí.

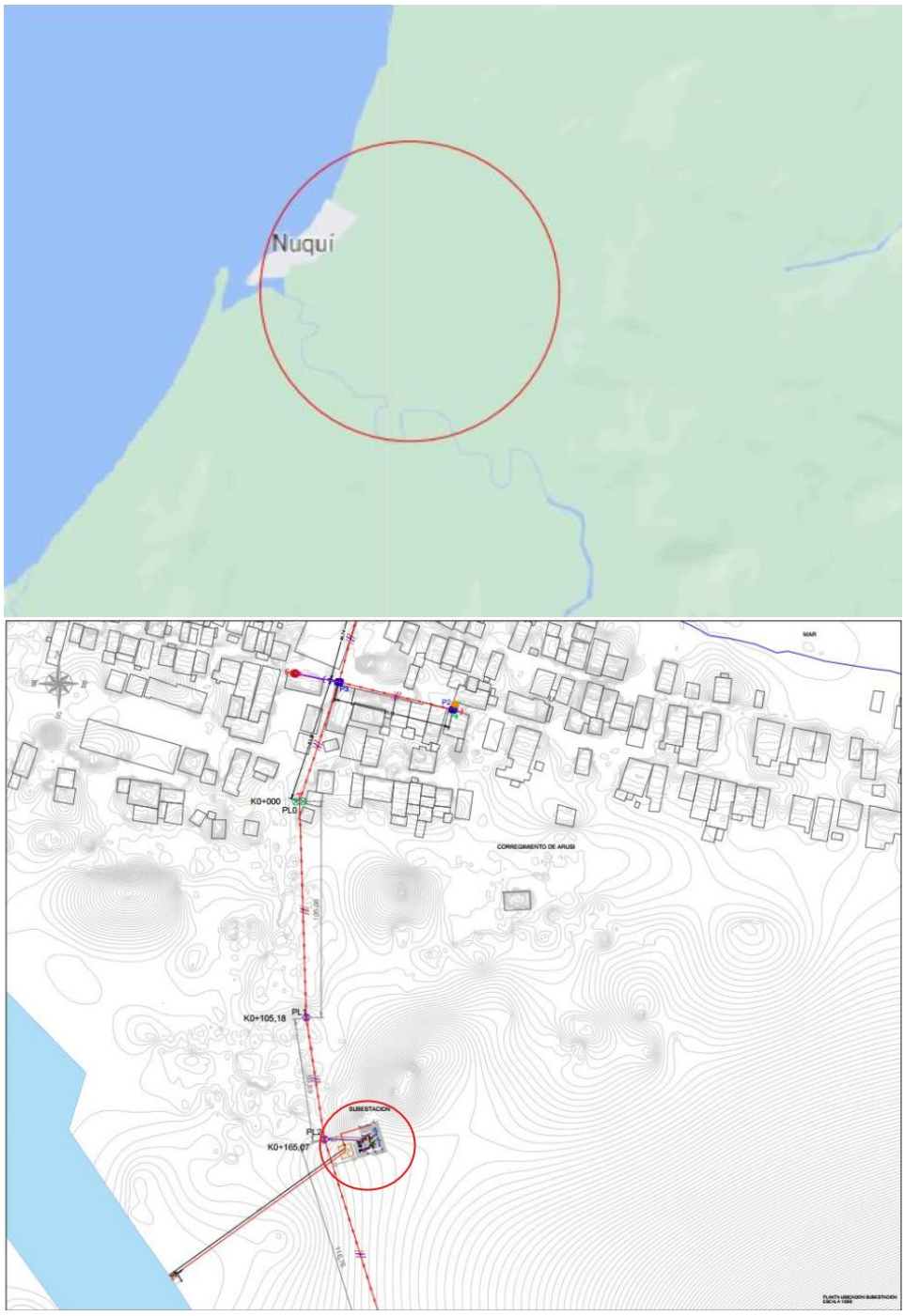


Figura 2. Ubicación de la central.

2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS

Las actividades de operación, inspección y mantenimiento de la Central de Generación Arusí deberán ser realizadas únicamente por personal autorizado y competente para la labor asignada, con conocimientos sobre generación diésel, instalaciones eléctricas de baja y media tensión, sistemas de control, riesgos eléctricos y procedimientos de seguridad.

El personal encargado deberá estar en capacidad de interpretar los diagramas unifilares, planos eléctricos, manuales de los fabricantes, señalizaciones, alarmas, protecciones y registros operativos de los equipos que conforman la central.

En este capítulo se presentan las definiciones y los conceptos básicos necesarios para comprender y aplicar correctamente los procedimientos establecidos en el presente manual.

2.1 DEFINICIONES SEGÚN RETIE 2024

- **Acto inseguro:** Acción u omisión de una persona que incumple una norma o procedimiento de seguridad y puede ocasionar un accidente.
- **Arco eléctrico:** Descarga eléctrica sostenida a través de un medio ionizado, capaz de producir altas temperaturas, radiación, presión, proyección de partículas y lesiones graves.
- **Aviso de seguridad:** Señal visible utilizada para advertir, informar, exigir, restringir o prohibir una actuación relacionada con un riesgo.
- **Bloqueo o condenación:** Aplicación de candados, dispositivos y etiquetas sobre un elemento de maniobra para impedir su operación o reconexión mientras se desarrolla una intervención.
- **Circuito de baja tensión:** Circuito cuya tensión nominal es igual o inferior a 1 kV. En la Central de Generación Arusí comprende los alimentadores de las plantas, el tablero de potencia, los circuitos auxiliares y los sistemas de control que operen dentro de este rango.
- **Circuito de media tensión:** Circuito cuya tensión nominal es superior a 1 kV e inferior a 57,5 kV. La salida de 13,2 kV de la central corresponde a media tensión y al Nivel de Tensión 2 del Sistema de Distribución Local.
- **Condición insegura:** Circunstancia presente en el ambiente, instalación o equipo que puede ocasionar un accidente, una falla o una afectación a las personas, los bienes o el medio ambiente.
- **Consignación:** Conjunto de operaciones destinadas a retirar un equipo o circuito de servicio, aislarlo, bloquearlo, señalizarlo y formalizar su entrega para inspección, prueba o mantenimiento.

- **Contacto directo:** Contacto de una persona con conductores o partes activas que normalmente se encuentran energizadas.
- **Contacto indirecto:** Contacto de una persona con una parte metálica que normalmente no está energizada, pero que adquiere tensión como consecuencia de una falla de aislamiento.
- **Desenergizado:** Condición de un equipo o circuito que ha sido desconectado de todas sus fuentes de alimentación y sobre el cual se ha verificado la ausencia de tensión.
- **Distancia de seguridad:** Separación mínima que debe mantenerse respecto de una parte energizada para evitar contacto directo, formación de arco eléctrico o aproximación peligrosa.
- **Energizado:** Condición de un conductor, circuito o equipo que se encuentra conectado a una fuente de energía eléctrica o que puede presentar una diferencia de potencial.
- **Equipotencialización:** Conexión de partes conductoras entre sí y al sistema de puesta a tierra, mediante una trayectoria de baja impedancia, para reducir las diferencias de potencial.
- **Persona competente:** Persona que cuenta con formación, conocimientos, experiencia y capacidad para identificar los riesgos asociados a una actividad y ejecutar las tareas asignadas de manera segura.
- **Puesta a tierra temporal:** Conexión provisional de los conductores de un circuito desenergizado al sistema de puesta a tierra y entre sí, utilizada para proteger al personal contra energizaciones accidentales, tensiones inducidas o cargas residuales.
- **Riesgo eléctrico:** Posibilidad de que una persona, equipo o instalación sufra daños como consecuencia del contacto eléctrico, arco eléctrico, cortocircuito, sobretensión, tensión de paso, tensión de contacto u otro fenómeno de origen eléctrico.
- **Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de conductores, electrodos y conexiones que vinculan las partes metálicas y los equipos eléctricos con el terreno, con fines de seguridad, protección y funcionamiento del sistema.
- **Tensión de contacto:** Diferencia de potencial que puede presentarse entre una estructura metálica puesta a tierra y el punto del terreno donde se encuentra una persona durante una falla.
- **Tensión de paso:** Diferencia de potencial que puede presentarse entre dos puntos del terreno separados aproximadamente por la distancia de un paso durante una falla a tierra.
- **Tensión nominal:** Valor de tensión utilizado para designar y caracterizar un sistema, circuito o equipo y para el cual fue diseñado.
- **Tensión de servicio:** Valor de tensión presente en un punto determinado del sistema durante su operación.

2.2 OTRAS DEFINICIONES BÁSICAS DE OPERACIÓN

- **Central de generación:** Instalación destinada a producir y entregar energía eléctrica mediante una o varias unidades generadoras y sus sistemas de potencia, control, protección, transformación y servicios auxiliares.
- **Central de Generación Arusí:** Sistema conformado por cuatro plantas diésel, un tablero de potencia, un gabinete de sincronismo y control, un transformador de potencia de 225 kVA, celdas de medida y maniobra en media tensión, un interruptor de salida, canalizaciones eléctricas y un sistema de almacenamiento y distribución de combustible.
- **Planta o grupo electrógeno diésel:** Conjunto integrado por un motor de combustión interna, un generador eléctrico y sus sistemas auxiliares, utilizado para transformar la energía del combustible en energía eléctrica.
- **Unidad disponible:** Planta o equipo que se encuentra fuera de servicio, pero en condiciones técnicas adecuadas para ser puesto en operación cuando sea requerido.
- **Unidad indisponible:** Planta o equipo que no puede ser puesto en servicio debido a una falla, mantenimiento, consignación o condición que impide su operación segura.
- **Tablero de potencia:** Conjunto de barras, interruptores, protecciones, instrumentos y conexiones en el que se recibe, controla y distribuye la energía producida por las plantas de generación.
- **Interruptor individual de planta:** Dispositivo encargado de conectar o desconectar una unidad de generación del tablero de potencia y de interrumpir la corriente cuando se presenta una orden operativa o actuación de las protecciones.
- **Interruptor totalizador:** Dispositivo de maniobra y protección ubicado en la salida común del tablero de potencia, mediante el cual se conecta o desconecta la generación conjunta de la central hacia el transformador.
- **Gabinete de sincronismo y control:** Conjunto de equipos de medición, control, señalización y automatización utilizado para supervisar las plantas, verificar las condiciones de sincronismo y ordenar su conexión o desconexión.
- **Sistema de control:** Conjunto de dispositivos y funciones de medición, señalización, mando, regulación y supervisión utilizados para controlar la operación de las plantas y de los equipos asociados.
- **Sistema de protección:** Conjunto de relés, sensores, interruptores y funciones automáticas destinados a detectar condiciones anormales y aislar el equipo o circuito afectado.

- **Sincronización:** Proceso mediante el cual se igualan las condiciones eléctricas de una unidad de generación con las del barraje al cual será conectada. Antes del cierre del interruptor se deberán verificar, como mínimo, la secuencia de fases, la tensión, la frecuencia y la diferencia del ángulo de fase.
- **Operación en paralelo:** Condición en la cual dos o más plantas de generación se encuentran conectadas simultáneamente al mismo barraje y comparten la carga eléctrica de la central.
- **Reparto de carga:** Distribución de la potencia activa y reactiva entre las plantas que operan en paralelo, de acuerdo con su capacidad, ajustes y condiciones de funcionamiento.
- **Barraje:** Conjunto de barras y conexiones conductoras que constituye un punto eléctrico común al cual se conectan los circuitos de generación y salida.
- **Transformador de potencia:** Equipo estático utilizado para transferir energía eléctrica entre circuitos mediante inducción electromagnética, modificando los niveles de tensión. En la Central Arusí, el transformador de 225 kVA eleva la tensión de generación hasta 13,2 kV.
- **Celda de media tensión:** Envolvente metálica que contiene equipos de medida, maniobra, protección o conexión destinados a operar el circuito de 13,2 kV.
- **Celda de medida:** Equipo que contiene los elementos necesarios para medir las variables eléctricas y la energía entregada por la central a la red de distribución.
- **Remonte:** Elemento o compartimiento utilizado para conducir y adaptar la trayectoria de los cables de media tensión hasta su conexión con una celda o equipo.
- **Interruptor de salida:** Dispositivo que permite conectar o desconectar la salida de 13,2 kV de la central respecto de la red primaria y que puede actuar por órdenes de operación o por señales del sistema de protección.
- **Red primaria:** Conjunto de conductores, estructuras, protecciones y equipos de distribución en media tensión mediante los cuales se transporta la energía desde la central hacia los corregimientos atendidos.
- **Operador de Red —OR—:** Empresa de servicios públicos responsable de operar, mantener y desarrollar las redes del Sistema de Distribución Local dentro de su área de operación.
- **Sistema de Distribución Local —SDL—:** Conjunto de redes, líneas, subestaciones y equipos asociados destinados a distribuir energía eléctrica en los niveles de tensión 1, 2 y 3.
- **Maniobra:** Acción programada de apertura, cierre, conexión, desconexión, arranque, parada o transferencia realizada sobre un equipo o circuito.

- **Programa de maniobras:** Secuencia escrita y previamente revisada que establece el orden en el cual deben operarse los equipos para alcanzar una condición determinada de manera segura.
- **Orden de maniobra:** Instrucción emitida por el responsable de la operación o por la entidad encargada de coordinar el sistema para ejecutar una acción sobre un equipo o circuito.
- **Energización:** Operación mediante la cual un equipo o circuito es conectado a una fuente de tensión.
- **Desenergización:** Operación mediante la cual un equipo o circuito es desconectado de todas sus posibles fuentes de tensión.
- **Disparo:** Apertura automática de un interruptor como consecuencia de la actuación de una protección o de una condición anormal.
- **Alarma:** Señal visual, audible o registrada que advierte al operador sobre una condición anormal que requiere evaluación o intervención.
- **Evento:** Cambio de estado de un equipo, protección, alarma o variable operativa que puede quedar registrado en el sistema de control o en la bitácora.
- **Registro:** Evidencia escrita o electrónica de una maniobra, medición, alarma, falla, mantenimiento o cambio de condición de un equipo.
- **Bitácora de operación:** Documento físico o digital en el que se registran cronológicamente las maniobras, novedades, alarmas, mediciones, fallas, instrucciones recibidas y acciones realizadas durante la operación de la central.
- **Operador:** Persona autorizada y competente encargada de inspeccionar la central, supervisar sus variables, ejecutar las maniobras permitidas y mantener actualizada la bitácora.
- **Mantenimiento preventivo:** Actividades planificadas de inspección, limpieza, ajuste, lubricación, medición, prueba o reemplazo, realizadas para reducir la probabilidad de falla.
- **Mantenimiento correctivo:** Actividades realizadas para reparar una falla y restablecer las condiciones normales de funcionamiento de un equipo.
- **Mantenimiento de emergencia:** Intervención no programada que debe ejecutarse con prioridad para controlar una condición peligrosa, evitar daños mayores o restablecer el servicio.
- **Punto caliente:** Conexión o parte de un equipo cuya temperatura es superior a la esperada debido, entre otras causas, a aflojamiento, corrosión, sobrecarga o aumento de la resistencia eléctrica.
- **Sistema de combustible:** Conjunto de tanques, bombas, tuberías, válvulas y accesorios utilizados para recibir, almacenar, trasladar y suministrar combustible diésel a las plantas de generación.

- **Tanque general de almacenamiento:** Recipiente utilizado como reserva principal de combustible de la central.
- **Tanque de distribución:** Recipiente destinado a recibir combustible desde los tanques generales y alimentar por gravedad una planta de generación determinada.
- **Niveles de Tensión.** Los Sistemas de Transmisión Regional y/o Distribución Local se clasifican por niveles, en función de la tensión nominal de operación, según la siguiente definición:

    - Nivel V – Extra Alta Tensión (EAT): Sistemas con tensión superior a 230 kV

    - Nivel IV – Alta Tensión (AT): Sistemas con tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor o igual a 230 kV

    - Nivel III – Media Tensión (MT): Sistemas con tensión nominal superior a 1 kV y menor de 57.5 kV

    - Nivel II – Baja Tensión (BT): Sistemas con tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1 kV

    - Nivel I – Muy Baja Tensión (MBT): Sistemas con tensión menor a 25 V

2.3 CRITERIOS BÁSICOS DE OPERACIÓN

La operación de la Central de Generación Arusí deberá orientarse a mantener la seguridad del personal, la integridad de los equipos, la continuidad del suministro y la calidad de la energía entregada.

Las maniobras deberán ejecutarse conforme a procedimientos previamente establecidos, respetando las instrucciones de los fabricantes, los ajustes de protección y las autorizaciones del responsable de la instalación.

El operador deberá procurar que los tiempos de arranque, sincronización, conexión, transferencia de carga, parada y reposición sean los menores posibles, sin omitir verificaciones ni comprometer la seguridad.

Las consignas operativas, registros de alarmas, manuales de los equipos y diagramas eléctricos deberán utilizarse como herramientas para identificar oportunamente las anomalías y restablecer el servicio de manera controlada.

Los principales criterios técnicos de operación son los siguientes:

2.3.1 ESTABILIDAD

Es la capacidad del sistema de generación para mantener o recuperar condiciones normales de tensión, frecuencia y reparto de carga después de una variación de demanda, maniobra, salida de una planta o actuación de una protección.

Para conservar la estabilidad de la central se deberá:

- Mantener la tensión y la frecuencia dentro de los límites establecidos para los equipos y la red.
- Verificar las condiciones de sincronización antes de conectar una planta al barraje.
- Evitar cambios bruscos de carga.
- Distribuir la carga entre las plantas de acuerdo con su capacidad.
- Evitar la operación prolongada de las unidades en condición de sobrecarga o carga insuficiente.
- Atender inmediatamente las oscilaciones, alarmas o variaciones anormales.
- Mantener operativos y correctamente ajustados los sistemas de control y protección.

2.3.2 FLEXIBILIDAD

Es la capacidad de la central para operar con diferentes combinaciones de plantas, de acuerdo con la demanda, disponibilidad de los equipos y actividades de mantenimiento.

La existencia de cuatro unidades permite seleccionar el número y la capacidad de las plantas requeridas, retirar una unidad para mantenimiento o atender cambios de demanda, siempre que se respete la capacidad del tablero, el transformador, las protecciones y demás equipos asociados.

Cualquier cambio en la configuración de operación deberá realizarse mediante una secuencia de maniobras autorizada y registrarse en la bitácora.

2.3.3 DISPONIBILIDAD

Es la condición que permite que una planta, equipo o sistema se encuentre apto para entrar o permanecer en servicio cuando sea requerido.

La disponibilidad de la central depende principalmente de:

- La ejecución oportuna del mantenimiento preventivo.
- La disponibilidad y calidad del combustible.
- El adecuado estado del sistema de arranque.
- El funcionamiento de las bombas, tanques y tuberías de combustible.
- El correcto estado del tablero de potencia y del gabinete de sincronismo.
- La disponibilidad del transformador, celdas e interruptor de salida.
- La atención oportuna de alarmas y defectos.
- La disponibilidad de repuestos, herramientas y personal competente.
- La conservación de registros actualizados de operación y mantenimiento.

Un equipo que presente fallas, protecciones anuladas, fugas, calentamientos anormales o condiciones que comprometan la seguridad deberá declararse indisponible hasta que sea inspeccionado, reparado y autorizado nuevamente para su operación.

3. RECOMENDACIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD

No se debe ingresar a instalaciones eléctricas sin la debida autorización del responsable de la instalación, quien debe entregar la información relacionada con las conductas y procedimientos de seguridad dentro de ella.

En general para la realización de cualquier maniobra en una instalación eléctrica se deben tener en cuenta los siguientes procedimientos:

- Conocer los principios básicos de la electricidad y sus riesgos.
- Respetar y usar las conexiones de puesta a tierra de los equipos, herramientas y artefactos eléctricos.
- Conocer y respetar las distancias de seguridad de las instalaciones de acuerdo con su nivel de tensión.
- Considerar todo circuito como equipo con tensión, hasta que pruebe lo contrario con un equipo adecuado y probado.

- Aterrizar el circuito si se va a trabajar sin tensión, siguiendo estrictamente las Reglas de Oro.
- Procurar no trabajar con tensión, pero si es estrictamente necesario trabajar con tensión o en caliente, seguir estrictamente los protocolos de trabajo seguro y disponer de todas las órdenes y formatos de autorización, así como del equipo de protección y de trabajo, adecuado a las condiciones de la labor a ejecutar.
- No intentar resolver un problema eléctrico, si no se está debidamente capacitado y entrenado; consultar con un especialista eléctrico.
- Limitar el uso de cables de extensión, si se usan, debe cuidarse de que sean los adecuados y que se encuentren en buen estado.
- No intentar alcanzar o tocar cables eléctricos, aunque estén en el suelo.
- Usar señales de seguridad cuando se trabaje en circuitos eléctricos y maquinarias.
- Para trabajos eléctricos, usar herramientas aisladas especiales para electricistas.
- Usar siempre que sea necesario, el equipo adecuado y sus implementos de protección personal.
- Desconectar las herramientas, cuando se cambien brocas, hojas, esmeriles, etc.
- Planificar adecuadamente el trabajo. Cuando se trabaje cerca de instalaciones con tensión, usar limitadores del riesgo que impidan un contacto accidental.

Adicionalmente tener en cuenta las siguientes recomendaciones descritas más adelante:

- Reglas de seguridad.
- Reglas de oro para trabajos en redes, subestaciones o equipos desenergizados o sin tensión.
- Libro 3, Título 15, artículo 3.15.5. Trabajos en redes desenergizadas, del RETIE.

3.1 REGLAS DE SEGURIDAD

Toda actividad de operación, inspección o mantenimiento en la Central de Generación Arusí deberá ser realizada por personal autorizado, competente y debidamente capacitado para reconocer y controlar los riesgos eléctricos, mecánicos, térmicos, químicos y asociados al combustible.

Durante la ejecución de las actividades deberán cumplirse las siguientes reglas generales:

- No ingresar a las áreas eléctricas, cuartos de equipos, zonas de almacenamiento de combustible o áreas restringidas sin autorización del responsable de la instalación.
- Identificar previamente el equipo, circuito o sistema que será operado o intervenido, utilizando los planos, diagramas unifilares, rótulos y etiquetas disponibles.
- Planificar la actividad antes de iniciarla, definiendo el alcance del trabajo, los riesgos presentes, las medidas de control, el personal responsable y los elementos de protección requeridos.
- Considerar todo circuito, conductor o equipo eléctrico como energizado hasta que se haya comprobado la ausencia de tensión mediante un instrumento adecuado y previamente verificado.
- Evitar trabajos con tensión. Cuando sean indispensables, deberán contar con procedimiento específico, análisis de riesgos, autorización expresa, personal competente y los equipos de protección correspondientes.
- Respetar las distancias de seguridad respecto de conductores, tableros, celdas y demás partes energizadas, de acuerdo con el nivel de tensión de la instalación.
- Utilizar únicamente herramientas, instrumentos de medición y elementos de protección personal adecuados para la actividad y para el nivel de tensión correspondiente.
- Verificar antes de cada uso el estado de las herramientas, equipos de medición, pértigas, guantes, dispositivos de puesta a tierra y demás elementos de seguridad. Los elementos deteriorados o sin certificación vigente deberán retirarse del servicio.
- Mantener cerradas y aseguradas las tapas, puertas, guardas y barreras de protección de tableros, celdas, plantas de generación y equipos mecánicos, excepto durante intervenciones autorizadas.
- No retirar, modificar o anular protecciones eléctricas, alarmas, enclavamientos, dispositivos de parada de emergencia ni sistemas de control sin autorización técnica.

- No operar interruptores, controles, válvulas, bombas o plantas de generación cuando existan dudas sobre su función, identificación o condición operativa.
- Mantener las áreas de trabajo limpias, secas, iluminadas, ventiladas y libres de materiales, herramientas u obstáculos que puedan ocasionar caídas, incendios o dificultar una evacuación.
- Evitar el uso de extensiones eléctricas. Cuando sean necesarias, deberán tener capacidad adecuada, conexión de puesta a tierra y aislamiento en buen estado.
- No tocar ni aproximarse a conductores caídos, cables expuestos o elementos que puedan encontrarse energizados. El área deberá aislarse y notificarse inmediatamente al responsable de la instalación.
- Controlar, antes de cualquier mantenimiento, todas las fuentes de energía asociadas al equipo, incluyendo energía eléctrica, baterías, combustible, presión en tuberías, partes móviles, superficies calientes y sistemas de arranque automático.
- No fumar, producir llamas, chispas o utilizar equipos no autorizados cerca de los tanques, bombas, tuberías y zonas de almacenamiento o trasiego de combustible.
- Suspender inmediatamente la actividad cuando cambien las condiciones de seguridad, se presente una alarma, una fuga de combustible, olor a quemado, calentamiento anormal, ruido inusual, tormenta eléctrica o cualquier condición no prevista.
- Mantener disponible un medio de comunicación durante las maniobras y trabajos de mantenimiento, especialmente cuando se intervengan equipos de media tensión, sistemas de combustible o áreas exteriores.
- Los trabajos de mantenimiento de alto riesgo no deberán realizarse por una sola persona. El personal deberá contar con acompañamiento y medios para solicitar ayuda en caso de emergencia.
- Las maniobras rutinarias de operación podrán ser realizadas por un solo operador competente, siempre que exista un procedimiento escrito, las condiciones sean normales y se mantenga comunicación con el responsable de la instalación.
- Señalizar y delimitar las áreas donde se realicen maniobras, inspecciones o trabajos, restringiendo el acceso de personas no autorizadas.

Cuando la actividad requiera intervenir equipos o circuitos desenergizados, deberán aplicarse íntegramente las Reglas de Oro establecidas en el numeral 3.2 del presente manual. Ningún trabajo deberá iniciarse o continuar si no se encuentran implementadas todas las medidas de seguridad requeridas.

3.2 REGLAS DE ORO O PASOS QUE SALVAN VIDAS

Las siguientes medidas deben aplicarse antes de realizar trabajos de inspección, prueba, reparación o mantenimiento en equipos o circuitos eléctricos desenergizados de la Central de Generación Arusí.

Estas medidas no autorizan la ejecución de trabajos con tensión. Cualquier intervención sobre equipos energizados deberá estar respaldada por un procedimiento específico, análisis de riesgos, personal competente y autorización expresa del responsable de la instalación.

Paso 1. Identificar claramente el equipo y la zona de trabajo

Antes de iniciar la actividad se deberá identificar el equipo, circuito y lugar exacto de intervención, utilizando el diagrama unifilar, los planos, rótulos y etiquetas disponibles.

La identificación deberá considerar las plantas de generación, tablero de potencia, gabinete de sincronismo, transformador, celdas de media tensión, interruptor de salida, circuitos de control, baterías y red primaria.

También deberán identificarse los equipos energizados próximos y delimitarse claramente las zonas seguras y peligrosas.

Paso 2. Desconectar completamente y asegurar contra reconexión

Se deberán desconectar todas las fuentes que puedan energizar el equipo intervenido, incluyendo:

- Plantas de generación.
- Red primaria de 13,2 kV.
- Alimentaciones auxiliares y circuitos de control.
- Sistemas de arranque automático y sincronismo.
- Baterías y demás fuentes de energía almacenada.

Los dispositivos de corte deberán bloquearse y señalizarse mediante avisos de “No energizar” o “Prohibido maniobrar”. Las llaves y elementos de bloqueo permanecerán bajo control del responsable del trabajo.

Cuando el corte no sea visible, deberá verificarse mediante los dispositivos, indicadores y procedimientos establecidos por el fabricante.

Paso 3. Proteger contra partes energizadas próximas

Los equipos o conductores energizados cercanos al área de trabajo deberán desenergizarse o aislarse mediante barreras, cubiertas y señalización adecuada.

Se deberán mantener las distancias de seguridad y controlar el acceso a tableros, celdas, remontes y demás áreas donde puedan permanecer partes energizadas.

Los trabajos exteriores en la salida de media tensión o en la red primaria deberán suspenderse cuando existan tormentas eléctricas o condiciones ambientales que comprometan la seguridad.

Paso 4. Adoptar precauciones cerca de conductores expuestos

Cuando exista proximidad a conductores o partes expuestas, se deberán utilizar los elementos de protección personal y colectiva definidos en el análisis de riesgos.

El área deberá encontrarse limpia, seca, iluminada y libre de obstáculos. La actividad deberá ser ejecutada por personal competente y, cuando el riesgo lo requiera, con acompañamiento de otra persona autorizada.

Si no pueden mantenerse las distancias de seguridad, el trabajo deberá suspenderse hasta establecer una condición segura o aprobarse un procedimiento específico de trabajo con tensión.

Paso 5. Verificar la ausencia de tensión

Antes de tocar cualquier conductor o equipo, se deberá comprobar la ausencia de tensión en todas las fases y conductores próximos al área de trabajo.

El detector deberá ser adecuado para el nivel de tensión correspondiente y su funcionamiento deberá comprobarse antes y después de la medición.

En las celdas aisladas en gas SF6 o equipos encapsulados, la verificación se realizará mediante los puntos de prueba, indicadores y procedimientos definidos por el fabricante.

Paso 6. Realizar la puesta a tierra y en cortocircuito

En los circuitos de media tensión y en aquellos donde exista posibilidad de realimentación, tensión inducida o energía residual, se deberán instalar puestas a tierra temporales y cortocircuitar las fases.

La puesta a tierra deberá instalarse entre el punto de trabajo y todas las posibles fuentes de energía. Primero se conectará el conductor al sistema de tierra y posteriormente a las fases; para retirarlo se seguirá el orden inverso.

Las puestas a tierra deberán permanecer instaladas durante toda la intervención y solo podrán ser retiradas por personal autorizado.

Paso 7. Emitir el permiso de trabajo eléctrico

Antes de iniciar una intervención eléctrica se deberá emitir el permiso de trabajo correspondiente, en el cual se registren:

- Equipo y ubicación de la intervención.
- Alcance del trabajo.
- Fuentes de energía desconectadas.
- Bloqueos y puestas a tierra instalados.
- Riesgos presentes y medidas de control.
- Responsable del trabajo y personal participante.
- Fecha y hora de inicio y finalización.

Al terminar la actividad, el responsable deberá verificar el retiro del personal, herramientas, materiales, puestas a tierra y bloqueos, así como las condiciones del equipo antes de autorizar su energización.

Si cambian el alcance, las condiciones o los límites de la zona de trabajo, el permiso deberá suspenderse y emitirse uno nuevo.

3.3 RECOMENDACIONES RETIE

3.3.1 TRABAJOS EN REDES O SISTEMAS DESENERGIZADOS

Los trabajos eléctricos ejecutados en equipos, circuitos o redes desenergizadas de la Central de Generación Arusí deberán cumplir las disposiciones del Título 15 del Libro 3 del RETIE vigente, así como los procedimientos internos de seguridad establecidos por el propietario u operador de la instalación.

Para garantizar la seguridad del personal, no se permitirá que un mismo operario alterne trabajos con tensión y trabajos en sistemas desenergizados durante la ejecución de una misma labor.

Antes de iniciar cualquier intervención se deberán verificar los planos, diagramas unifilares, rótulos y etiquetas de identificación, y determinar todas las fuentes que puedan energizar el equipo o circuito, incluso aquellas que no sean evidentes, tales como:

- Plantas de generación diésel.
- Red primaria de 13,2 kV.
- Interruptor totalizador e interruptores individuales.
- Baterías de arranque.
- Circuitos auxiliares y de control.
- Sistemas de arranque automático y sincronismo.
- Posibles realimentaciones, tensiones inducidas y energías almacenadas.

Las maniobras de desenergización, bloqueo, comprobación de ausencia de tensión, puesta a tierra, delimitación del área y liberación del equipo deberán efectuarse conforme al procedimiento de las Reglas de Oro desarrollado en el numeral 3.2 del presente manual.

Adicionalmente, antes de iniciar el trabajo se deberá:

- Contar con una autorización o permiso de trabajo válido.
- Identificar los riesgos eléctricos, mecánicos, térmicos y asociados al combustible.
- Verificar que el personal sea competente para la actividad.
- Comprobar el estado y la clase de tensión de los equipos de medición, herramientas y elementos de protección personal.
- Delimitar la zona de trabajo y controlar el ingreso de personas no autorizadas.
- Disponer de un medio de comunicación adecuado.
- Confirmar que los sistemas automáticos y remotos estén deshabilitados.

En trabajos de alto riesgo deberá diligenciarse la lista de verificación correspondiente. Si alguna de las condiciones de seguridad requeridas no se cumple, el trabajo no deberá iniciarse hasta que la condición sea corregida.

Para trabajos cercanos a partes energizadas deberán respetarse las distancias mínimas de seguridad establecidas por el RETIE. En instalaciones con tensión

nominal de 13,2 kV, las personas no competentes no deberán aproximarse a los elementos energizados por debajo de las distancias reglamentarias.

Antes de restablecer el servicio, el responsable del trabajo deberá confirmar que:

- La actividad haya finalizado.
- Todo el personal se encuentre fuera de la zona de riesgo.
- Se hayan retirado las herramientas, materiales y elementos temporales.
- Se hayan retirado las puestas a tierra y los bloqueos conforme al procedimiento autorizado.
- Las guardas, tapas, barreras y conexiones hayan sido restituidas.
- Se hayan realizado las pruebas y verificaciones necesarias.
- El permiso de trabajo haya sido cerrado.

Ningún equipo podrá ser energizado sin autorización del responsable de la instalación y sin informar previamente al personal involucrado.

3.3.2 MANIOBRAS

Por la seguridad de los trabajadores y del sistema, se debe disponer de un procedimiento que sea lógico, claro y preciso para la adecuada programación, ejecución, reporte y control de maniobras, esto con el fin de asegurar que las líneas y los equipos no sean energizados o desenergizados por error, un accidente o sin advertencia. Se prohíbe la apertura de cortacircuitos con cargas que puedan exponer al operario o al equipo a un arco eléctrico, salvo que se emplee un equipo que extinga el arco.

3.3.3 VERIFICACIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO

El jefe de grupo debe realizar una inspección detenida con base en lo siguiente:

a) Que los equipos sean de la clase de tensión de la red.
b) Que los operarios tengan puesto su equipo de protección individual.
c) Que los operarios se despojen de todos los objetos metálicos.
d) Que se efectúe una inspección de los guantes.
e) Que los operarios se encuentren en perfectas condiciones técnicas, físicas y psicológicas para el desempeño de la labor encomendada.

f) Que los espacios de trabajo tengan las dimensiones adecuadas y no presenten obstáculos que pongan en riesgo al trabajador.
g) Una vez destapada la caja de inspección o subestación de sótano, el personal debe permanecer por fuera de ella, por lo menos durante 10 minutos, mientras las condiciones de ventilación son las adecuadas para iniciar el trabajo.

3.3.4 TRABAJOS EN ALTURA

Todo trabajador que se halle ubicado a una altura igual o superior a 1,5 m, bien sea en los apoyos, escaleras, cables aéreos, helicópteros, carros portabobinas o en la canastilla de un camión, debe estar sujetado permanentemente al equipo o estructura, mediante un sistema de protección contra caídas, atendiendo la reglamentación del Ministerio del Trabajo (Resolución 1409 de 2012 o la que la modifique o sustituya).

Todos los postes y estructuras deben ser inspeccionados cuidadosamente antes de subir a ellos, para comprobar que están en condiciones seguras para desarrollar el trabajo y que puedan sostener pesos y esfuerzos adicionales. Deben revisarse los postes contiguos que se vayan a someter a esfuerzos.

3.3.5 TRABAJOS CERCA DE CIRCUITOS AÉREOS ENERGIZADOS

Cuando se instalen, trasladen o retiren postes cerca de líneas aéreas energizadas, se deben tomar precauciones a fin de evitar el contacto directo con las fases. Los trabajadores que ejecuten dicha labor deben evitar poner en contacto partes de su cuerpo con el poste.

Los trabajadores ubicados en tierra o que estén en contacto con objetos conectados a tierra, deben evitar el contacto con camiones u otro equipo que no esté puesto a tierra de manera efectiva y que estén siendo utilizados para mover o retirar postes en o cerca de líneas energizadas, a no ser que dispongan de aislamiento aprobado para el nivel de tensión.

Se considera distancia mínima de seguridad para los trabajos en tensión a efectuarse en la proximidad de las instalaciones no protegidas de alta o media tensión, la existente entre el punto más próximo en tensión y el operario, herramienta o elemento que pueda manipular con movimientos voluntarios o

involuntarios. En consecuencia, quienes trabajan cerca de elementos en tensión deben acatar las siguientes distancias mínimas:

Nota 1. Las distancias de la Tabla 3.15.6.a aplican hasta 900 msnm, para trabajos a mayores altura y tensiones mayores a 57,5 kV, debe hacerse la corrección del 3% por cada 300 m.

Nota 2. Se podrán aceptar las distancias para trabajo en líneas energizadas establecidas en el estándar 516 de la IEEE.

TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)	DISTANCIA MÍNIMA (m)
hasta 1	0,80
7,6/11,4/13,2/13,8	0,95
33/34,5	1,10
44	1,20
57,5/66	1,40
110/115	1,80
220/230	2,8
500	5,5

Tabla 1. RETIE, Libro 3 – Título 15 – Artículo 3.15.6 – Tabla 3.15.6.a: Distancias mínimas de seguridad para trabajos cerca de redes y líneas energizadas.

Personal no calificado o que desconozca los riesgos de las instalaciones eléctricas, no podrá acercarse a elementos energizados a distancias menores a las establecidas en la siguiente tabla:

TENSIÓN DE LA INSTALACIÓN	DISTANCIA (m)
Instalaciones aisladas menores a 1000V	0,4
Entre 1 y 57,5 kV	3
Entre 57,5 y 110 kV	4
Entre 110 y 230 kV	5
Mayores a 230 kV	8

Tabla 2. RETIE, Libro 3 – Título 15 – Artículo 3.15.8 – Tabla 3.15.8.a: Distancias mínimas de seguridad que se puede acercar una persona no competente a un elemento energizado.

Nota 1. Esta tabla indica el máximo acercamiento permitido a una red sin que la persona esté realizando labores sobre ella u otra red energizada cercana.

Nota 2. No se deben interpolar distancias para tensiones intermedias a las citadas.

Nota 3. Las distancias mínimas de seguridad indicadas pueden reducirse si se protegen adecuadamente las instalaciones eléctricas y la zona de trabajo, con aislantes o barreras.

3.3.6 LISTA DE VERIFICACIÓN PARA TRABAJOS EN CONDICIONES DE ALTO RIESGO

La siguiente lista de verificación es un prerrequisito al trabajo mismo, que debe ser diligenciada por un vigía de salud ocupacional, por el jefe del grupo de trabajo, por un funcionario del área de salud ocupacional o un delegado del comité paritario de la empresa encargada de la obra y debe ser diligenciada en todos los casos donde se deba trabajar en condiciones de alto riesgo.

• ¿Se tiene autorización escrita o grabada para hacer el trabajo?	SI	NO
• ¿Se encuentra informado el ingeniero o supervisor?	SI	NO
• ¿Se han identificado y reportado los factores de riesgo que no pueden obviarse?	SI	NO
• ¿Se intentó modificar el trabajo para obviar los riesgos?	SI	NO
• ¿Se instruyó a todo el personal la condición especial de trabajo?	SI	NO
• ¿Se designó un responsable de informar al área de salud ocupacional, al Comité Paritario o al jefe de área?	SI	NO
• ¿Se cumplen rigurosamente las reglas de oro?	SI	NO
• ¿Se tiene un medio de comunicaciones?	SI	NO
• ¿Se disponen y utilizan los elementos de protección personal?	SI	NO

Tabla 3. RETIE, Libro 3, Título 15, artículo 3.15.2, Tabla 3.15.2.a: “Lista de verificación, trabajos en condiciones de alto riesgo”

Nota: Si falta algún SI, el trabajo NO debe realizarse, hasta efectuarse la correspondiente corrección”.

4. CENTRAL DE GENERACIÓN ARUSÍ



Figura 1**.** Central de generación Arusí

4.1 PUESTA A TIERRA

Es una conexión sólida a la malla de puesta a tierra de la subestación eléctrica para los equipos que deben establecer un circuito de retorno de tierra y mantener un nivel de potencial aproximadamente igual al potencial de tierra.

En la subestación de la Central de generación Arusí se implementó una malla de puesta a tierra en cuadrícula, enterrada a 0,7m de profundidad y en cobre desnudo calibre 2/0 AWG, adicionalmente se utilizaron electrodos de 2.4m de longitud. La resistencia de puesta a tierra de la malla es de 3,31 Ω, y la máxima corriente de falla que fluye entre la malla de tierra y la tierra es de 1000 A y el GPR de la malla es de 1510,8V (Para mayor claridad remitirse al informe técnico SPT y planos definitivos de la central de generación Arusí).

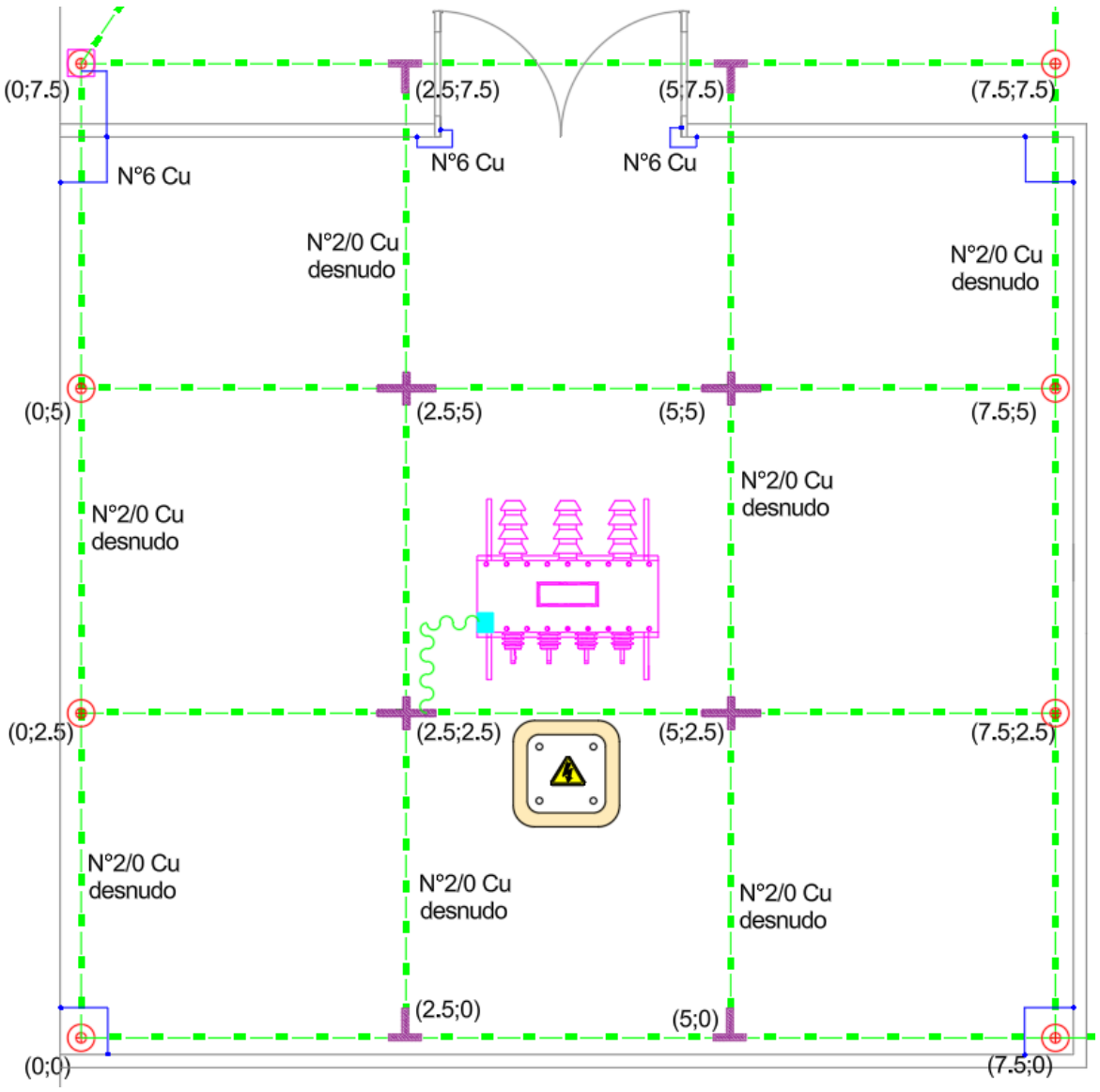


Figura 4. Malla de puesta a tierra Subestación Arusí.

4.2 BAHÍA DE TRANSFORMACIÓN

- Bahía de transformación 220/127/13,2 kV, 225 kVA.



Figura 5. Bahía de transformación 225 kVA

4.2.1 BAHÍA DE GENERACIÓN

La Central de Generación Arusí tiene una capacidad instalada total de 450 kVA, correspondiente a la operación conjunta de sus cuatro grupos electrógenos diésel. De acuerdo con su ubicación física, las unidades se identifican de la siguiente manera:

- Planta 1: Generador Diésel marca Enermax 125 kVA
- Planta 2: Generador Diésel marca Enermax 100 kVA
- Planta 3: Generador Diésel marca Enermax 100 kVA
- Planta 4: Generador Diésel marca Enermax 125 kVA



Figura 6. Generadores Diésel sin cabina y cabinado.



Figura 7. Bahía de generación.

Las características de los generadores son los siguientes según su ficha técnica:

Características Generador (motor)			
Marca	Cummins	Aspiración	Turbocargado
Motor	6BT5.9-G2	Diámetro x Carrera (mm)	102x120
Número de cilindros	6	Norma de Emisiones	Tier 0 (no Tier)
Configuración cilindros	En línea	Sistema eléctrico	24V+(2xBat12V/120Ah)
Tiempos / Compresión	4 / 17.3:1	Capacidad lubricante (gal)	4.3
Desplazamiento (l)	5.9	Capacidad refrigerante del Radiador (gal)	6
Velocidad de giro (rpm)	1800		
Potencia máx. (kW)	109.7	Tipo de filtro de aire	seco
Potencia máx. (bhp)	147	Consumo 100% Stby (gal/h)	8.30
Tipo de gobernador	Electrónico	Consumo 75% Stby (gal/h)	6.23
Características Generador (alternador)			
Marca	Yanan	Tipo de breaker	Termomagnético
Modelo	SLG274C	Grado de protección	IP21
Tipo	Sincrónico	Regulador de voltaje (AVR)	AS440 / SX440
Potencia StandBy (kVA)	125	Total de armónicos (% THD)	< 2,0
Fases	3	Regulación voltaje en carga (%)	± 1.0
Conexión (hilos)	12	Sistema de excitación	Autoexcitado (AVR)
Voltaje (VAC) *ver nota pág1	127/220	Excitatriz	(Sin escobillas)
Factor de potencia (fp)	0.8	Paso devanado	2/3
Frecuencia (hz)	60	Aislamiento	H(150°C)
No. de Polos (#)	4	Eficiencia (%)	90

Figura 8. Características del Generador Diésel de 125 kVA

Características Generador (motor)			
Marca	Cummins	Aspiración	Turbocargado/Post Enfriado
Motor	4BTA3.9-G11	Diámetro x Carrera (mm)	102x120
Número de cilindros	4	Norma de Emisiones	Tier 0 (no Tier)
Configuración cilindros	En línea	Sistema eléctrico	24V+(2xBat12V/120Ah)
Tiempos / Compresión	4 / 17.3:1	Capacidad lubricante (gal)	3
Desplazamiento (l)	3.9	Capacidad refrigerante del Radiador (gal)	5
Velocidad de giro (rpm)	1800		
Potencia máx. (kW)	90.3	Tipo de filtro de aire	seco
Potencia máx. (bhp)	121	Consumo 100% Stby (gal/h)	5.70
Tipo de gobernador	Electrónico	Consumo 75% Stby (gal/h)	4.28
Características Generador (alternador)			
Marca	Yanan	Tipo de breaker	Termomagnético
Modelo	SLG224G	Grado de protección	IP21
Tipo	Sincrónico	Regulador de voltaje (AVR)	AS440 / SX460
Potencia StandBy (kVA)	102.5	Total de armónicos (% THD)	< 2,0
Fases	3	Regulación voltaje en carga (%)	± 1.0
Conexión (hilos)	12	Sistema de excitación	Autoexcitado (AVR)
Voltaje (VAC) *ver nota pág1	127/220	Excitatriz	(Sin escobillas)
Factor de potencia (fp)	0.8	Paso devanado	2/3
Frecuencia (hz)	60	Aislamiento	H(150°C)
No. de Polos (#)	4	Eficiencia (%)	90.7

Figura 9. Características del Generador Diésel de 100 kVA

4.3 EQUIPOS DE LA CENTRAL DE GENERACIÓ ARUSÍ

Son los equipos ubicados en el cuarto de equipos de la central de generación que pueden operarse mecánica y eléctricamente, para que las variables eléctricas puedan ser leídas por los diferentes dispositivos electrónicos que constituyen el control y la protección de la subestación.

4.3.1 TABLERO DE POTENCIA

El tablero de potencia es el equipo encargado de recibir, concentrar, proteger y distribuir la energía eléctrica generada por las cuatro plantas diésel de la Central de Generación Arusí. Está diseñado para operar a 220/127 V, en un sistema trifásico de cinco hilos, con un barraje principal de 1108 A y una capacidad de cortocircuito de 25 kA.

Cada planta se conecta al barraje común mediante un interruptor automático motorizado independiente, identificado como QA1.1, QA1.2, QA1.3 y QA1.4. Estos interruptores permiten la conexión y desconexión individual de las unidades, una vez verificadas las condiciones de sincronización, y proporcionan protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos.

La energía reunida en el barraje se entrega al transformador de potencia de 225 kVA a través del interruptor totalizador QA1.5, tipo Schneider NS1000N, regulado a 1000 A y dotado de accionamiento motorizado. Este interruptor constituye el principal elemento de conexión y aislamiento entre el sistema de generación en baja tensión y el transformador elevador de 220/127 V a 13,2 kV.

El tablero incorpora circuitos de mando alimentados a 24 VDC, contactos auxiliares de posición y disparo, bobinas de apertura y cierre, señalización luminosa del estado del interruptor totalizador y un selector para su operación manual. Estas señales permiten supervisar el estado de los interruptores y recibir las órdenes provenientes del sistema de control y sincronismo.

Durante la operación, el tablero permite conectar las plantas de manera individual o en paralelo, según la demanda y la disponibilidad de las unidades. Toda maniobra deberá efectuarse conforme a la secuencia de operación establecida,

verificando previamente las condiciones de tensión, frecuencia, secuencia y ángulo de fase, así como la ausencia de alarmas o bloqueos activos.



Figura 10. Tablero Potencia ubicado en el cuarto de operación.

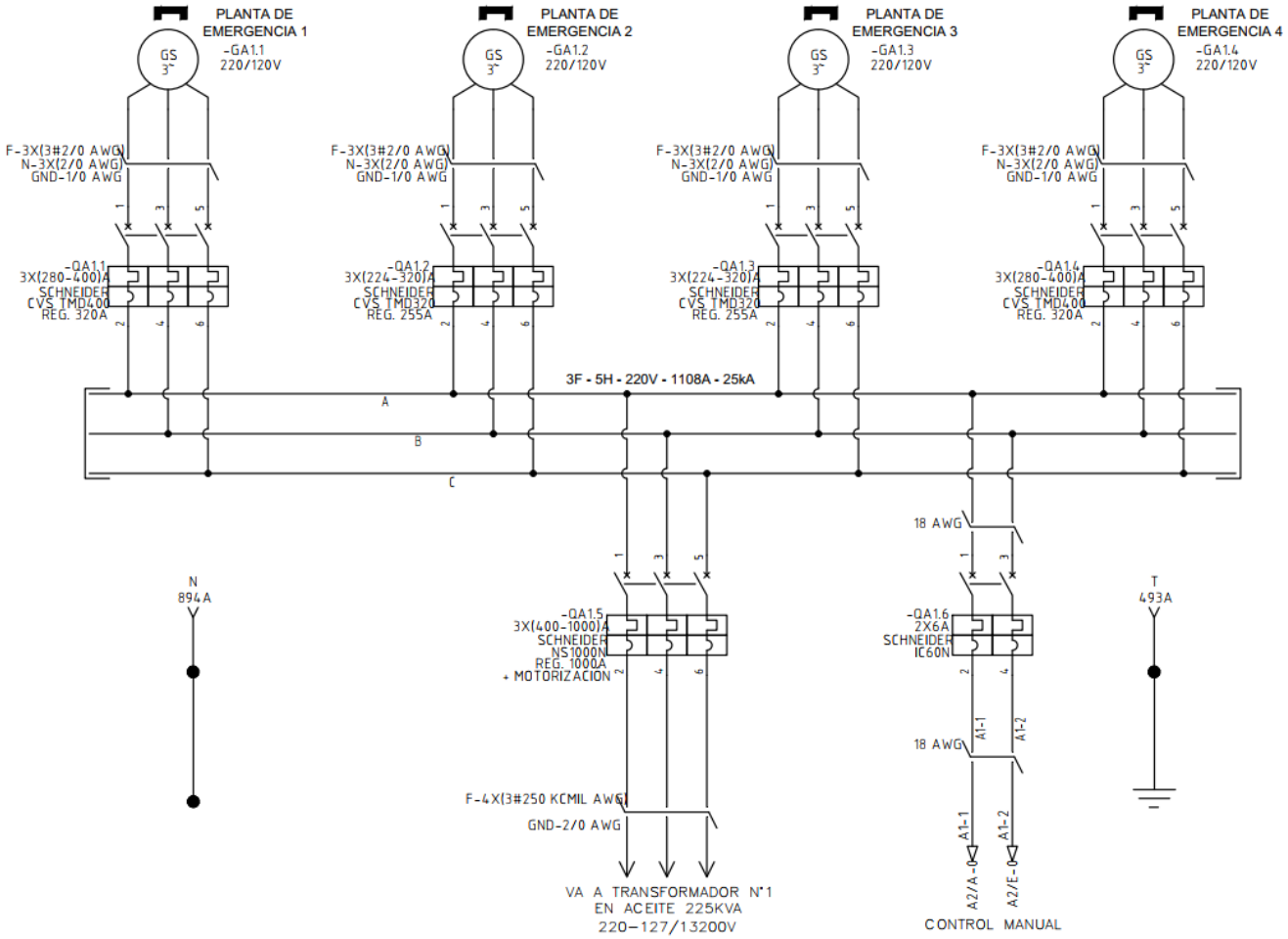


Figura 11. Diagrama unifilar Tablero Potencia

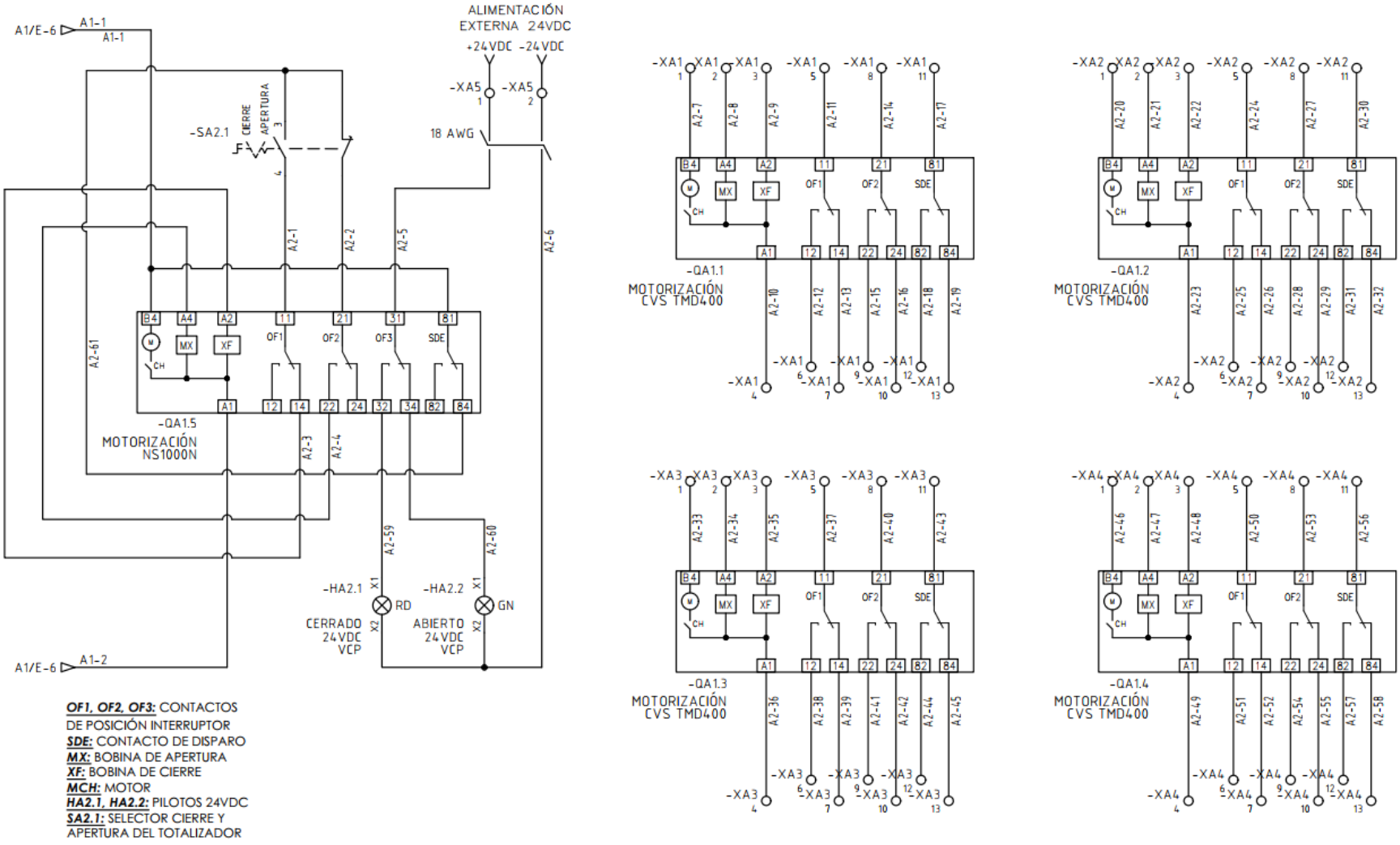


Figura 12. Conexión de breaker´s motorizados y totalizador del Tablero de Potencia.

4.3.2 TABLERO DE SINCRONISMO

El tablero de sincronismo y control es el equipo encargado de supervisar y coordinar la conexión de las cuatro plantas diésel al barraje común del tablero de potencia. Está conformado por cuatro módulos o compartimientos independientes, uno para cada unidad de generación, lo que permite controlar y visualizar individualmente el estado operativo de cada planta.

Cada módulo recibe las señales eléctricas y de estado correspondientes a su planta y al interruptor asociado. Mediante estas señales, el sistema verifica las condiciones necesarias para realizar la sincronización, tales como tensión, frecuencia, secuencia de fases y diferencia de ángulo de fase, antes de autorizar el cierre del interruptor de la unidad.

El tablero cuenta con señalización luminosa alimentada a 24 VDC para indicar, como mínimo, los siguientes estados:

- Planta en funcionamiento.
- Interruptor de la planta cerrado.
- Interruptor de la planta abierto.

Asimismo, cada compartimiento dispone de interruptores termomagnéticos auxiliares destinados a la alimentación y protección de los circuitos de control, medición, señalización y mando de la respectiva unidad.

Una vez verificadas las condiciones de sincronismo, el tablero envía la orden de cierre al interruptor motorizado correspondiente, permitiendo que la planta se conecte al barraje y opere en paralelo con las demás unidades disponibles. También transmite las órdenes de apertura o desconexión cuando lo requiera la operación normal, una parada programada o la actuación de alguna protección.

La disposición independiente de los cuatro módulos facilita la identificación de alarmas y estados, la ejecución de maniobras por unidad y el aislamiento de los circuitos de control durante las actividades de mantenimiento, sin afectar innecesariamente los demás módulos disponibles.



Figura 13. Tablero sincronismo ubicado en el cuarto de operación.

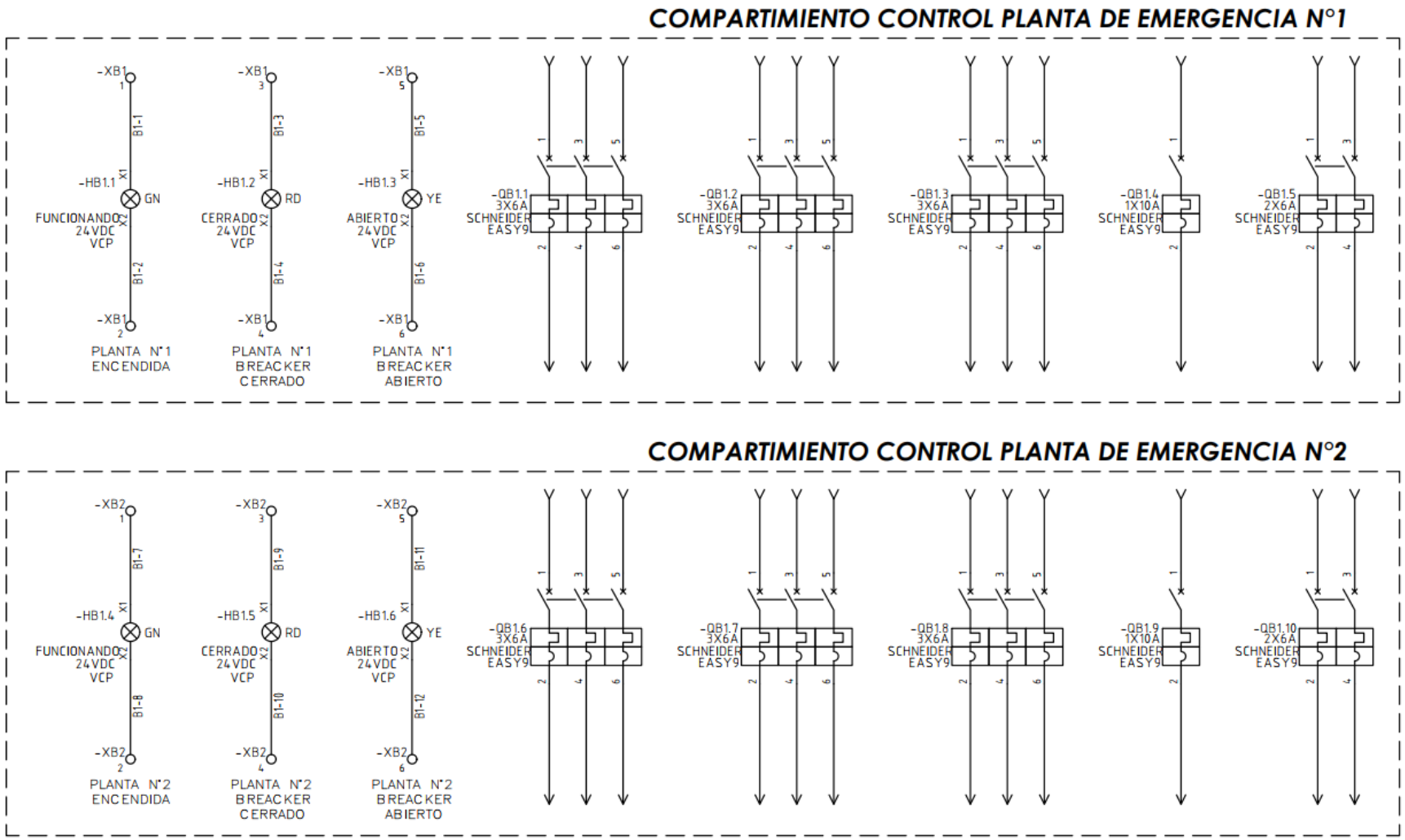


Figura 14. Diagrama unifilar módulos 1 y 2 de la celda de sincronismo.

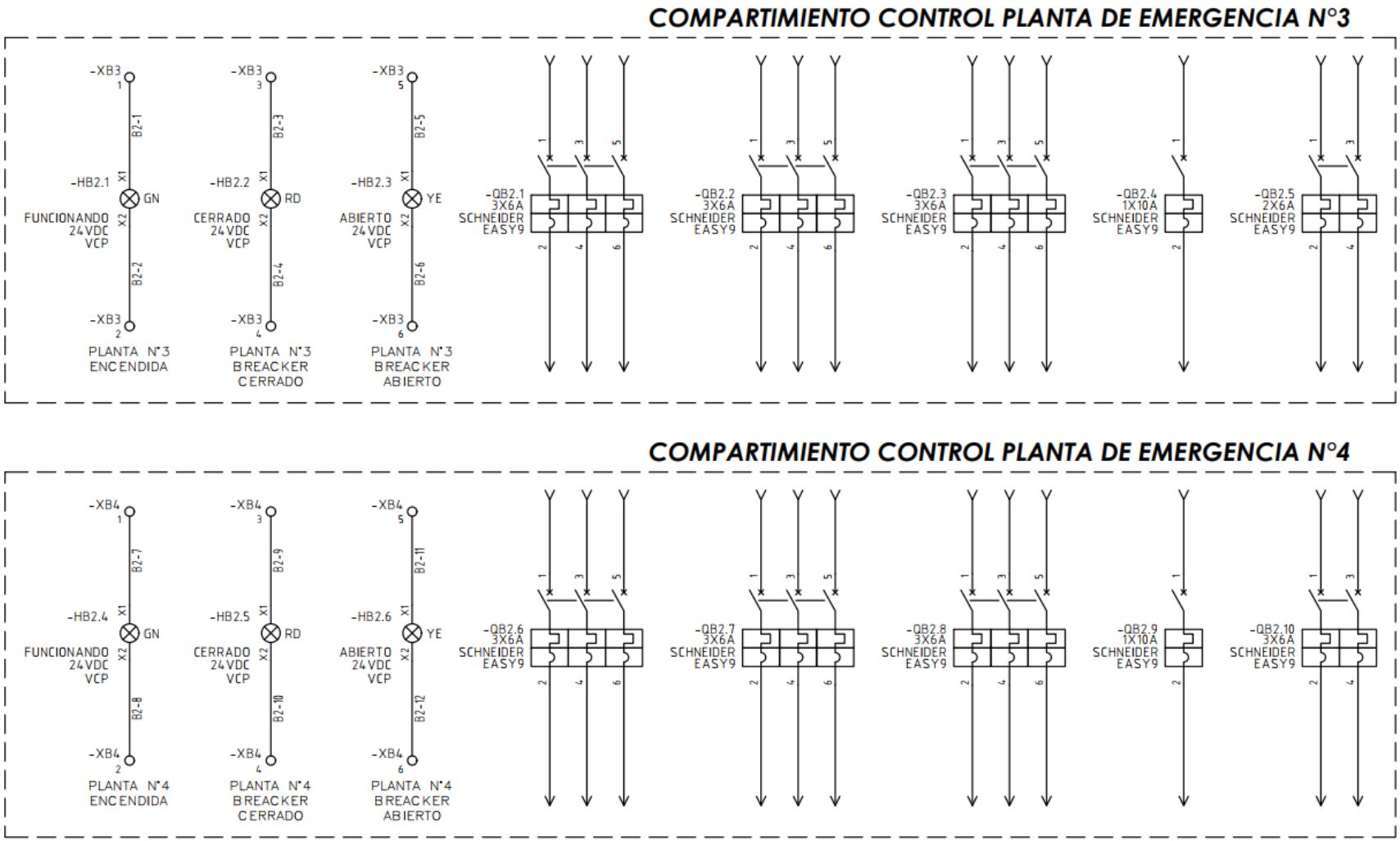


Figura 15. Diagrama unifilar módulos 3 y 4 de la celda de sincronismo.

4.3.3 CELDA DE MEDIDA

La celda de medida es el equipo destinado a obtener las señales de tensión y corriente necesarias para registrar la energía eléctrica generada y entregada por la Central de Generación Arusí a la red de distribución de 13,2 kV.

El circuito de media tensión proveniente del lado de 13,2 kV del transformador de potencia, el cual ingresa a la celda mediante un remonte en aire. En el interior de la celda, los conductores de las tres fases atraviesan los transformadores de corriente y se conectan a los transformadores de tensión, los cuales reducen las magnitudes eléctricas a valores adecuados y seguros para los equipos de medición.

La celda dispone de tres transformadores de tensión con relación de transformación de 13.200/√3 V a 120/√3 V, clase de precisión 0,5, y tres transformadores de corriente con relación de 10/5 A, clase de precisión 0,5S. Las señales secundarias de estos transformadores se conectan, mediante una bornera de pruebas, al contador electrónico principal ISKRA MT880-1.

El contador permite registrar las variables eléctricas y la energía transferida por la central. Asimismo, cuenta con comunicación RS-485 para la consulta, transmisión o descarga de la información de medida, según la configuración establecida por el operador de red.

Después de pasar por los equipos de medida, el circuito principal continúa hacia el remonte aislado en gas SF6 y posteriormente al interruptor de salida, desde el cual se realiza la conexión con la red primaria de 13,2 kV.

La celda de medida no deberá utilizarse como dispositivo de seccionamiento o interrupción de carga. Toda maniobra de apertura o cierre deberá realizarse mediante el interruptor dispuesto para esta función.



Figura 16. Celda de medida ubicada en el cuarto de operación.

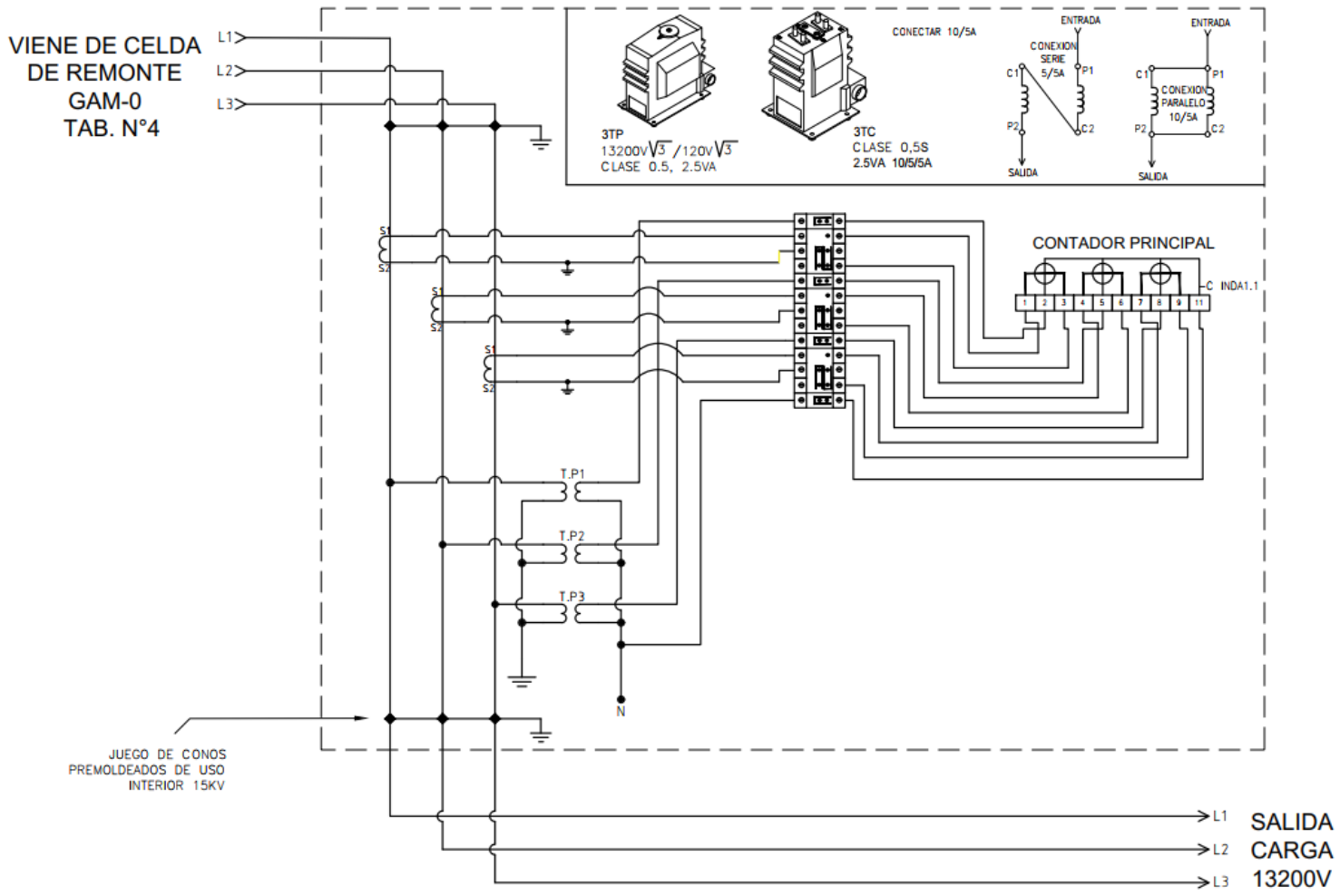


Figura 17. Diagrama unifilar de Celda de medida.

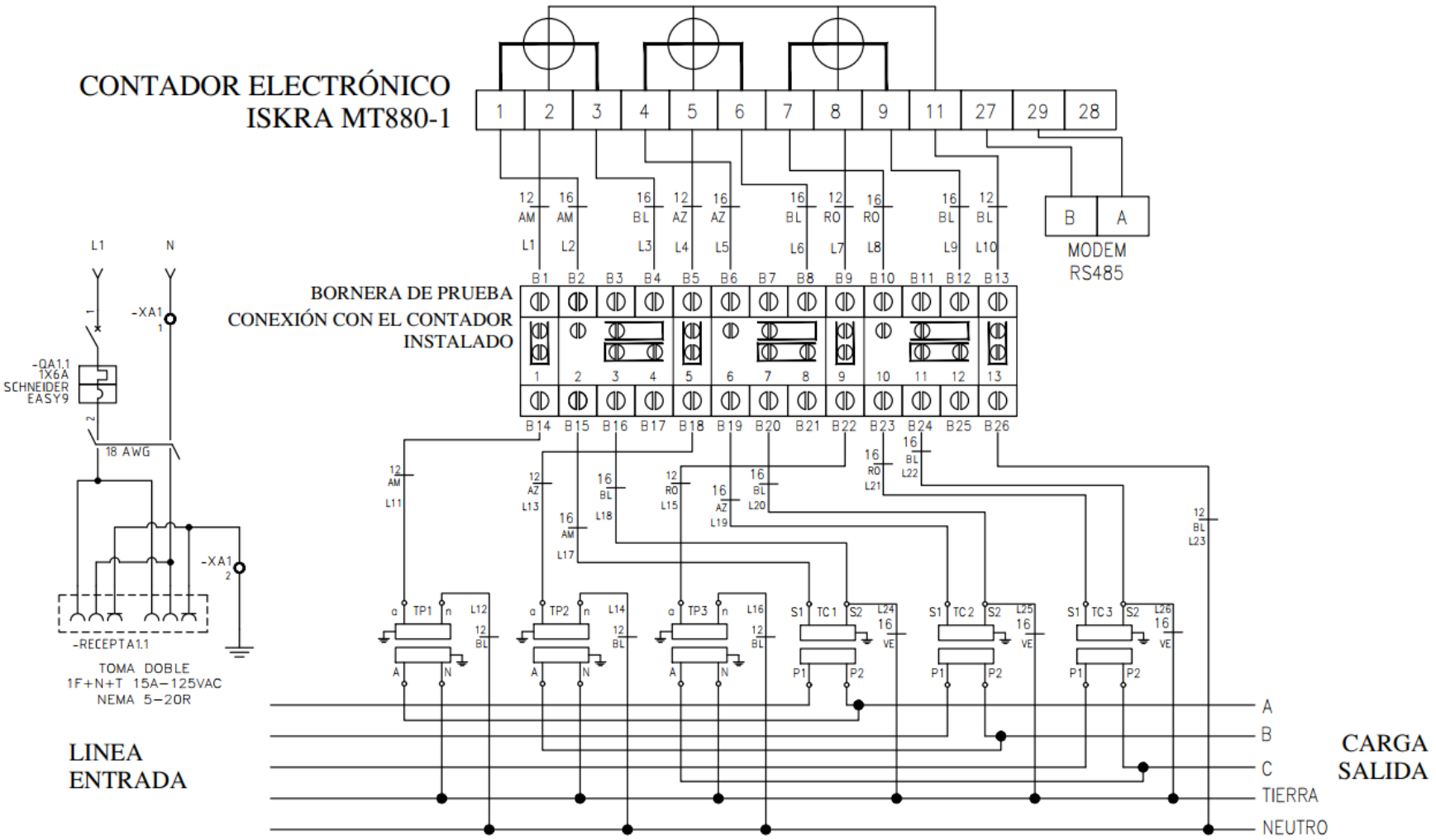


Figura 18. Diagrama unifilar de medidor electrónico de la celda de medida.

4.3.4 INTERRUPTOR

El interruptor de salida en media tensión es el equipo encargado de conectar y desconectar la Central de Generación Arusí de la red primaria de distribución de 13,2 kV. Está diseñado para establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales de operación y, cuando recibe una orden del sistema de protección, interrumpir corrientes de falla o cortocircuito dentro de su capacidad nominal.

El circuito proveniente de la celda de medida se conecta al interruptor mediante un remonte aislado en gas SF6. Desde la salida del interruptor, el circuito continúa hacia el poste de conexión y posteriormente a la red primaria que suministra energía a los corregimientos de Arusí, Partadó y Termales.

Durante la operación normal, el interruptor permite energizar o desenergizar la salida general de la central. Asimismo, actúa como elemento principal de aislamiento ante fallas, mantenimientos o condiciones anormales de operación, evitando que estas se propaguen hacia la red o hacia los equipos internos de la instalación.

Su apertura o cierre deberá efectuarse únicamente por personal autorizado, previa verificación del estado del sistema, de las protecciones, de las puestas a tierra, de los bloqueos y de las condiciones de seguridad establecidas para la maniobra. El interruptor no deberá cerrarse cuando existan trabajos en curso, puestas a tierra instaladas, bloqueos activos o condiciones eléctricas que impidan una energización segura.

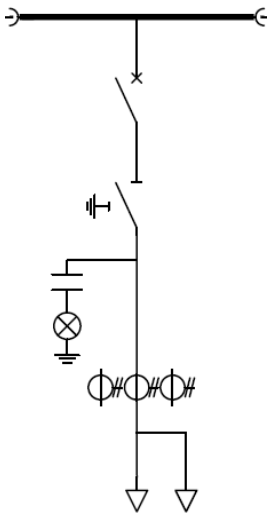


Figura 19. Diagrama unifilar Interruptor.



Figura 20. Interruptor ubicado en el cuarto de equipos.

4.3.5 TABLERO DE CIRCUITOS CON TRANSFERENCIA INTEGRADA

El tablero de servicios es el equipo encargado de recibir, proteger y distribuir la energía eléctrica requerida para el funcionamiento de las cargas de la Central de Generación Arusí, tales como bombas de combustible, iluminación, tomacorrientes y circuitos del cuarto de operación.

El tablero dispone de dos fuentes de alimentación a 220 VCA: una proveniente de la red local y otra del sistema de generación de emergencia. La selección de la fuente se realiza mediante dos interruptores de entrada con enclavamiento mecánico, el cual impide que ambas alimentaciones sean conectadas simultáneamente y evita el paralelismo accidental entre la central y la red local.

La energía seleccionada se distribuye mediante un barraje trifásico de cinco hilos, con capacidad nominal de 162 A y capacidad de cortocircuito de 10 kA. Desde este barraje se alimentan y protegen individualmente los circuitos correspondientes a la bomba de trasiego de 10 HP, la bomba interna de 5 HP, las cajas de tomacorrientes, la iluminación interior y exterior, el pasillo, el cuarto de operación y los circuitos de reserva.

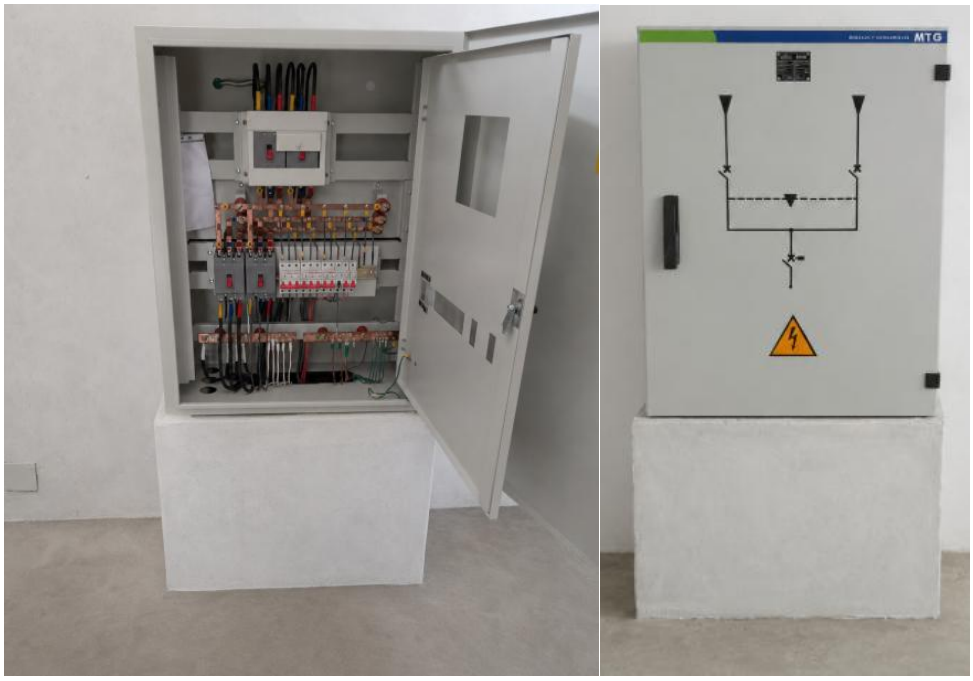


Figura 21. Tablero de Circuitos con transferencia incorporada ubicado en el cuarto de operación.

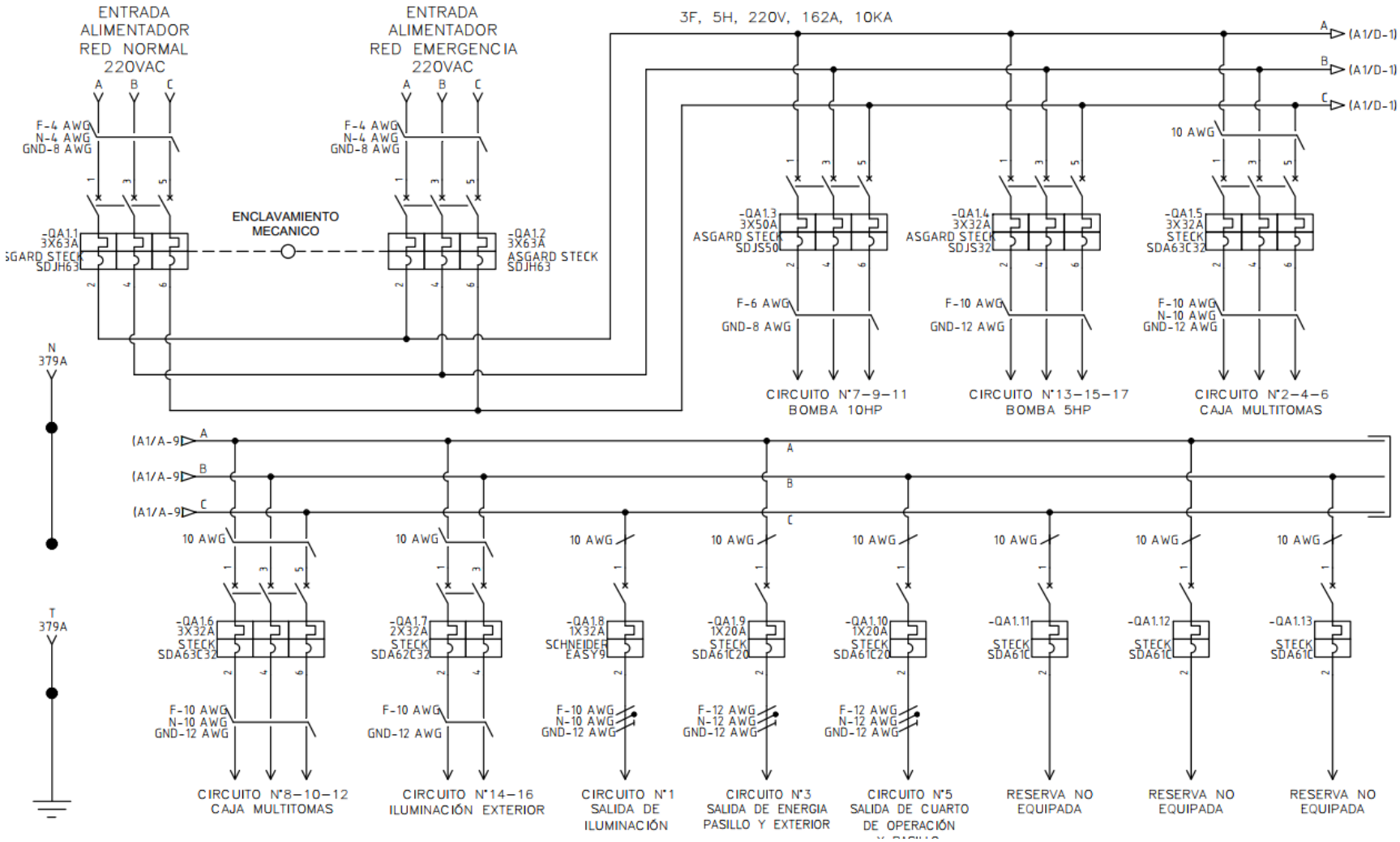


Figura 22. Diagrama unifilar de tablero de circuitos con transferencia incorporada.

4.3.6 NIVEL DE TENSIÓN 13,2 kV

- Lado de media tensión del transformador de potencia.
- Remonte en aire más celda de medida.
- Celdas de remonte en gas SF6 más celda de protección.

5. SISTEMA DE EMERGENCIA CONTRA INCENDIO

La Central de Generación Arusí cuenta con un sistema destinado a detectar oportunamente la presencia de humo, alertar al personal y facilitar la respuesta inicial ante un conato de incendio.

El sistema está conformado por un panel de control de cuatro zonas, cuatro sensores de humo, una estación manual de alarma, una alarma audiovisual con sirena y luz estroboscópica, tres extintores rodantes clase BC de 150 lb y un extintor portátil clase BC de 20 lb instalado en gabinete para uso exterior.

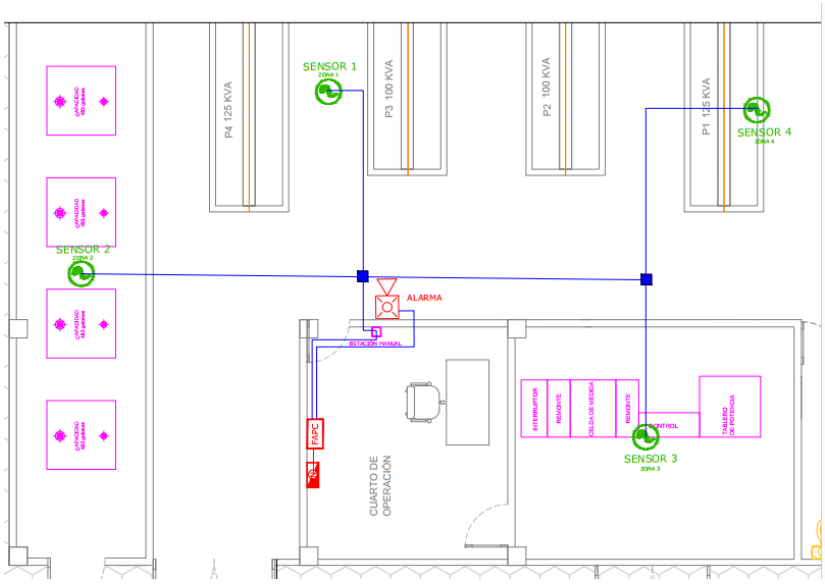


Figura 23. Sistema de detección contra incendio.

Los dispositivos de detección se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- Zona 1: área de las plantas 1 y 2.
- Zona 2: área de las plantas 3 y 4.
- Zona 3: cuarto de tanques diarios de almacenamiento de combustible.
- Zona 4: cuarto de equipos.

La alarma audiovisual se encuentra ubicada en el sector correspondiente a la Zona 1, próxima al área de las plantas 1 y 2.

Cuando uno de los sensores detecta humo o se acciona la estación manual, el panel recibe la señal, identifica la zona involucrada y activa los dispositivos de alarma para advertir al personal presente.

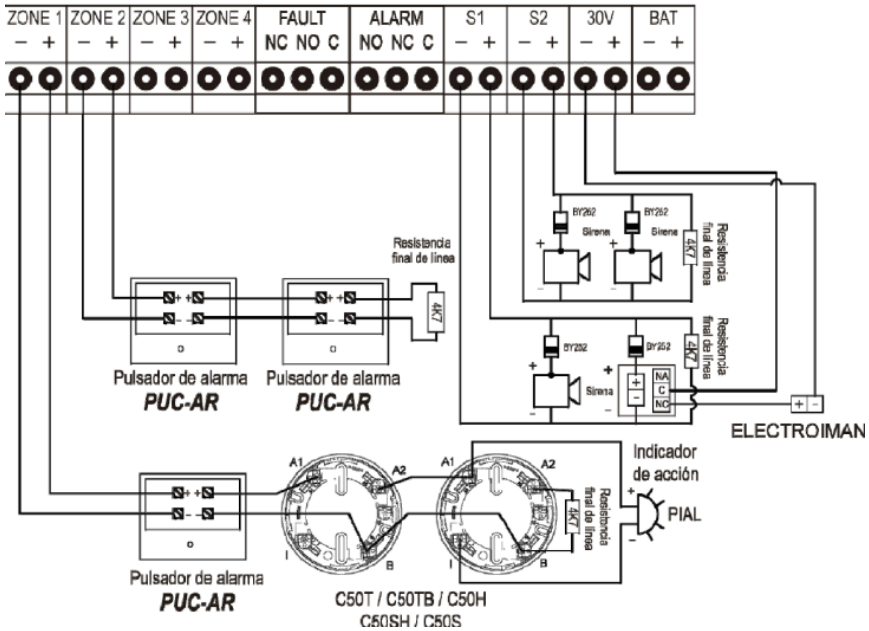


Figura 24. Esquema de conexión del panel de control.

5.1 PANEL DE CONTROL DE ALARMA CONTRA INCENDIOS

El panel de control de alarma contra incendios (FAPC) es el equipo encargado de recibir, supervisar e identificar las señales provenientes de los sensores de humo y de la estación manual instalados en la central.

El panel permite identificar la zona que origina una alarma o condición de falla y controla la activación de la sirena y la luz estroboscópica. También supervisa la continuidad de los circuitos de detección mediante las resistencias de final de línea previstas en el diseño.

El panel deberá permanecer energizado, accesible, identificado y libre de obstáculos. Toda señal de alarma, falla, desconexión o intervención deberá registrarse en la bitácora de operación.



Figura 25. Panel de control (central IRON04).

5.2 SENSORES DE HUMO

Los sensores de humo son dispositivos automáticos encargados de detectar partículas asociadas a las etapas iniciales de un incendio y transmitir la señal correspondiente al panel de control.

5.2.1 Sensor de humo N.° 1 – Zona 1

El sensor N.° 1 se encuentra ubicado en el área de las plantas 1 y 2. Su función es detectar la presencia de humo en este sector y enviar una señal de alarma a la Zona 1 del panel de control.

En esta misma área se encuentra instalado el dispositivo audiovisual de alarma, compuesto por sirena y luz estroboscópica.

5.2.2 Sensor de humo N.° 2 – Zona 2

El sensor N.° 2 se encuentra ubicado en el área de las plantas 3 y 4. Su función es detectar oportunamente humo producido por fallas mecánicas, eléctricas, fugas de combustible, sobrecalentamientos u otras condiciones anormales asociadas a estas unidades.

La activación del sensor genera una señal en la Zona 2 del panel de control.

5.2.3 Sensor de humo N.° 3 – Zona 3

El sensor N.° 3 está instalado en el cuarto de tanques diarios de almacenamiento de combustible, donde se encuentran los cuatro tanques de distribución de 483 galones.

Su función es detectar la presencia de humo en un área con riesgo asociado al almacenamiento y suministro de combustible diésel. Ante su activación, deberán suspenderse las operaciones de trasiego, evitarse fuentes de ignición y aplicarse el procedimiento de emergencia establecido.

5.2.4 Sensor de humo N.° 4 – Zona 4

El sensor N.° 4 se encuentra ubicado en el cuarto de equipos, donde están instalados el tablero de potencia, el tablero de sincronismo y control, los remontes, la celda de medida y el interruptor de salida.

Su función es detectar humo originado por sobrecalentamientos, fallas de aislamiento, arcos eléctricos o cualquier condición anormal asociada a los equipos eléctricos.

Los cuatro sensores deberán mantenerse limpios, libres de polvo, grasa, pintura, insectos u obstrucciones. Su funcionamiento deberá comprobarse periódicamente.

5.3 ALARMA AUDIOVISUAL CON LUZ ESTROBOSCÓPICA

La alarma audiovisual está compuesta por una sirena y una luz estroboscópica, y se encuentra instalada en el área de las plantas 1 y 2, correspondiente a la Zona 1.

Su función es advertir de manera audible y visual al personal sobre la activación del sistema de detección de incendios. La sirena permite alertar a las personas presentes en la central, mientras que la luz estroboscópica complementa la señal en ambientes con altos niveles de ruido.

Cuando se active la alarma, el operador deberá consultar inmediatamente el panel para identificar la zona que originó la señal, alertar al personal, inspeccionar el área desde una posición segura y aplicar el procedimiento de emergencia correspondiente.

5.4 USO DE EXTINTORES EN CASO DE INCENDIO

Ante la presencia de humo o fuego, el operador deberá activar la alarma, informar al personal presente e identificar el área afectada. Los extintores solo deberán utilizarse para controlar incendios incipientes, siempre que el personal se encuentre capacitado, exista una ruta de evacuación segura y el fuego no comprometa tanques, tuberías o grandes cantidades de combustible.

De acuerdo con la ubicación del incendio, se utilizarán los siguientes equipos:

- **Cuarto de operación:** se dispone de un extintor portátil clase BC de 20 lb, instalado en gabinete tipo exterior. Este equipo podrá utilizarse para atender conatos relacionados con equipos eléctricos o líquidos combustibles.



Figura 26. Extintor portátil.

- **Área de las plantas diésel:** se dispone de dos extintores rodantes clase BC, tipo robot, de 150 lb cada uno. Estos equipos están destinados a la atención inicial de incendios asociados a las plantas de generación, instalaciones eléctricas o derrames de combustible.



Figura 27. Extintores tipo Robot.

- Cuarto de equipos: **se dispone** de un extintor rodante clase BC, tipo robot, de 150 lb, destinado a la atención inicial de incendios en el tablero de potencia, tablero de sincronismo, celdas, remontes, interruptor y demás equipos eléctricos instalados en el recinto.



Figura 28. Extintor tipo Robot Cuarto de Equipos.

Antes de utilizar un extintor, el operador deberá:

1. Activar la estación manual o confirmar la activación de la alarma.
2. Identificar el tipo, ubicación y magnitud del incendio.
3. Suspender la generación, desconectar la energía y detener el suministro de combustible únicamente cuando pueda hacerse de forma segura.
4. Seleccionar el extintor más cercano y adecuado.
5. Mantener siempre una ruta de escape a su espalda.
6. Retirar el pasador de seguridad y comprobar que la manguera o boquilla esté libre.
7. Dirigir el agente extintor hacia la base de las llamas, realizando movimientos laterales.
8. Mantener una distancia segura y evitar dar la espalda al fuego.
9. Vigilar el área después de controlar el conato, debido al riesgo de reignición.
10. Informar el evento y registrar las acciones realizadas en la bitácora.

No deberá intentarse apagar el incendio cuando:

- El fuego se haya propagado fuera del punto de origen.
- Exista humo denso o dificultad para respirar.
- No haya una ruta de evacuación disponible.
- Estén comprometidos los tanques o las tuberías de combustible.
- Exista riesgo de explosión.
- El extintor disponible no sea suficiente.
- El operador no se encuentre capacitado para utilizarlo.

En cualquiera de estas condiciones, el personal deberá evacuar inmediatamente siguiendo la ruta de evacuación instaladas en las paredes de central de generación Arusí, aislar el área y solicitar apoyo de los organismos de emergencia. No se deberá utilizar agua sobre equipos eléctricos energizados ni sobre incendios relacionados con combustible diésel.

6. MANUAL DE OPERACIÓN

6.1 OPERACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS Y SINCRONISMO - CENTRAL ARUSÍ (NUQUÍ)

Esta sección establece la secuencia básica de operación de los grupos electrógenos de la Central Arusí, desde las verificaciones previas al arranque hasta la sincronización, cierre del interruptor general, suspensión del servicio y actuación ante fallas. La información fue tomada de las instrucciones operativas suministradas para la central y se presenta en formato de procedimiento para uso del operador.

6.1.1 Verificaciones previas al arranque

Antes de encender cualquier grupo electrógeno, el operador deberá verificar las condiciones de combustible, lubricación, refrigeración y seguridad general de las plantas.

1. Verificar los niveles de combustible en los tanques diarios de 483 galones.
2. Verificar que las llaves de paso ubicadas en la salida de los tanques diarios de 483 galones se encuentren abiertas.
3. Verificar que las llaves de combustible ubicadas en la entrada de las plantas se encuentren abiertas.
4. Accionar el bombín de combustible hasta que el sistema tenga presión.
5. Verificar los niveles de refrigerante y aceite, y realizar una inspección visual general de la planta.

6.1.2 Encendido del control local 6120MKII

Una vez realizadas las verificaciones previas, se deberá encender el control local de la planta y definir si el arranque será únicamente para encender el motor o para dejar la unidad disponible para sincronismo.

6. Encender el control 6120MKII de las plantas desde la llave.
7. Elegir si el arranque será para sincronizar o solamente para encender el motor.
8. Si el objetivo es únicamente encender la planta, presionar el botón manual identificado con el símbolo de la mano y luego presionar el botón verde I.
9. Para detener el motor, presionar el botón rojo 0.
10. Si el objetivo es sincronizar la planta, presionar el botón automático AUTO.

6.1.3 Preparación del gabinete de sincronismo 8610MKII

Cuando la planta vaya a operar sincronizada con las demás unidades, el operador deberá continuar la maniobra desde el gabinete de controladores de sincronismo 8610MKII.

11. Pasar al gabinete de los controladores de sincronismo 8610MKII.
12. Encender los controladores desde los minibreakers marcados como Encendido Control.
13. Presionar el botón manual, identificado con el símbolo de la mano, en los controladores de las plantas que se van a sincronizar.

6.1.4 Arranque desde los controladores de sincronismo

Después de habilitar el gabinete de sincronismo, se deberá arrancar cada planta desde su controlador correspondiente y esperar que las variables eléctricas se estabilicen antes de cerrar el interruptor.

14. Presionar el botón verde I para encender el motor. Debe encender el piloto verde.
15. Verificar que los LED rojo y verde se enciendan, indicando que el generador ya se encuentra disponible y que el breaker puede cerrarse.
16. Esperar aproximadamente 2 minutos para que los niveles de frecuencia y voltaje se estabilicen antes de cerrar los interruptores.
17. Presionar el botón de cerrar breaker, identificado como botón negro. Debe apagarse el piloto amarillo y encenderse el piloto rojo.

6.1.5 Sincronización de otros equipos y reparto de corriente

Para sincronizar otros grupos electrógenos, el operador deberá repetir la secuencia de arranque y cierre del breaker en cada controlador correspondiente, verificando la estabilidad de las variables y el reparto de corriente entre equipos.
18. Repetir los pasos 14 al 17 para sincronizar otros equipos.
19. Esperar que las corrientes, expresadas en amperios, entre los equipos sincronizados sean lo más mínimas y equilibradas posible.

Debido a que los grupos electrógenos pueden tener capacidades diferentes, las corrientes no necesariamente serán iguales; sin embargo, deben mantenerse dentro de valores estables y adecuados para cada unidad.

6.1.6 Cierre del interruptor general

Una vez sincronizadas las plantas requeridas y verificadas las condiciones de operación, se podrá cerrar el interruptor general para entregar energía al sistema.
20. Cerrar el interruptor general accionando la muletilla hacia la izquierda. Debe apagarse el piloto verde y encenderse el piloto rojo.

6.1.7 Suspensión normal del servicio

Para suspender el servicio de energía de forma normal, primero se debe abrir el interruptor general y posteriormente abrir los interruptores individuales de cada planta.

21. Para suspender el servicio de energía, abrir primero el interruptor general accionando la muletilla hacia la derecha. Debe apagarse el piloto rojo y encenderse el piloto verde. Luego, abrir los interruptores de cada planta.

6.1.8 Actuación ante cortocircuito o apagado repentino

En caso de cortocircuito, apagado repentino de las plantas o condición anormal del sistema, no se debe intentar restablecer el servicio de manera inmediata. Primero se debe abrir el breaker general y verificar la causa de la falla.

22. En casos de cortocircuito o apagados repentinos de las plantas, el breaker general se debe abrir de forma manual desde el interruptor, utilizando el botón rojo.

6.1.9 Resumen operativo de señales esperadas

Equipo / punto de operación	Mando o señal	Función / condición esperada
Control 6120MKII	Botón manual + botón verde I	Arranque local de la planta para encender el motor.
Control 6120MKII	Botón rojo 0	Parada normal del motor.
Control 6120MKII	AUTO	Deja la planta disponible para sincronismo.
Controlador 8610MKII	Botón manual + botón verde I	Arranque desde el sistema de sincronismo; debe encender el piloto verde.
Controlador 8610MKII	LED rojo y verde encendidos	Generador disponible y breaker listo para cierre.
Controlador 8610MKII	Botón negro de cierre	Cierra el breaker; se apaga el piloto amarillo y se enciende el rojo.
Interruptor general	Muletilla hacia la izquierda	Cierre del interruptor general; se apaga el piloto verde y se enciende el rojo.
Interruptor general	Muletilla hacia la derecha	Apertura del interruptor general; se apaga el piloto rojo y se enciende el verde.
Interruptor general	Botón rojo	Apertura manual del breaker general ante cortocircuito o apagado repentino.

Tabla 4. Señales Tablero de Sincronismo.

6.2 RELÉ DE PROTECCIÓN Y CONTROL FS-R210 DEL INTERRUPTOR DE SALIDA

El relé FS-R210 está asociado al interruptor de salida de 13,2 kV de la Central de Generación Arusí. Integra medición, protección, señalización, registro de eventos y control. Esta sección resume la información necesaria para su consulta y operación básica; cualquier modificación de ajustes queda restringida a personal autorizado.



Figura 29. Relé FS-R210.

6.2.1 Funciones principales

- Medición y visualización de variables eléctricas.
- Protecciones de sobrecorriente, secuencia cero, sobrecarga y tensión.
- Supervisión de entradas y control de salidas de disparo, cierre y alarma.
- Registro de eventos, operaciones y actuaciones.
- Comunicación con sistemas externos.

6.2.2 Condición normal

El indicador Run debe parpadear aproximadamente una vez por segundo. COMM parpadea cuando existe intercambio de datos. Trip y Alarm deben permanecer apagados.

6.2.3 Teclado e indicadores

El panel frontal dispone de siete teclas de navegación, confirmación, cancelación y restablecimiento.

Icono	Nombre de la tecla	Función
▲	Teclas de dirección: botón arriba	Función 1: Mover el elemento de enfoque del menú hacia arriba
		Función 2: desplazarse hacia arriba
▼	Teclas de dirección: botón abajo	Función 1: Mover el elemento de enfoque del menú hacia abajo
		Función 2: desplazarse hacia abajo
◀	Tecla de función: botón izquierdo	Función 1: Mover el elemento de menú a la izquierda
		Función 2: Mover a la izquierda el bit de edición en el estado de edición de datos
		Función 3: En el menú "Registro", saltar al registro anterior
▶	Tecla de función: botón derecho	Función 1: Mover el elemento de menú a la derecha
		Función 2: Mover a la derecha el bit de edición en el estado de edición de datos
		Función 3: En el menú "Registro", saltar al registro siguiente
ENT	Tecla de Función: Tecla de confirmación	Función 1: Confirmación de la opción de menú seleccionada
		Función 2: Confirmación de la edición de datos
		Función 3: Cambiar del menú de bucle al menú de depuración
ESC	Tecla de función: Tecla de cancelar	Función 1: Cancelar la operación
		Función 2: Regresar al menú anterior
		Función 3: Volver al menú de bucle desde el menú de depuración
RST	Tecla de Función, tecla de retorno	Función 1: El retorno de la señal e indicador

Figura 30. Botones y comandos.

Número de serie	Nombre	Color	Explicación del estado de funcionamiento del indicador
1	Acción(pendiente ingles)	Rojo	Está encendido durante la acción de protección, se presiona el botón "Reiniciar" para regresar.
2	Alarma	Rojo	Cuando el dispositivo tiene una señal de alarma, la luz de alarma está encendida. Después de que se haya eliminado la alarma, puede pulsar el botón "Volver" para regresar.
3	Comunicación	Verde	Cuando la comunicación es normal, parpadea cuando se envían o reciben datos. Cuando no hay comunicación o la comunicación es anormal, la luz está siempre apagada.
4	Operación	Verde	En estado de trabajo normal, parpadea una vez por segundo

Figura 31. Indicadores lumínicos.

6.2.4 Estructura de menús

El relé dispone de menús de monitoreo, configuración, registros, ajustes de protección, mantenimiento e información. Las consultas normales no requieren contraseña; los cambios y pruebas sí.

Menú de primer nivel	Menú de segundo nivel	Menú de tercer nivel	Descripción de funciones
Condiciones de funcionamiento (MONITOR)	Valor de medición (MEA)		Verificar valor de medición
	Valor de telemando (DI)		Verificar estado de telemando
	Hora (TIME)		Verificar hora del dispositivo
	Firma (FLAG)		Verificar información de la firma
Configuración (PARA.)	Configuración de parámetros (DEV. PARAM)	VER TABLA DEL PUNTO 4.	Configurar parámetros del dispositivo
	Ajuste de la hora (TIMESy)		Configurar hora
	Configuración de proyecto (PRJ.SET)	VER TABLA DEL PUNTO 5.	Configuración de proyecto
Registro (RECORD)	Registro de eventos (EVENT)	6	Ver todos los registros generados por el dispositivo, ordenarlos por orden de incidencia
	Registro de operación (OPERAT)		Ver la información de registro de la clase de operación generada por el dispositivo
Valor de configuración	Verificar valor de configuración	VER TABLA DEL PUNTO 6.	Visualizar y verificar valor fijo de protección

Figura 32. Menú de monitoreo – Parte 1.

(SETTING)	(VIEW) (SET)		
	Configuración de valor fijo		Configurar valor fijo de protección
Mantenimiento (MAINTE.)	Ensayo (TEST)	Entrada (BI TEST)	Estado de la entrada de ensayo
		Salida (BO TEST)	Salida de ensayo
		Entrada analógica (ANALOG)	Ensayo analógico
		Deriva nula (LIV. ZERO)	Ver valor de deriva nula
		Movimiento (SCADA)	Esta función se puede utilizar con la estación primaria para hacer un contrapunto para telemando y telemetría según la tabla de puntos de reenvío configurada, para confirmar la corrección.
		Autodiagnóstico (SEL.TEST)	Entrada y salida de autodiagnóstico
	Calibración de canal (MEA.ADJ)	Calibración manual de precisión	Se puede calibrar individualmente la amplitud y el ángulo de cada canal
		Auto calibración de precisión	Calibrar automáticamente la amplitud y el ángulo del dispositivo según la indicación
	Cambiar contraseña (PW.CHGE)		Cambiar la contraseña, la contraseña predeterminada es 0000
	Borrar evento (EVT.CLR)		Borrar registro SOE
	Descargar (DOWN)		Descarga del programa de lanzamiento
Información (INFO)	Información	Información del dispositivo	Verificar información del dispositivo

Figura 33. Menú de monitoreo – Parte 2.

6.2.5 Parámetros del dispositivo (DEV.PARA)

DEV.PARA reúne la visualización, relaciones de PT y CT, comunicación, pulsos de disparo y cierre, idioma y presentación. Las relaciones deben coincidir con los equipos instalados.

N.º	Nombre del parámetro	Rango de ajuste	Unidad	Valor inicial	Descripción
1	Método de visualización (DISPLAY MODE)	Valor secundario de visualización (SECOND), valor primario de visualización (PRIMARY)		Valor secundario de visualización (SECOND)	Lista
2	Relación de transformación de PT (PT RATIO)	1,0～9999,0		100,0	
3	Relación de transformación de CT de fase (FASE CT RATIO)	1,0～9999,0		120,0	
4	Relación de transformación de CT de secuencia cero (ZERO CT RATIO)	1,0～9999,0		20,0	
5	Dirección del dispositivo (DIVICE ADDRESS)	001～254		1	
6	Protocolo de puerto serie (COMM. PROTOCOL)	IEC101, Modbus, IEC013, (IEC101, IEC103, MODBUS).		IEC 101	Lista
7	Dirección del protocolo 101 (101 ADDR BYTES)	Un byte, dos bytes (SINGLE BYTE, DOUBLE BYTE).		DOUBLE bytes	Lista
8	Motivos de transmisión 101 (101 COT BYTES)	Un byte, dos bytes (SINGLE BYTE, DOUBLE BYTE)		DOUBLE bytes	Lista
9	Velocidad de comunicación en baudios (485 BAUDRATE)	4800, 9600, 19200, 38400, 57600	bps	57600	Lista
10	Método de calibración (485 CHECK)	Sin calibración, calibración impar, calibración par (EVEN, ODD, NONE)		Calibración par (EVEN)	Lista
11	Tipo de comunicación remota (101 DI MODE)	Punto único, punto doble (SP, DP)		Punto único (SP)	Lista
12	Tipo de telemetría (101 AD MODE)	Valor normalizado, valor escalado, valor de punto flotante (NVA,SVA,FVA)		Valor normalizado (NVA)	Lista
13	Zona muerta de telemetría (101 DEAD VALUE)	0,002～50,00	%	20	
14	Intervalo de transmisión de telemetría (AD SEND INTERVAL)	0,000～3600	s	60	
15	Transmisión activa de telemetría (AD AUTO SEND)	Entrada, salida (ON, OFF)		Salida (OFF)	Lista
16	Tiempo de confirmación de telemando (DI CONFIRM TIME)	0,005～60,00	s	0,5	
17	Tiempo de espera remoto (REMOTE TTIMEOUT)	10,00～3600	s	300	

Figura 34. Parámetros del dispositivo DEV.PARA – Parte 1.

18	Ancho de pulso de disparo (TRIP PULSE-WID)	0,100～5,000	s	0,2	
19	Ancho de pulso de cierre (CLOSE PULSE WID)	0,100～5,000	s	0,2	
20	Tiempo de retorno de alarma (ALARM RESET TIME)	0～65536	s	60	0 para salir
21	Tiempo de retorno de falla (FAULT RESET TIME)	0～65536	s	1	
22	Depuración de puerto serie (COM DEBUG)	Entrada, salida (ON,OFF)		Salida (OFF)	Lista
23	Método de visualización LCD (LCD MODE)	Visualización horizontal y vertical (HORIZONTAL Y VERTICAL)		Visualización horizontal	Lista
24	Método de llave de reseteo LCD (HLCD RESET KEY)	Abajo y arriba (DOWN, UP)		Abajo (DOWN)	
25	Lenguaje (LANGUAGE)	Inglés, chino (ENGLISH, CHINESE)		Inglés (ENGLISH)	

Figura 35. Parámetros del dispositivo DEV.PARA – Parte 2.

6.2.6 Parámetros de ingeniería

PRJ.SET permite asignar nombre, tipo y tiempo de validación a las entradas digitales, y definir la función de las salidas. Debe corresponder con los planos y el cableado real.

N.º	Nombre del parámetro	Rango de ajuste	Unidad	Valor inicial	Descripción
1	Nombre de la entrada (DI1 name)	Ver descripción 1		Posición de apertura del interruptor (Brk ope)	Lista
2	La propiedad de la entrada 1 (DI1 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
3	Tipo de entrada 1 (DI1 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally ope)	Lista
4	Tiempo de la entrada 1 (DI1 time)	0,100～999,9	s	10,00	
5	Nombre de la entrada (DI2 name)	Ver descripción 1		Posición de cierre del interruptor (Brk Clo)	Lista
6	La propiedad de la entrada 2 (DI2 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
7	Tipo de entrada 2 (DI2 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally	Lista

Figura 36. Parámetro ingeniería – Parte 1.

				ope)	
8	Tiempo de la entrada 2 (DI2 time)	0,100～999,9	s	10,00	
9	Nombre de la entrada (DI3 name)	Ver descripción 1		Posición de cierre a tierra (Grd clo)	Lista
10	La propiedad de la entrada 3 (DI3 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
11	Tipo de entrada 3 (DI3 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally ope)	Lista
12	Tiempo de la entrada 3 (DI3 time)	0,100～999,9	s	10,00	
13	Nombre de la entrada 4 (DI4 name)	Ver descripción 1		Posición de cierre de aislamiento (Iso Clo)	Lista
14	La propiedad de la entrada 4 (DI4 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
15	Tipo de entrada 4 (DI4 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally open)	Lista
16	Tiempo de la entrada 4 (DI4 time)	0,100～999,9	s	10,00	
17	Nombre de la entrada 5 (DI5 name)	Ver descripción 1		Entrada digital 1 (DI1)	Lista
18	La propiedad de la entrada 5 (DI5 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
19	Tipo de entrada 5 (DI5 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally open)	Lista
20	Tiempo de la entrada 5 (DI5 time)	0,100～999,9	s	10,00	
21	Nombre de la entrada 6 (DI6 name)	Ver descripción 1		Entrada digital 2 (DI2)	Lista
22	La propiedad de la entrada 6 (DI6 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista
23	Tipo de entrada 6 (DI6 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally open)	Lista
24	Tiempo de la entrada 6 (DI6 time)	0,100～999,9	s	10,00	
25	Nombre de la entrada 7 (DI7 name)	Ver descripción 1		Alta temperatura (HighT)	Lista
26	La propiedad de la entrada 7 (DI7 attribute)	Entrada ordinaria, alarma, disparo, cierre (di input, warn, trip, close)		Entrada ordinaria (di input)	Lista

Figura 37. Parámetro ingeniería – Parte 2.

27	Tipo de entrada 7 (DI7 type)	Normalmente abierto, normalmente cerrado (nomally open, normally clo)		Normalmente abierto (normally open)	Lista
28	Tiempo de la entrada 7 (DI7 time)	0,100~999,9	s	10,00	
29	Nombre de la salida 1 (DO1 name)	Ver descripción 2		Disparo de protección (Trip)	Lista
30	Nombre de la salida 2 (DO2 name)	Ver descripción 2		Reconexión (Close)	Lista
31	Nombre de la salida 3 (DO3 name)	Ver descripción 2		Señal de movimiento (Act signal)	Lista
32	Nombre de la salida 4 (DO4 name)	Ver descripción 2		Señal de alarma (Warn signal)	Lista

Figura 38. Parámetro ingeniería – Parte 3.

Las entradas pueden actuar como estado, alarma, disparo o cierre. Las salidas pueden asignarse a disparo de protección, reconexión, mando remoto o señalización.

6.2.7 Ajustes de protección

SETTING contiene los valores de protección. Los valores iniciales de las tablas son referencias de fábrica y no corresponden necesariamente a los ajustes definitivos de Arusí.

ADVERTENCIA: no modificar umbrales, tiempos, curvas ni reconexiones sin el estudio de coordinación de protecciones y la hoja de ajustes aprobada.

N.º	Explicación de la configuración	Rango de ajuste	Unidad	Valor inicial	Descripción
1	Protección de la sección de sobrecorriente I (ON/OFF OC1)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
2	Corriente de la sección de sobrecorriente I (I>)	0,1～100,0	A	100,0	
3	Tiempo de la sección de sobrecorriente I (TI>)	0,000～600.	s	10,00	
4	Protección de sobrecorriente II (ON/OFF OF OC2)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
5	Corriente de sobrecorriente II (I>>)	0,1～100.0	A	100.0	
6	Tiempo de sobrecorriente II (TI>>)	0,00～600	s	10,00	
7	Protección de sobrecorriente III (SELF OF OC3)	Límite de tiempo fijo, límite de tiempo inverso general, límite de tiempo inverso super, límite de tiempo inverso extremo, salida (TIME_FIX, RVS_STD, RVS_VERY, RVS_EXT, OFF)		Salida (OFF)	
8	Corriente de sobrecorriente III (I>>>)	0,1～100,0	A	5	
9	Tiempo de sobrecorriente III (TI>>>)	0,005～120,0	s	120,0	
10	Sección de protección de secuencia cero I (ON/OFF IE 1)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
11	Corriente de la sección secuencia cero I (IE>)	0,1～100.	A	1.	
12	Tiempo de la sección secuencia cero I (TIE>)	0,00～600.	s	0.	
13	Sección de protección de secuencia cero II (SELF OF IE2)	Límite de tiempo fijo, límite de tiempo inverso general, límite de tiempo inverso super, límite de tiempo inverso extremo, salida (TIME_FIX, RVS_STD, RVS_VERY, RVS_EXT, OFF)		Salida (OFF)	
14	Corriente de la sección secuencia cero II (IE>>)	0,1～100.	A	5.	
15	Tiempo de la sección secuencia cero II (TIE>>)	0,005～120,0	s	120,0	
16	Acción de la sección secuencia cero II (ACT OF IE>>)	Alarma, disparo (TRIP, WARN)		Alarma (WARN)	
17	Protecciónde aceleración de sobrecorriente (ON/OFF OF I-ACC)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	

Figura 39. Parámetro de configuración de protecciones – Parte 1.

18	Corriente de aceleración de sobrecorriente (I-ACC)	0,1～100,0	A	100,0	
19	Tiempo de aceleración de sobrecorriente (TI-ACC)	0,00～10,00	s	10,00	
20	Protección de bloqueo de corriente alta ON/OFF I-BRK)	Entrada, salida (ON/OFF)		OFF	
21	Corriente alta (I-BRK)	0,1～100,0	A	100,0	
22	Protección de aceleración de secuencia cero (ON/OFF OF IE-ACC)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
23	Corriente de aceleración de secuencia cero (IE-ACC)	0,1～10,00	A	10,00	
24	Tiempo de aceleración de secuencia cero (TIE-ACC)	0,00～10,00	s	10,00	
25	Protección de sobrecarga (ON/OFF OF OVLD)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
26	Disparo de sobrecarga (ON/OFF TRIP OF OVLD)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
27	Corriente de sobrecarga (I-OVLD)	0,100～100,0	A	20,00	
28	Tiempo de advertencia de sobrecarga (T-OVLD OFF WARN)	0,100～999,9	s	999,9	
29	Tiempo de disparo de sobrecarga (T-OVLD OFF TRIP)	0,100～999,9	s	999,9	
30	Protección de baja tensión (ON/OFF OFF LV)	Salida, alarma, disparo (EXT, WARN, TRIP)		Salida (EXIT)	
31	Voltaje de baja tensión (V-LOWV)	30,00～160,0	V	80,00	
32	Tiempo de baja tensión (T-LOWV)	0,100～999,0	s	20,00	
33	Protección de baja tensión (ON/OFF OF OV)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
34	Voltaje de sobretensión (V-OV)	30,00～260,0	V	260,00	
35	Tiempo de sobretensión (T-OV)	0,100～999,0	s	20,00	
36	Entrada y salida de reconexión (ON/OFF OF AR)	Entrada, salida (ON/OFF)		Salida (OFF)	
37	Tiempo de reconexión único (AR T1)	0,300～10,00	s	10,00	
38	Tiempo de reconexión de dos veces (AR T2)	0,300～999,0	s	999,0	

Figura 40. Parámetro de configuración de protecciones – Parte 2.

39	Tiempo de reconexión de tres veces (AR T3)	0,300～999,0	s	999,0	
40	Tiempo de bloqueo de reconexión (AR T-BLK)	0,000～300,0	s	0,000	
41	Tiempo de confirmación de reconexión (AR T-REC)	0,300～999,0	s	30,00	
42	Veces de reconexión (AR TIMES)	Reconexión única, reconexión dos veces, reconexión tres veces (ONCE, TWIC, 3 TIMES)		Reconexión única (ONCE)	

Figura 41. Parámetro de configuración de protecciones – Parte 3.

6.2.8 Consulta de mediciones y registros

1. Seleccionar MONITOR y confirmar con ENT.
2. Ingresar a MEA para mediciones o a DI para estados digitales.
3. Desplazarse con las teclas de dirección y salir con ESC.
4. Para revisar eventos, ingresar a RECORD y seleccionar EVENT u OPERAT.
5. Registrar en la bitácora la hora, causa y secuencia de los eventos relevantes.

6.2.9 Actuación ante disparo

- Confirmar el LED Trip y la apertura del interruptor.
- No ordenar el cierre hasta identificar y corregir la causa.
- Consultar registros y magnitudes del relé.
- Informar al responsable técnico y documentar el evento.
- Usar RST solo después de recibir autorización para la reposición.

6.2.10 Actuación ante alarma

- Identificar la señal o entrada asociada.
- Comprobar si la condición continúa presente.
- Registrar la novedad y solicitar revisión cuando corresponda.
- Restablecer con RST únicamente después de eliminar la causa.

6.2.11 Modificación de parámetros

1. Verificar el valor autorizado en la hoja de ajustes.
2. Ingresar al menú e introducir la contraseña autorizada.
3. Editar y confirmar únicamente el parámetro previsto.
4. Verificar que el nuevo valor haya quedado almacenado.
5. Realizar las pruebas funcionales y registrar el cambio.

6.2.12 Recomendaciones

- Mantener disponibles el estudio de coordinación, la hoja de ajustes y los planos de control.
- No modificar relaciones de PT o CT sin comprobar los equipos instalados.
- No borrar registros antes de documentar la actuación.
- No habilitar reconexión automática sin autorización.
- Las pruebas y calibraciones corresponden a personal especializado.

6.3 CENTRAL DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS CONVENCIONAL IRON04

La Central de Generación Arusí dispone de una central convencional de detección y alarma de incendios COFEM IRON04, con capacidad para cuatro zonas. Este equipo recibe y supervisa las señales procedentes de los detectores de humo y de la estación manual, identifica la zona que origina una alarma o avería y controla las salidas de notificación acústica y visual del sistema.

6.3.1 Presentación de la central IRON04

La IRON04 es una central convencional diseñada para instalaciones de detección y alarma de incendios con cuatro zonas independientes. En la Central de Generación Arusí se utiliza el modelo de cuatro zonas.

La central permite conectar detectores automáticos y pulsadores manuales convencionales, supervisar la continuidad de las líneas, señalizar alarmas y averías, activar las sirenas y mantener la operación mediante baterías cuando se presenta una falla en la alimentación principal.

6.3.2 Distribución de zonas en la Central de Generación Arusí

Zona	Área supervisada	Dispositivo principal
Zona 1	Área de las plantas 1 y 2	Sensor de humo N.° 1. En este sector se ubica la alarma audiovisual.
Zona 2	Área de las plantas 3 y 4	Sensor de humo N.° 2.
Zona 3	Cuarto de tanques diarios de combustible	Sensor de humo N.° 3.
Zona 4	Cuarto de equipos	Sensor de humo N.° 4.

Tabla 5. Zonas sistema contra incendio.

6.3.3 Características técnicas principales

- Capacidad para cuatro zonas de detección convencional.
- Admite hasta 32 elementos por zona, considerando detectores y pulsadores manuales.
- Dispone de dos salidas generales de sirena supervisadas.
- El retardo de las salidas de sirena puede configurarse entre 0 y 7 minutos.
- Las salidas de sirena están protegidas mediante fusible autorrearmable.
- Dispone de una salida inmediata de alarma mediante contacto seco NA/NC.
- Dispone de una salida inmediata de avería mediante contacto seco NA/NC.
- Incluye una salida auxiliar supervisada de 30 VDC, protegida por fusible autorrearmable, para alimentación de elementos externos como electroimanes, sirenas o módulos de relé.
- Cuenta con modo de pruebas para comprobar detectores y pulsadores de forma rápida.
- Permite configurar los umbrales de línea abierta, alarma de detector y alarma de pulsador para adaptarse a otros dispositivos convencionales compatibles.
- Cofre metálico con puerta frontal atornillada.
- Diez pretaladros de 28 mm para el paso de cableado.
- Espacio interior para dos baterías de 2 Ah.
- Dimensiones: 248 x 240 x 105 mm.
- Grado de protección: IP30.
- Certificación según EN 54-2 y EN 54-4.

6.3.4 Panel de control

El panel frontal permite conocer el estado general de la central, identificar la zona afectada y ejecutar las funciones básicas de mando. La disposición es común a la familia IRON02/04; en el modelo IRON04 se encuentran habilitadas las cuatro zonas.

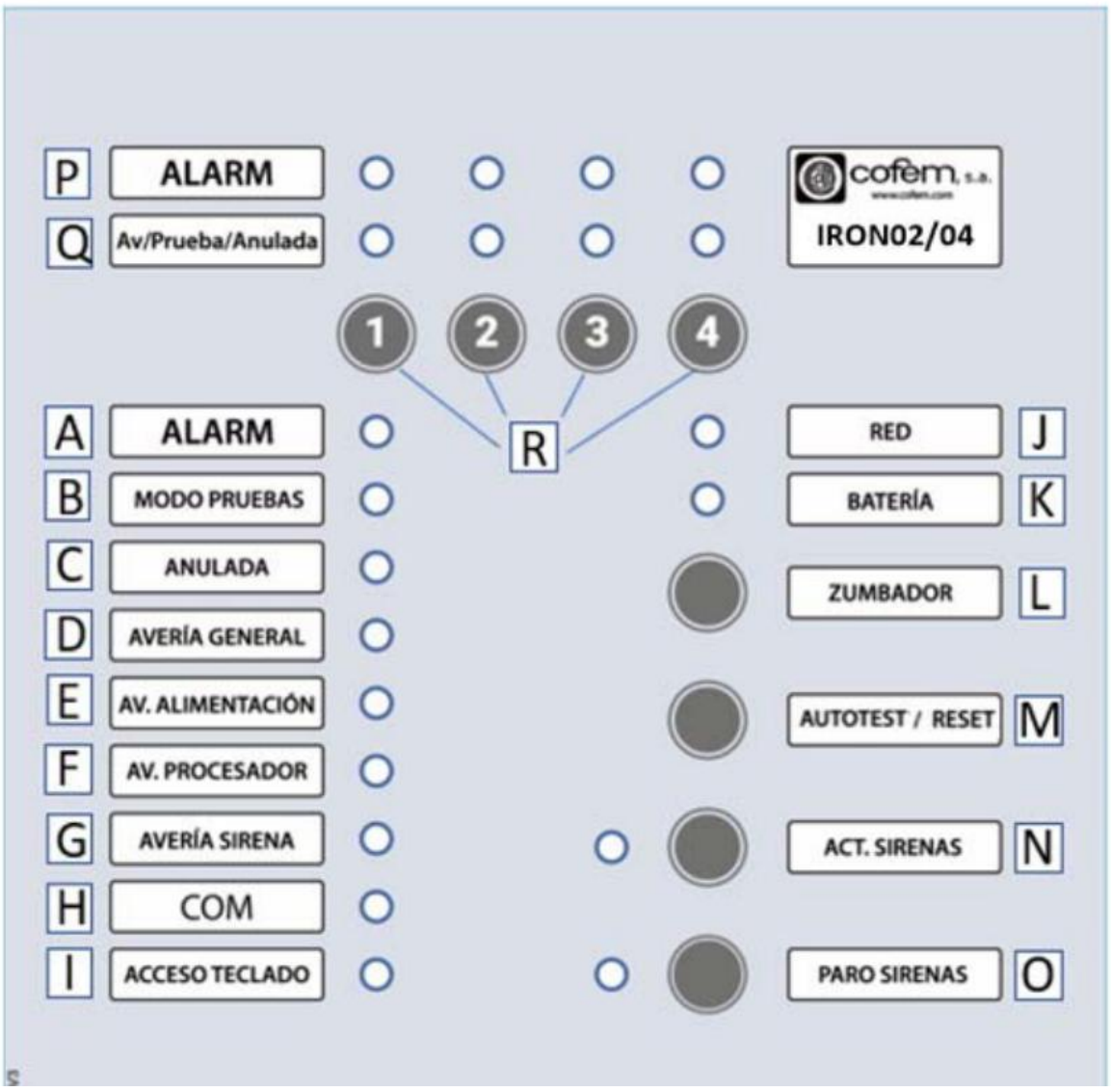


Figura 42. Panel de control de la central convencional IRON04.

6.3.5 Indicadores luminosos generales

LEDS	COLOR LED	DESCRIPCIÓN
A	Rojo	Alarma de fuego por activación de pulsador o detector. ► Fijo
pruebas B	Ámbar	Zona o zonas en pruebas ► Fijo ⇒ Al menos 1 zona en modo de prueba.
DisabledAnulada C	Ámbar	Zona o zonas anuladas ► Fijo ⇒ Al menos una zona anulada
FaultAvería General D	Ámbar	Avería en el sistema ► Fijo
Alimentación Supply Fault E	Ámbar	Avería general de alimentación. ► Fijo ⇒ Avería entrada 110~230Vac, salida de 30V y Sirenas. ► Intermitente ⇒ Sin Baterías
faultAvería procesador F	Ámbar	Avería de CPU ► Fijo ⇒ Central no operativa.
faultAveria sirena Fault Sounder G	Ámbar	Estado de la salida de Avería ► Fijo ⇒ Linea Abierta ► Intermitente ⇒ Cortocircuito
H		
accessAcceso teclado I	Ámbar	Nivel de acceso al teclado del panel de control de la central. ► Apagado ⇒ Nivel 1. ► Fijo ⇒ Nivel 2. Activo por microswitch de forma permanente. ► Intermitente ⇒ Nivel 2. Activo por teclado durante 30 segundos.
J	Verde	Sistema alimentado por la red eléctrica 110~230 Vac. ► Fijo
K	Verde	Sistema alimentado a través de las baterías. ► Fijo
soundersActivación sirenas N	Ámbar	► Fijo ⇒ Salidas de sirena general activadas, Central funcionando sin retardos en las salidas de sirena general. ► Intermitente ⇒ Indicador de retardo en las salidas de sirena general.
soundersParo sirena O	Ámbar	► Fijo ⇒ Salidas de sirena general desactivadas permanente. ► Intermitente ⇒ Salidas de sirena general desactivadas hasta la entrada de una alarma en otra zona.
P	Rojo	Alarma en la zona señalada. ► Fijo ⇒ activado por Pulsador ► Intermitente ⇒ activado por Detector
odo prueba/ averia/anulada Q	Ámbar	Zona en prueba/avería/anulada ► Fijo ⇒ Zona anulada ► Intermitente ⇒ Avería de línea cruzada/línea abierta/ Modo Prueba
	Ámbar	► Intermitente ⇒ Batería, avería general y avería alimentación La central entra en hibernación cuando no tiene alimentación de red y la tensión de baterías está por debajo de los 21V.

Tabla 6. Indicadores de Luz según evento o anomalía.

6.3.6 Operaciones y maniobras de la central IRON04

a) Como parar el zumbador

	**Paro Zumbador:** Desactivación de la señal acústica de la central (zumbador) por alarma o avería.. ► 1 pulsación ⇒ apaga el sonido del zumbador. En caso de nueva incidencia, el zumbador se activa automáticamente.

Tabla 7. Operación 1.

b) Como parar las sirenas

	**Activar acceso a la central** ⇒ Pulsar simultáneamente las siguientes teclas: Numero de zona 1 y 4.
	► 1 pulsación ⇒ Desactiva las salidas de sirena general.

Tabla 8. Operación 2.

c) Como activar las sirenas

	**Activar acceso a la central** ⇒ Pulsar simultáneamente las siguientes teclas: Numero de zona 1 y 4.
	► 1 pulsación ⇒ Se activan las salidas de sirena de la central de forma inmediata.

Tabla 9. Operación 3.

d) Como reiniciar la central

	**Activar acceso a la central** ⇒ Pulsar simultáneamente las siguientes teclas: Numero de zona 1 y 4.
	► Pulsación permanente ⇒ Rearmado de la central.

Tabla 10. Operación 4.

6.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN

Las redes eléctricas asociadas a la Central de Generación Arusí deben ser operadas y mantenidas bajo procedimientos previamente establecidos, teniendo como prioridad la seguridad del personal, la protección de los equipos y la continuidad del servicio eléctrico. Toda maniobra, intervención o actividad de mantenimiento deberá ser ejecutada únicamente por personal competente y autorizado, de acuerdo con los procedimientos de seguridad eléctrica aplicables y las disposiciones establecidas en el RETIE.

Las actividades sobre las redes deberán diferenciarse según se trate de trabajos con la red energizada o desenergizada. Siempre que las condiciones operativas lo permitan, los trabajos de mantenimiento se realizarán con la red desenergizada, aplicando las medidas de seguridad correspondientes para garantizar que el circuito permanezca aislado durante la intervención.

6.4.1 Atención de fallas y condiciones anormales de operación

Ante la presencia de una falla, disparo de protecciones, pérdida del suministro eléctrico, cortocircuito o cualquier otra condición anormal en la red, el operador deberá actuar de manera ordenada y evitar la ejecución de maniobras improvisadas.

Inicialmente, se deberá:

1. **Informar al responsable de la operación o mantenimiento** sobre la condición presentada.
2. **Identificar la condición de falla** mediante la revisión de las protecciones, interruptores, equipos de maniobra y demás elementos asociados al circuito.
3. **Verificar si existe riesgo para el personal, la infraestructura o terceros**, especialmente en casos de conductores caídos, incendios, contacto con vegetación, daños en postes o equipos eléctricos.
4. **Evitar cualquier intento de reenergización** cuando exista evidencia de una falla permanente o cuando no se haya identificado la causa del disparo.
5. **Aislar el circuito afectado**, de acuerdo con la configuración de la red y los equipos de maniobra disponibles.
6. **Desconectar el transformador asociado al circuito**, cuando sea necesario para garantizar el aislamiento de la zona de trabajo.
7. **Realizar una inspección de la red** únicamente después de establecer las condiciones seguras para la intervención.

8. **Restablecer el servicio únicamente después de verificar que la causa de la falla haya sido corregida** y que no existan personas, herramientas, equipos o elementos extraños dentro de la zona de riesgo.

En caso de que una falla provoque la actuación de las protecciones, no se deberá reenergizar repetidamente el circuito como si se tratara de una falla transitoria sin realizar previamente una inspección y determinar, en la medida de lo posible, la causa de la actuación. Los intentos sucesivos de reenergización sobre una falla permanente pueden mantener o reproducir condiciones de cortocircuito y someter a los conductores, transformadores, aisladores, interruptores y demás equipos de la red a esfuerzos térmicos y electrodinámicos superiores a los de su operación normal. Esto puede ocasionar un incremento de la temperatura de los conductores y devanados, la aparición de puntos calientes, el deterioro del aislamiento, daños en las bobinas del transformador según la fase o las fases involucradas en la falla y un aumento de las pérdidas eléctricas del sistema. Por lo tanto, ante una actuación de las protecciones, el circuito deberá mantenerse fuera de servicio hasta que se realice la inspección correspondiente y se determine que las condiciones son seguras para su reenergización.

6.4.2 Desconexión del transformador asociado al circuito

Cuando se requiera intervenir un tramo de red asociado a un transformador, este deberá ser desconectado y aislado antes de iniciar los trabajos.

La secuencia general de desconexión deberá realizarse de acuerdo con la configuración específica de la instalación y los equipos instalados, siguiendo, como mínimo, las siguientes etapas:

1. **Desconectar las cargas asociadas al circuito**, cuando sea necesario, evitando generar condiciones de sobrecarga o maniobras inseguras.
2. **Abrir el interruptor o dispositivo de protección ubicado aguas arriba del transformador**, de acuerdo con el procedimiento de operación establecido.
3. **Verificar la apertura efectiva del equipo de maniobra** y confirmar su posición.
4. **Abrir los seccionadores o dispositivos de aislamiento del transformador**, cuando estos se encuentren instalados.
5. **Impedir la reconexión accidental o no autorizada**, mediante el bloqueo o condenación de los dispositivos de maniobra y la instalación de la señalización correspondiente.
6. **Verificar la ausencia de tensión** en los puntos de trabajo mediante un detector apropiado para el nivel de tensión de la instalación.

7. **Descargar las posibles energías almacenadas** y verificar que no existan fuentes de alimentación alternativas o retornos de tensión.
8. **Instalar los equipos de puesta a tierra y en cortocircuito**, cuando la actividad lo requiera, conectándolos de acuerdo con el procedimiento seguro establecido.
9. **Delimitar y señalizar la zona de trabajo** antes de permitir el ingreso del personal.

Una vez terminada la intervención, la puesta nuevamente en servicio deberá realizarse en orden inverso, verificando previamente que todos los trabajadores hayan abandonado la zona de trabajo, que se hayan retirado las herramientas y equipos utilizados y que se hayan retirado las puestas a tierra temporales, cuando corresponda.

La energización deberá realizarse únicamente por personal autorizado y después de confirmar que el circuito se encuentra en condiciones seguras de operación.

6.4.3 Resumen maniobras para la intervención de las redes

Antes de ejecutar cualquier maniobra sobre las redes eléctricas, el responsable de la actividad deberá conocer la configuración del circuito, identificar los puntos de alimentación y determinar todos los posibles puntos desde los cuales pueda presentarse una energización.

Para realizar trabajos sobre una red desenergizada, se deberá aplicar la secuencia de seguridad correspondiente:

- Identificar todas las fuentes de alimentación.
- Realizar la apertura de los dispositivos de corte.
- Verificar que el circuito haya quedado efectivamente aislado.
- Bloquear o señalizar los equipos de maniobra para impedir su operación accidental.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Instalar la puesta a tierra y en cortocircuito cuando sea necesario.
- Delimitar la zona de trabajo.
- Ejecutar las actividades de mantenimiento.
- Retirar herramientas, materiales y personal de la zona de trabajo.
- Retirar las puestas a tierra temporales, siguiendo el procedimiento establecido.
- Retirar los bloqueos y señalizaciones únicamente cuando se autorice la energización.
- Energizar el circuito de forma controlada y verificar su comportamiento operativo.

En ningún caso se deberá asumir que un conductor está desenergizado únicamente porque un interruptor o seccionador se encuentre abierto. La ausencia de tensión deberá ser verificada mediante el equipo de medición apropiado.

Después de realizar las maniobras y proceder a la energización, se deberá realizar una verificación de las condiciones de operación del circuito, prestando especial atención a la presencia de ruidos anormales, calentamientos, disparos de protecciones, olores inusuales o cualquier otra condición que indique una anomalía.

La operación y el mantenimiento de las redes deberán realizarse siempre bajo el principio de que toda instalación debe considerarse energizada hasta que se haya efectuado la apertura, el aislamiento, la verificación de ausencia de tensión y las demás medidas de seguridad requeridas anteriormente mencionadas.

7. RUTINAS DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento de la Central de Generación Arusí tienen como finalidad conservar la seguridad, confiabilidad, disponibilidad y vida útil de los equipos, así como reducir la ocurrencia de fallas, interrupciones no programadas, accidentes, incendios y afectaciones al medio ambiente.

Todas las labores deberán ejecutarse de acuerdo con:

- Los manuales de instalación, operación y mantenimiento suministrados por los fabricantes.
- Las recomendaciones incluidas en el expediente o dossier técnico de cada equipo.
- Los procedimientos internos de seguridad.
- Las Reglas de Oro y requisitos establecidos en el presente manual.
- La periodicidad definida según horas de funcionamiento, tiempo transcurrido, condiciones ambientales y estado real de los equipos.

Cuando exista diferencia entre las frecuencias indicadas en este manual y las establecidas por el fabricante, deberá aplicarse el criterio más exigente, salvo que exista una justificación técnica documentada.

Las inspecciones y actividades de mantenimiento deberán ser realizadas por personal competente y autorizado. Cuando la complejidad del equipo lo requiera, deberá intervenir personal especializado o autorizado por el fabricante.

Antes de realizar cualquier mantenimiento se deberá:

- Identificar claramente el equipo y el alcance de la intervención.
- Evaluar los riesgos eléctricos, mecánicos, térmicos, químicos y asociados al combustible.
- Desenergizar, bloquear y señalizar las fuentes de energía cuando corresponda.
- Deshabilitar los sistemas automáticos de arranque y sincronización.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Controlar baterías, presión, combustible, partes móviles y superficies calientes.
- Delimitar el área de trabajo.
- Utilizar los elementos de protección personal requeridos.
- Disponer de herramientas e instrumentos adecuados y en buen estado.

Toda inspección, anomalía, reparación, cambio de componente, ajuste o prueba deberá registrarse en la bitácora o formato de mantenimiento, indicando como mínimo la fecha, equipo intervenido, actividad realizada, hallazgos, repuestos utilizados, responsable y condición final del equipo.

7.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO

En la Central de Generación Arusí se consideran los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.

7.1.1 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en el seguimiento de la condición real de los equipos mediante mediciones, inspecciones y análisis de tendencias, con el propósito de identificar señales de deterioro antes de que ocurra una falla.

Puede incluir, según el equipo:

- Seguimiento de temperaturas.
- Análisis de vibraciones.
- Termografía.
- Medición de aislamiento.
- Análisis de aceite.
- Control de tensión, corriente y frecuencia.
- Revisión de alarmas, eventos y horas de operación.
- Comparación de resultados históricos.

Su objetivo es programar la intervención en el momento técnicamente adecuado, evitando mantenimientos innecesarios y reduciendo la probabilidad de fallas inesperadas.

7.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo comprende las actividades programadas de inspección, limpieza, ajuste, lubricación, prueba y sustitución de componentes, realizadas de acuerdo con un intervalo de tiempo, horas de funcionamiento o recomendaciones del fabricante.

Su finalidad es conservar los equipos en condiciones adecuadas de operación, reducir su desgaste y evitar fallas que puedan afectar la seguridad o continuidad del servicio.

7.1.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo comprende las actividades realizadas para reparar una falla, corregir una anomalía o restablecer las condiciones normales de funcionamiento de un equipo.

Puede ser:

- **Correctivo programado:** cuando la anomalía permite planificar la intervención sin comprometer inmediatamente la seguridad o el servicio.
- **Correctivo de emergencia:** cuando la falla requiere atención inmediata para evitar daños mayores, riesgos para el personal o interrupciones prolongadas.

Toda reparación deberá incluir la identificación de la causa de la falla, la verificación de los equipos relacionados y las pruebas necesarias antes de autorizar nuevamente la puesta en servicio.

7.2 MANTENIMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS

7.2.1 Condiciones de seguridad para el mantenimiento

Antes de intervenir un grupo electrógeno se deberá:

- Detener la unidad mediante el procedimiento normal de parada.
- Abrir el interruptor correspondiente y verificar que la planta esté desconectada del barraje.

- Deshabilitar los modos de arranque automático y remoto.
- Colocar el selector o llave de control en posición de apagado.
- Bloquear y señalizar los dispositivos de mando.
- Desconectar o aislar la batería cuando la actividad pueda ocasionar un arranque accidental.
- Esperar el enfriamiento del motor, radiador, silenciador y tubería de escape.
- Verificar que no existan derrames de combustible, aceite o refrigerante.
- Mantener ventilada el área y alejar llamas, chispas y materiales inflamables.
- Utilizar los elementos de protección personal requeridos.

No deberá llenarse el sistema de combustible con la planta en funcionamiento ni abrirse la tapa del radiador mientras el motor se encuentre caliente.

7.2.2 Inspección general antes de la operación

Antes de cada puesta en marcha, el operador deberá efectuar una inspección visual y verificar:

- El estado general del motor, alternador, bastidor, soportes y amortiguadores.
- La existencia de fugas de combustible, aceite, refrigerante o gases de escape.
- El nivel de combustible disponible.
- El nivel de aceite del motor.
- El nivel del líquido refrigerante, con el motor frío.
- El estado del filtro de aire y de su indicador de restricción, cuando exista.
- El estado de mangueras, tuberías, abrazaderas y conexiones.
- La tensión y el estado aparente de la correa del ventilador.
- La limpieza del radiador y de las entradas y salidas de aire.
- El estado de las baterías, terminales y cables.
- La correcta instalación de guardas, tapas y protecciones.
- El apriete visible de tuercas, pernos y tornillos.
- La ausencia de materiales u objetos apoyados sobre el motor.
- El estado del sistema de puesta a tierra.
- La ausencia de alarmas activas en el panel de control.

Cualquier anomalía deberá corregirse antes de poner la unidad en funcionamiento.

7.2.3 Sistema de combustible

El sistema de combustible deberá mantenerse limpio y libre de agua, sedimentos, aire y fugas. Para ello se deberá:

- Verificar diariamente el nivel de combustible y completar cuando sea necesario.
- Utilizar combustible diésel limpio y adecuado para el motor.
- Evitar que el tanque se vacíe completamente, debido a que puede ingresar aire al sistema de inyección.
- No llenar el tanque con el motor en funcionamiento.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame.
- Revisar las mangueras, tuberías, racores, válvulas y abrazaderas.
- Comprobar que no existan fugas en la bomba, filtros o inyectores.
- Drenar mensualmente el agua y los sedimentos acumulados en el tanque y en el colector del filtro.
- Limpiar el elemento filtrante reutilizable de acuerdo con el procedimiento del fabricante.
- Sustituir los filtros encapsulados o desechables cuando corresponda.
- Purgar correctamente el sistema cuando haya ingresado aire.
- Verificar el estado de los inyectores, bomba de inyección y velocidad de ralentí durante los mantenimientos especializados.

No deberá utilizarse gasolina para limpiar los elementos del sistema de combustible. Cuando el filtro sea reutilizable, deberá limpiarse únicamente mediante el método y producto autorizado por el fabricante.

7.2.4 Sistema de lubricación

Antes de cada arranque se deberá verificar el nivel de aceite mediante la varilla medidora, con la planta nivelada y el motor detenido. El nivel deberá encontrarse entre las marcas mínima y máxima.

Las actividades básicas son:

- Verificar diariamente el nivel y completar cuando sea necesario.
- Inspeccionar el motor para detectar fugas en el cárter, filtros, tapones, retenes y tuberías.
- Realizar el primer cambio de aceite a las 50 horas de funcionamiento.
- Realizar los cambios posteriores de aceite cada 200 horas.
- Sustituir el filtro de aceite por primera vez a las 50 horas.
- Sustituir posteriormente el filtro de aceite cada 400 horas.
- Reducir el intervalo del filtro cuando la planta opere en ambientes con abundante polvo o contaminación.
- Utilizar lubricante con la viscosidad y clasificación especificadas por el fabricante del motor.
- Drenar el aceite preferiblemente cuando el motor se encuentre tibio, evitando el contacto con superficies calientes.

- Verificar nuevamente el nivel después del llenado y de una breve operación sin carga.

No deberán mezclarse aceites de características incompatibles. El aceite usado y los filtros retirados deberán almacenarse y disponerse de acuerdo con el procedimiento ambiental aplicable.

7.2.5 Sistema de refrigeración

La revisión del sistema de refrigeración deberá realizarse con el motor frío. Como mínimo se deberá:

- Verificar diariamente el nivel del refrigerante.
- Revisar el radiador, depósito, mangueras, ab
- razaderas, bomba y conexiones para detectar fugas.
- Comprobar el estado y concentración de la mezcla refrigerante.
- Mantener limpias y libres de obstrucción las aletas y rejillas del radiador.
- Retirar el polvo mediante aire comprimido aplicado cuidadosamente para no deformar las aletas.
- Comprobar el funcionamiento del ventilador y del termostato.
- Verificar que las mangueras no presenten endurecimiento, grietas, hinchamiento o deformaciones.
- Sustituir el líquido refrigerante como mínimo una vez al año.
- Utilizar la mezcla y proporción recomendadas por el fabricante.
- Comprobar la ausencia de pérdidas después de la operación.

No deberá agregarse bruscamente líquido frío a un motor caliente. La tapa del radiador deberá abrirse únicamente cuando el sistema se encuentre frío y sin presión.

7.2.6 Sistema de admisión de aire

El filtro de aire deberá conservarse limpio y correctamente instalado para evitar la entrada de polvo al motor.

Se deberá:

- Inspeccionar periódicamente el filtro y su carcasa.
- Verificar el indicador de restricción, cuando el equipo disponga de él.
- Realizar la primera limpieza del elemento a las 50 horas.
- Aplicar aire comprimido desde el interior hacia el exterior del elemento.
- Sustituir el elemento filtrante cada 200 horas.
- Reducir el intervalo cuando exista abundante polvo o humedad.

- Revisar ductos, abrazaderas y uniones para evitar el ingreso de aire sin filtrar.
- Mantener libre la entrada de aire fresco.

No se deberá:

- Golpear el filtro contra objetos sólidos.
- Perforar el elemento.
- Limpiarlo con aceite.
- Instalar un elemento húmedo o deteriorado.
- Operar el motor sin el filtro de aire.

7.2.7 Correa del ventilador

La correa deberá inspeccionarse para asegurar la correcta transmisión de movimiento al ventilador y demás accesorios.

Se deberá:

- Verificar su estado por primera vez a las 50 horas.
- Revisarla posteriormente cada 200 horas.
- Comprobar que no presente grietas, desgaste, fibras expuestas, cristalización ni contaminación.
- Verificar su alineación con las poleas.
- Ajustar la tensión cuando sea necesario.
- Mantener una holgura aproximada entre 10 mm y 15 mm, salvo que el fabricante del motor indique un valor diferente.
- Sustituirla cuando presente deterioro o no pueda mantenerse la tensión adecuada.

Una tensión excesiva acelera el desgaste de la correa y de los cojinetes; una tensión insuficiente puede producir deslizamiento y pérdida de capacidad de refrigeración. No deberá permitirse el contacto de aceite o combustible con la correa.

7.2.8 Sistema de escape

El sistema de escape deberá inspeccionarse para garantizar la conducción segura de los gases hacia el exterior.

Se deberá revisar:

- El estado del múltiple, acople flexible, silenciador y tuberías.

- La presencia de fugas de gases o acumulación de hollín.
- El estado de empaques, abrazaderas, soportes y uniones.
- La existencia de corrosión, grietas o deformaciones.
- La fijación independiente del sistema de escape.
- La ausencia de obstrucciones.
- La protección contra el ingreso de agua lluvia.
- El estado del aislamiento térmico.

Las fugas de gases deberán corregirse inmediatamente debido al riesgo de intoxicación por monóxido de carbono y a la elevada temperatura del sistema.

7.2.9 Panel de control de la planta

El panel de control deberá mantenerse limpio, seco y en condiciones de indicar correctamente las variables y alarmas de la unidad.

Se deberá:

- Verificar durante cada arranque el funcionamiento de la pantalla y de las lámparas piloto.
- Revisar la presencia de alarmas activas o fallas almacenadas.
- Comprobar las lecturas de tensión, corriente, frecuencia, velocidad, presión de aceite y temperatura.
- Verificar el funcionamiento de los pulsadores de arranque, parada y emergencia.
- Revisar selectores, fusibles, borneras, cables y conectores.
- Comprobar el funcionamiento de los modos manual y automático.
- Mantener cerrada la puerta del panel para evitar el ingreso de polvo o humedad.
- Probar las alarmas y paradas de protección conforme al procedimiento autorizado.

Cuando una lámpara, alarma o indicación no funcione correctamente, la planta deberá retirarse de servicio o evaluarse antes de continuar la operación.

7.2.10 Batería y sistema de arranque

Las baterías de arranque deberán mantenerse cargadas, limpias y correctamente conectadas.

Se deberá:

- Revisar frecuentemente el estado general de la carcasa.

- Verificar la tensión y el estado de carga.
- Comprobar el funcionamiento del cargador.
- Revisar los terminales, cables y conexiones.
- Limpiar la corrosión o sulfatación mediante el procedimiento adecuado.
- Mantener la batería en posición vertical y sobre una superficie apropiada.
- Verificar el nivel del electrolito únicamente en baterías abiertas que permitan mantenimiento.
- No abrir ni agregar agua a baterías selladas o tipo AGM.
- Desconectar la batería cuando la planta quede fuera de servicio durante un periodo prolongado, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Comprobar el estado del motor de arranque y del alternador cargador.

No se deberán producir llamas ni chispas cerca de las baterías, debido a la posible generación de hidrógeno.

7.2.11 Alternador eléctrico

El alternador deberá inspeccionarse para asegurar una generación estable y evitar daños por calentamiento, humedad o conexiones defectuosas.

Se deberá:

- Comprobar que no existan ruidos o vibraciones anormales.
- Mantener libres las entradas y salidas de ventilación.
- Limpiar periódicamente las superficies y rejillas con aire comprimido seco.
- No utilizar agua para su limpieza.
- Revisar el estado de los cojinetes cada 400 horas.
- Verificar el estado de los devanados, terminales y borneras.
- Comprobar que los conductores no estén pelados, quemados o sulfatados.
- Verificar el apriete de bornes, espárragos y conexiones.
- Revisar la bornera de neutro.
- Comprobar que las tres fases estén presentes y equilibradas.
- Verificar el estado y capacidad de las protecciones.
- Revisar el apriete de pernos de base, placas, escudos, tapas de cojinetes y guardas.
- Verificar la conexión del alternador al sistema de puesta a tierra.
- Realizar pruebas de resistencia de aislamiento cuando corresponda.

No deberá ponerse en servicio un alternador con olor a aislamiento quemado, recalentamiento, humedad interna, conexiones flojas o resultados de aislamiento fuera de los límites establecidos.

7.2.12 Bastidor, anclajes y elementos antivibratorios

Se deberá inspeccionar:

- La estructura metálica del bastidor.
- Los pernos y puntos de anclaje.
- Los amortiguadores de vibración.
- La alineación entre motor y alternador.
- La presencia de grietas, corrosión o deformaciones.
- La nivelación del equipo.
- La existencia de vibraciones transmitidas al piso o estructuras cercanas.

Los pernos flojos deberán ajustarse con el torque correspondiente. Los amortiguadores deformados, agrietados o desprendidos deberán reemplazarse.

7.2.13 Condiciones que requieren mantenimiento inmediato

La planta deberá inspeccionarse sin esperar el siguiente intervalo programado cuando se presente alguna de las siguientes condiciones:

- Dificultad o falla durante el arranque.
- Parada inesperada.
- Ruidos o golpeteos anormales.
- Vibraciones excesivas.
- Humo negro, blanco o azul en el escape.
- Baja presión de aceite.
- Temperatura elevada del refrigerante o del escape.
- Variaciones anormales de tensión o frecuencia.
- Pérdida de potencia.
- Consumo excesivo de combustible, aceite o refrigerante.
- Fugas de combustible, aceite, refrigerante o gases de escape.
- Olor a material quemado.
- Calentamiento anormal en cables, terminales o alternador.
- Activación repetitiva de alarmas o protecciones.
- Presencia de agua, humedad o contaminación en el equipo.

La unidad no deberá volver a ponerse en servicio hasta que la causa haya sido identificada, corregida y se hayan realizado las pruebas necesarias.

7.2.14 Frecuencias básicas de mantenimiento

Frecuencia	Actividades principales

Antes de cada arranque o diariamente	Inspección general; revisión de combustible, aceite, refrigerante, fugas, filtro de aire, batería, correas, protecciones y alarmas.
Después de la operación	Verificación de fugas, temperaturas, ruidos, vibraciones y condiciones anormales.
Mensualmente	Drenaje de agua y sedimentos del tanque y filtro de combustible; revisión general de conexiones y estado del equipo.
Primeras 50 horas	Primer cambio de aceite; primer cambio del filtro de aceite; limpieza del filtro de aire; primera revisión de la correa.
Cada 200 horas	Cambio de aceite; cambio del filtro de aire; revisión y ajuste de la correa del ventilador.
Cada 400 horas	Cambio del filtro de aceite; inspección de los cojinetes del alternador.
Anualmente	Cambio del refrigerante e inspección general especializada.
Según condición o fabricante	Inyectores, bomba de inyección, válvulas, motor de arranque, aislamiento del alternador, protecciones y componentes internos.

Tabla 11. Frecuencias de mantenimiento.

Las frecuencias anteriores deberán aplicarse por horas de funcionamiento o por tiempo calendario, según lo que ocurra primero, salvo que el manual específico del motor o alternador establezca un intervalo más exigente.

7.2.15 Registro del mantenimiento

Cada planta deberá contar con un registro individual que incluya:

- Identificación de la unidad.
- Fecha y hora del mantenimiento.
- Horas acumuladas de funcionamiento.
- Actividades realizadas.
- Niveles y mediciones obtenidas.
- Anomalías encontradas.
- Repuestos, filtros y fluidos utilizados.
- Nombre y firma del responsable.
- Pruebas realizadas.
- Condición final: disponible, disponible con observaciones o indisponible.
- Próxima fecha u hora programada de mantenimiento.

El historial deberá utilizarse para ajustar los intervalos, detectar tendencias y programar oportunamente las intervenciones futuras.

7.3 MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE SINCRONISMO Y CONTROL

El mantenimiento de este tablero tiene como finalidad garantizar que las órdenes de arranque, parada, apertura, cierre y sincronización se ejecuten de forma segura y que las señales provenientes de cada planta sean recibidas e interpretadas correctamente.

Antes de intervenir el tablero se deberán deshabilitar las funciones de arranque automático, desconectar las fuentes de alimentación de potencia y control, bloquear los dispositivos de maniobra y verificar la ausencia de tensión.

Como mínimo, deberán realizarse las siguientes actividades:

- Inspeccionar el estado exterior del gabinete, puertas, cerraduras, empaques, bisagras y elementos de ventilación.
- Verificar que el tablero permanezca limpio, seco y libre de polvo, humedad, insectos, corrosión u objetos extraños.
- Comprobar el funcionamiento de las luces indicadoras de planta en operación, interruptor abierto e interruptor cerrado.
- Revisar el estado de selectores, pulsadores, borneras, relés, fuentes de alimentación y protecciones auxiliares.
- Verificar la tensión de alimentación de los circuitos de control en 24 VDC.
- Inspeccionar los conductores de control, terminales, marcaciones y conexiones provenientes de cada planta.
- Comprobar el apriete de conexiones con el torque especificado por el fabricante.
- Verificar el funcionamiento de las órdenes de apertura y cierre de los interruptores motorizados.
- Comprobar la correspondencia entre el estado real de cada interruptor y la indicación mostrada en el tablero.
- Revisar los contactos auxiliares de posición, disparo y falla.
- Probar los enclavamientos eléctricos y lógicos que impiden cierres o maniobras indebidas.
- Verificar las condiciones de sincronización utilizadas por el sistema: secuencia de fases, tensión, frecuencia y diferencia angular.
- Confirmar que el cierre del interruptor solo sea autorizado cuando las condiciones de sincronismo se encuentren dentro de los valores configurados.
- Revisar los registros de alarmas, eventos y maniobras para identificar señales intermitentes o comportamientos anormales.
- Comprobar la continuidad del sistema de puesta a tierra del gabinete.

No deberán modificarse los parámetros de sincronización, protecciones, temporizaciones o lógicas de control sin autorización técnica y sin dejar registro de los valores anteriores y nuevos.

Después del mantenimiento se deberá realizar una prueba funcional controlada de cada módulo, verificando las señales de funcionamiento, apertura, cierre, alarma y autorización de sincronismo, sin conectar una planta al barraje hasta confirmar que el sistema opera correctamente.

7.3.1 Frecuencia recomendada

- **Inspección visual y revisión de alarmas:** semanalmente.
- **Limpieza exterior y prueba de pilotos:** mensualmente.
- **Verificación de tensiones de control, borneras y señales:** trimestralmente.
- **Prueba funcional de apertura, cierre, enclavamientos y sincronismo:** semestralmente.
- **Inspección interna, reapriete y pruebas completas:** anualmente o durante una parada programada.
- **Inspección extraordinaria:** después de una sincronización fallida, disparo, pérdida de control, cortocircuito o comportamiento anormal.

7.4 MANTENIMIENTO DE LA CELDA DE MEDIDA

La celda de medida se encuentra instalada en el circuito de salida de 13,2 kV y contiene los transformadores de corriente, transformadores de tensión, borneras de prueba, contador electrónico y elementos asociados a la medición de la energía entregada por la central.

Su mantenimiento tiene como finalidad conservar la precisión de las mediciones, la integridad del aislamiento y la seguridad de los circuitos primarios y secundarios.

Toda intervención interna deberá realizarse con el circuito de media tensión desenergizado, bloqueado, con ausencia de tensión verificada y con las puestas a tierra correspondientes instaladas. Cuando existan sellos o equipos bajo responsabilidad del operador de red, deberá obtenerse autorización antes de abrir o intervenir la celda.

Como mínimo, deberán realizarse las siguientes actividades:

- Inspeccionar el estado exterior de la celda, puertas, cerraduras, visores, rótulos y señales de advertencia.

- Comprobar que no existan corrosión, humedad, condensación, polvo, hollín, ingreso de agua o presencia de animales.
- Verificar el estado de las conexiones de entrada y salida de 13,2 kV.
- Inspeccionar los aisladores, conos premoldeados, terminales y soportes.
- Revisar la conexión del gabinete y de los equipos al sistema de puesta a tierra.
- Comprobar el apriete de conexiones primarias y secundarias, de acuerdo con el torque especificado.
- Inspeccionar los transformadores de tensión para detectar fisuras, deformaciones, calentamientos, olores o señales de descarga.
- Inspeccionar los transformadores de corriente y verificar el estado de sus conexiones secundarias.
- Revisar las borneras de prueba, puentes, fusibles y dispositivos de protección de los circuitos de medida.
- Comprobar el estado y funcionamiento del contador electrónico.
- Verificar la lectura de tensiones, corrientes, potencia, energía y demás variables disponibles.
- Comprobar la comunicación RS-485, cuando esta se encuentre habilitada.
- Verificar la correspondencia entre las relaciones de transformación configuradas en el contador y las características de los transformadores de medida.
- Realizar pruebas de aislamiento, relación de transformación, polaridad y precisión cuando sean requeridas por el fabricante, el operador de red o los resultados de las inspecciones.
- Ejecutar inspecciones termográficas durante la operación, sin abrir la celda ni vulnerar sus barreras de seguridad.

El circuito secundario de un transformador de corriente no deberá abrirse mientras el circuito primario permanezca energizado. Cuando sea necesario intervenir el medidor o sus conductores, el secundario deberá cortocircuitarse previamente mediante la bornera o bloque de prueba dispuesto para esta función.

Tampoco deberán cortocircuitarse los secundarios de los transformadores de tensión. Antes de intervenirlos se deberá aislar la fuente correspondiente y verificar la ausencia de tensión.

Después del mantenimiento se deberá comprobar la correcta restitución de las conexiones, tapas, barreras, puestas a tierra, fusibles, borneras y sellos antes de autorizar la energización.

7.4.1 Frecuencia recomendada

- **Inspección exterior y revisión de lecturas:** semanalmente.

- **Revisión de alarmas, comunicaciones y registros del contador:** mensualmente.
- **Inspección termográfica:** semestralmente o de acuerdo con la carga de la central.
- **Limpieza e inspección interna con la celda desenergizada:** anualmente.
- **Pruebas eléctricas y verificación metrológica:** según el fabricante, el operador de red y la reglamentación aplicable.
- **Inspección extraordinaria:** después de una falla, descarga atmosférica, cortocircuito, pérdida de medida o lectura anormal.

7.5 MANTENIMIENTO DEL INTERRUPTOR DE SALIDA EN MEDIA TENSIÓN

El mantenimiento tiene como finalidad garantizar que el interruptor pueda abrir y cerrar de manera segura, rápida y confiable, tanto por una orden operativa como por la actuación del sistema de protección.

Antes de realizar cualquier intervención se deberá desenergizar y aislar el interruptor desde todas las posibles fuentes, bloquear los dispositivos de maniobra, verificar la ausencia de tensión, descargar la energía almacenada en su mecanismo e instalar las puestas a tierra correspondientes.

Como mínimo, deberán realizarse las siguientes actividades:

- Inspeccionar el estado exterior del gabinete, puertas, cerraduras, sellos, visores y señalización.
- Verificar que no existan humedad, corrosión, suciedad, condensación, calentamiento o señales de descarga eléctrica.
- Comprobar la indicación mecánica y eléctrica de interruptor abierto o cerrado.
- Revisar el relé de operaciones, cuando se encuentre instalado.
- Comprobar el funcionamiento de los mandos de apertura y cierre local.
- Verificar las órdenes de apertura y cierre provenientes de los circuitos de control y protección.
- Revisar las bobinas de apertura y cierre, el motor de carga del mecanismo y sus alimentaciones auxiliares.
- Comprobar los contactos auxiliares, finales de carrera y circuitos de señalización.
- Verificar el funcionamiento de los enclavamientos eléctricos y mecánicos.
- Inspeccionar el mecanismo de operación, resortes, articulaciones y elementos móviles.
- Lubricar únicamente los puntos y con los productos indicados por el fabricante.

- Revisar el estado de los terminales, aisladores, conexiones de entrada y salida y sistema de puesta a tierra.
- Verificar el estado del remonte aislado en gas SF6 y de sus conexiones con el interruptor.
- Revisar los indicadores de presión o densidad del gas, cuando el equipo disponga de ellos.
- Confirmar que no existan fugas, alarmas o deterioro en el compartimiento aislado en gas.
- Realizar mediciones de resistencia de aislamiento.
- Medir la resistencia de contacto de cada polo.
- Verificar los tiempos de apertura, cierre y simultaneidad entre polos.
- Probar la actuación del interruptor mediante las protecciones asociadas.
- Comprobar la función de disparo y el circuito de supervisión correspondiente.
- Ejecutar inspecciones termográficas de conexiones y terminales durante la operación.

Las pruebas eléctricas deberán compararse con los valores iniciales, históricos y límites establecidos por el fabricante. Un incremento significativo en la resistencia de contacto, diferencias entre polos, tiempos anormales o fallas de apertura deberán investigarse antes de devolver el interruptor al servicio.

No deberá operarse el interruptor cuando presente:

- Alarmas activas que impidan su funcionamiento seguro.
- Baja presión o condición anormal del medio aislante, cuando aplique.
- Fallas en las bobinas o circuitos de mando.
- Mecanismo sin cargar o con elementos deteriorados.
- Enclavamientos anulados.
- Indicación contradictoria de posición.
- Conexiones flojas o calentamientos anormales.
- Resultados de pruebas fuera de los límites permitidos.

Después del mantenimiento se deberán retirar las herramientas, comprobar el montaje de tapas y barreras, retirar las puestas a tierra y bloqueos conforme al procedimiento, realizar pruebas funcionales y registrar la condición final antes de autorizar la energización.

7.5.1 Frecuencia recomendada

- **Inspección visual, posición y alarmas:** en cada turno de operación.
- **Prueba de mando local, señalización y circuitos auxiliares:** mensualmente.
- **Inspección termográfica:** semestralmente.

- **Prueba funcional de apertura, cierre y disparo:** semestralmente o durante una parada programada.
- **Mantenimiento completo y pruebas eléctricas:** anualmente o según el número de operaciones indicado por el fabricante.
- **Inspección extraordinaria:** después de interrumpir una corriente de falla, cortocircuito, disparo repetitivo, pérdida de presión, falla de mecanismo o maniobra anormal.

7.6 MANTENIMIENTO DE LAS BATERÍAS Y SISTEMAS DE 24 VDC

El mantenimiento deberá ser realizado por personal competente, utilizando los elementos de protección personal definidos según el tipo de batería. Cuando se trate de baterías con electrolito líquido, se deberá disponer de guantes resistentes a productos químicos, protección ocular, ropa de trabajo adecuada y medios para atender derrames.

Durante la intervención se deberá evitar:

- Fumar o producir llamas y chispas.
- Colocar herramientas metálicas sobre las baterías.
- Cortocircuitar los terminales.
- Invertir la polaridad.
- Manipular las baterías sin desconectar previamente la fuente correspondiente.
- Usar agua directamente sobre componentes eléctricos energizados.
- Emplear productos de limpieza que ataquen la carcasa o los terminales.

Como mínimo, se deberán ejecutar las siguientes actividades:

1. Identificar el circuito que será intervenido y verificar el procedimiento de desconexión.
2. Revisar la carcasa en busca de grietas, abombamientos, fugas, deformaciones o señales de sobrecalentamiento.
3. Comprobar el estado de los terminales, puentes, cables, fusibles y conectores.
4. Medir y registrar la tensión del banco y, cuando aplique, la tensión individual de cada batería.
5. Verificar el funcionamiento del cargador y su tensión de flotación.
6. Desconectar la alimentación siguiendo el procedimiento establecido.
7. Limpiar la superficie exterior con un paño ligeramente humedecido, evitando el ingreso de líquidos.
8. Retirar la corrosión o sulfatación de los terminales mediante el procedimiento y producto recomendado por el fabricante.

9. Verificar el apriete de las conexiones con el torque especificado.
10. Comprobar el nivel del electrolito únicamente en baterías que permitan mantenimiento. No deberán abrirse baterías selladas.
11. Restablecer las conexiones, respetando la polaridad.
12. Verificar la tensión final y el funcionamiento del sistema alimentado.
13. Registrar las mediciones y anomalías encontradas.

Cuando sea posible, deberán realizarse pruebas de capacidad o conductancia para determinar el estado real de las baterías. Las baterías deterioradas deberán reemplazarse por unidades de características compatibles y no deberán mezclarse baterías nuevas con baterías antiguas dentro de un mismo banco, salvo autorización del fabricante.

7.7 MANTENIMIENTO DE LAS REDES ELÉCTRICAS

El mantenimiento preventivo de las redes de baja y media tensión deberá orientarse a conservar la integridad de los conductores, estructuras, aisladores, transformadores, equipos de protección, dispositivos de maniobra y demás componentes que conforman el sistema eléctrico.

Las actividades de mantenimiento deberán incluir, como mínimo:

- Inspección visual de conductores, aisladores, estructuras y apoyos.
- Verificación de daños, deformaciones, desvíos de estructuras, corrosión o deterioro de los elementos.
- Revisión de conexiones, empalmes y puntos de unión.
- Inspección de transformadores y equipos de protección.
- Verificación de la existencia de elementos extraños próximos a la red.
- Revisión del estado de la servidumbre y del corredor de línea.
- Control del crecimiento de árboles, maleza y vegetación cercana a los conductores cuando se trata de cables desnudos.
- Identificación de posibles puntos de contacto entre la vegetación y la red que podrían generar una falla de baja impedancia en el sistema.
- Limpieza de elementos que puedan generar contaminación o caminos conductivos.
- Verificación de la señalización y accesibilidad de los equipos de maniobra.
- Registro de las anomalías encontradas y de las acciones correctivas ejecutadas.

Cuando se identifiquen condiciones que puedan comprometer la seguridad o la continuidad del servicio, se deberá programar la intervención correspondiente antes de que la condición genere una falla.

7.7.1 Control de vegetación y limpieza del corredor de línea

La vegetación ubicada en las proximidades de las redes eléctricas puede generar condiciones de falla cuando entra en contacto con conductores desnudos o se aproxima a ellos a distancias que comprometan la seguridad eléctrica. La presencia de árboles, ramas, maleza y material vegetal húmedo puede generar caminos conductivos y favorecer fallas de baja impedancia, especialmente durante condiciones de lluvia o alta humedad.

Por esta razón, el corredor de línea deberá mantenerse libre de vegetación que pueda entrar en contacto con los conductores o aproximarse peligrosamente a los elementos energizados. Como criterio de mantenimiento y control de la vegetación, se recomienda conservar un corredor de aproximadamente 15 m de ancho, distribuido en 7,5 m a cada lado del eje de la línea. Esta franja deberá inspeccionarse periódicamente y mantenerse libre de árboles, ramas y demás vegetación que puedan comprometer las distancias de seguridad o interferir con la operación y el mantenimiento de la red.

La limpieza y control de la vegetación deberá realizarse:

- Como mínimo, **cada cuatro meses**, como parte del mantenimiento preventivo programado.
- De manera adicional, **cuando las inspecciones evidencien un crecimiento acelerado de la vegetación**.
- Antes de los periodos en los que se prevea un mayor crecimiento vegetal o condiciones de alta humedad.
- Inmediatamente cuando se identifiquen ramas, árboles o maleza en condición de contacto o con riesgo inminente de contacto con la red.

Cuando la vegetación se encuentre próxima a redes energizadas, los trabajos deberán ser realizados bajo procedimientos de seguridad eléctrica y por personal competente. Si no se pueden garantizar las distancias de seguridad, la red deberá ser desenergizada antes de iniciar las actividades de poda, corte o limpieza.

7.7.2 Limpieza de la red, elementos aislantes y control de contaminación

Los conductores, aisladores y demás elementos expuestos de la red deberán mantenerse libres de acumulaciones de polvo, material vegetal, residuos, humedad excesiva, salinidad y otros contaminantes que puedan afectar el desempeño del aislamiento eléctrico, reducir la distancia de fuga efectiva o favorecer la aparición de corrientes de fuga y descargas superficiales para el caso de los aisladores.

La limpieza deberá incluir, según las condiciones de la instalación:

- Conductores y elementos expuestos de la red.
- Aisladores de soporte y suspensión.
- Herrajes y accesorios eléctricos.
- Crucetas y elementos próximos a los puntos de aislamiento.
- Equipos de maniobra y protección instalados en la red.
- Otros elementos expuestos a contaminación ambiental.

Como criterio de mantenimiento preventivo, se recomienda realizar una **inspección visual y evaluación del nivel de contaminación cada cuatro (4) meses**. Cuando se evidencie acumulación significativa de contaminantes, presencia de material orgánico, salinidad, polvo, humedad persistente o cualquier condición que pueda comprometer el aislamiento, deberá programarse la limpieza correspondiente.

De manera general, se recomienda realizar la **limpieza de los conductores, aisladores y demás elementos expuestos de la red como mínimo dos veces al año** debido a la alta humedad y salinidad de la zona. Esta periodicidad deberá aumentarse cuando las condiciones ambientales del corredor de línea favorezcan una rápida acumulación de contaminantes o cuando se evidencien rastros de carbonización, flameo o cualquier otra condición anormal.

La limpieza podrá realizarse mediante métodos adecuados al tipo de elemento y a las condiciones de la instalación. Cuando se utilice agua para el lavado de aisladores o elementos de la red, la actividad deberá realizarse preferiblemente con el circuito desenergizado y bajo un procedimiento de trabajo seguro. El lavado con agua sobre instalaciones energizadas únicamente podrá ser ejecutado por personal especializado, utilizando equipos y procedimientos específicamente diseñados y autorizados para lavado en tensión. No se deberá aplicar agua de manera improvisada sobre una red energizada.

Cuando se utilicen productos de limpieza o tratamientos especiales, estos deberán ser compatibles con los materiales de los aisladores, conductores y demás equipos, y no deberán afectar sus propiedades eléctricas, mecánicas o de aislamiento según sea el caso.

Después de realizar la limpieza, se deberá verificar el estado de los elementos intervenidos y registrar la actividad ejecutada, indicando como mínimo la fecha, el tramo y los elementos intervenidos, las condiciones encontradas y las anomalías identificadas.

La periodicidad de limpieza establecida deberá ajustarse con base en los resultados de las inspecciones periódicas y en el comportamiento real de la contaminación en la red.

7.8 MANTENIMIENTO GENERAL DE LA INFRAESTRUCTURA CIVIL

El mantenimiento de la infraestructura civil de la Central de Generación Arusí tiene como finalidad conservar en condiciones adecuadas las edificaciones, accesos, cerramientos y elementos constructivos asociados a la operación de la central. Estas actividades permiten prevenir el deterioro ocasionado por la humedad, la lluvia, el ambiente salino, la acumulación de polvo, la corrosión, los asentamientos, el desgaste de los materiales y otros factores propios de las condiciones ambientales del municipio de Nuquí, Chocó.

El mantenimiento deberá incluir inspecciones periódicas, limpieza, reparación y conservación de los elementos que puedan afectar la seguridad del personal, la operación de los equipos, la protección de las instalaciones o la atención de situaciones de emergencia.

Las actividades deberán registrarse en la bitácora, indicando la fecha, el elemento intervenido, las condiciones encontradas, las actividades realizadas y las anomalías que requieran seguimiento o reparación.

7.8.1 MANTENIMIENTO DE PUERTAS DE ALUMINIO

La Central de Generación Arusí cuenta con:

- Dos (2) puertas dobles de aluminio en la edificación principal.
- Dos (2) puertas sencillas de aluminio en la edificación principal.
- Una (1) puerta doble de aluminio en la caseta de trasiego.

El mantenimiento de estas puertas tiene como finalidad conservar su correcta apertura y cierre, prevenir daños ocasionados por humedad, corrosión, polvo y desajustes, y garantizar que los accesos permanezcan disponibles durante la operación normal y en caso de emergencia.

7.8.1.1 INSPECCIÓN GENERAL DE LAS PUERTAS

Durante las inspecciones se deberá verificar:

- El correcto funcionamiento de las hojas de las puertas.
- La alineación entre las hojas, los marcos y el piso.
- El estado de bisagras, cerraduras, manijas, pasadores, topes y demás accesorios.
- La existencia de tornillos flojos, piezas sueltas, deformaciones o fisuras.
- La presencia de roces, atascamientos o dificultad durante la apertura y el cierre.

- El estado de empaques, cauchos y sellos perimetrales.
- La presencia de corrosión, manchas, humedad o acumulación de residuos.
- La apertura completa de las puertas.
- La ausencia de obstáculos en las zonas de circulación y evacuación.

Las puertas no deberán permanecer amarradas, bloqueadas o aseguradas de manera que impidan su apertura rápida desde el interior, especialmente aquellas que hagan parte de las rutas de evacuación o de acceso a zonas de operación.

7.8.1.2 LIMPIEZA DE PUERTAS Y PERFILES DE ALUMINIO

Los perfiles, marcos y hojas de aluminio deberán limpiarse utilizando agua limpia, jabón neutro y un paño o esponja suave.

No deberán utilizarse:

- Lijas.
- Cuchillas o espátulas metálicas.
- Esponjas abrasivas.
- Cepillos metálicos.
- Ácidos.
- Solventes.
- Alcoholes fuertes.
- Cloro.
- Productos que puedan deteriorar el acabado del aluminio.

Después de la limpieza, las superficies deberán enjuagarse y secarse para evitar la acumulación de humedad, la aparición de manchas y el deterioro de los accesorios.

7.8.1.3 BISAGRAS Y ELEMENTOS MÓVILES

Las bisagras, pasadores, pivotes y demás elementos móviles deberán limpiarse y lubricarse **cada dos (2) meses o cuando se observen ruidos, rigidez o dificultad de movimiento**.

Se utilizará un lubricante apropiado, aplicado en pequeñas cantidades, evitando que el exceso contamine los perfiles, el piso o las áreas próximas a equipos eléctricos y sistemas de combustible.

Durante la inspección se deberá comprobar:

- Que las bisagras estén firmemente sujetas.

- Que no exista juego excesivo entre las hojas y el marco.
- Que las puertas no estén descolgadas ni rocen contra el piso.
- Que los pasadores de las puertas dobles funcionen correctamente.
- Que los topes y retenedores se encuentren en buen estado.

7.8.1.4 CERRADURAS, MANIJAS Y ACCESORIOS

Las cerraduras, manijas, recibidores, pasadores y demás accesorios deberán revisarse **cada dos (2) meses**.

Para las cerraduras podrá utilizarse grafito u otro producto aprobado por el fabricante. Se deberá evitar el uso excesivo de aceites, debido a que pueden retener polvo y ocasionar obstrucciones.

Se deberá verificar:

- Que la llave ingrese y gire sin dificultad.
- Que el pestillo y el recibidor estén correctamente alineados.
- Que las manijas estén firmes.
- Que los pasadores superior e inferior funcionen sin atascamientos.
- Que las cerraduras no presenten corrosión, roturas ni desgaste excesivo.

Las piezas dañadas o deformadas deberán repararse o reemplazarse oportunamente.

7.8.1.5 PUERTA DE LA CASETA DE TRASIEGO

La puerta doble de la caseta de trasiego requiere especial atención debido a su exposición directa a las condiciones ambientales y a su proximidad al sistema de almacenamiento y transferencia de combustible.

Además de las inspecciones generales, se deberá comprobar:

- Que no existan residuos de combustible sobre la puerta, el marco o sus accesorios.
- Que pueda abrirse rápidamente en caso de emergencia.
- Que no presente corrosión por lluvia, humedad o ambiente salino.
- Que las bisagras y cerraduras funcionen sin fricción excesiva.
- Que el acceso permanezca libre de mangueras, recipientes, herramientas y otros obstáculos.
- Que no existan elementos sueltos o condiciones que puedan generar chispas.

- Que la puerta no interfiera con la operación segura de la bomba, las tuberías o los demás elementos del sistema de trasiego.

Ante la presencia de derrames de combustible, la limpieza deberá realizarse de acuerdo con los procedimientos establecidos para el manejo seguro de hidrocarburos y evitando el uso de herramientas o elementos que puedan generar fuentes de ignición.

7.8.2 MANTENIMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

La Central de Generación Arusí cuenta con tanques destinados al almacenamiento y suministro de combustible para la operación de los grupos electrógenos. Estos elementos constituyen una parte fundamental de la infraestructura de la central y requieren inspecciones y actividades de mantenimiento periódicas para conservar su integridad física y prevenir fugas, deterioro por corrosión y acumulación de sedimentos.

El mantenimiento deberá considerar tanto el estado exterior de los tanques como las condiciones internas que puedan afectar la calidad del combustible y el funcionamiento del sistema de suministro.

7.8.2.1 INSPECCIÓN VISUAL DE LOS TANQUES

Se deberá realizar una inspección visual de los tanques de almacenamiento **como mínimo cada seis (6) meses**.

Durante la inspección se deberá verificar:

- El estado general de las paredes, tapas y estructuras de soporte.
- La presencia de corrosión, oxidación, abolladuras, deformaciones o fisuras.
- La existencia de fugas o manchas de combustible.
- El estado de las conexiones, válvulas, tuberías y accesorios asociados.
- El estado de las soldaduras y uniones visibles.
- La presencia de humedad o acumulación de agua en zonas que puedan favorecer la corrosión.
- El estado de la pintura y del recubrimiento protector.
- La identificación y señalización del tanque.
- El estado de los elementos de acceso, cuando existan.
- La existencia de vegetación, residuos u objetos que dificulten la inspección o puedan afectar la seguridad de la instalación.

Cualquier evidencia de fuga, deterioro estructural, corrosión avanzada o daño en los accesorios deberá ser reportada y atendida antes de que pueda comprometer la operación segura del sistema.

7.8.2.2 LIMPIEZA INTERNA Y CONTROL DE SEDIMENTOS

La acumulación de óxido, partículas y otros sedimentos en el fondo de los tanques puede afectar la calidad del combustible y ser arrastrada hacia las bombas, tuberías y motores de los grupos electrógenos.

Por esta razón, se recomienda realizar la **inspección y limpieza de sedimentos de los tanques como mínimo cada doce (12) meses**, o con una mayor frecuencia cuando se evidencie:

- Acumulación de sedimentos.
- Obstrucción o suciedad frecuente de filtros.
- Disminución del rendimiento del sistema de suministro.
- Fallas recurrentes en las bombas de combustible.
- Contaminación visible del combustible.

La limpieza interna deberá realizarse aplicando procedimientos seguros para el ingreso, limpieza y trabajo dentro de tanques, cuando dicha actividad requiera el acceso de personal a su interior. Antes de realizar cualquier intervención deberá evaluarse el riesgo de atmósferas peligrosas, presencia de vapores inflamables y deficiencia de oxígeno.

7.8.2.3 MANTENIMIENTO DE LA PINTURA Y PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Los tanques de almacenamiento de combustible deberán recibir mantenimiento de pintura y protección contra la corrosión **como mínimo una vez al año**, o antes cuando se evidencie deterioro del recubrimiento.

La inspección deberá identificar:

- Desprendimiento de pintura.
- Formación de ampollas.
- Oxidación.
- Corrosión superficial.
- Exposición del material base.
- Deterioro de recubrimientos protectores.

Antes de aplicar una nueva capa de pintura, la superficie deberá prepararse adecuadamente, retirando polvo, suciedad, óxido y material desprendido. El producto utilizado deberá ser compatible con el material del tanque y adecuado para las condiciones ambientales de la instalación.

La aplicación de pintura deberá realizarse tomando las precauciones necesarias para evitar la contaminación del combustible, las tuberías, las válvulas y los demás equipos asociados.

7.8.3 MANTENIMIENTO DEL CERRAMIENTO EN MALLA ESLABONADA Y TUBERÍA GALVANIZADA

La Central de Generación Arusí cuenta con un cerramiento conformado por malla eslabonada y tubería galvanizada. Debido a las condiciones de alta humedad y salinidad propias del entorno costero, este sistema deberá someterse a inspecciones y actividades de mantenimiento preventivo orientadas a conservar su estabilidad, integridad y protección contra la corrosión.

7.8.3.1 Inspección y ajuste

La inspección visual deberá realizarse **cada seis (6) meses**. Durante esta actividad se deberá verificar:

- Que la malla no presente partes caídas, flojas, rotas o deformadas.
- El estado de tensión de la malla.
- La estabilidad y verticalidad de los postes.
- El estado de abrazaderas, platinas, tornillos y demás elementos de fijación.
- La existencia de piezas sueltas.
- La presencia de corrosión o deterioro del recubrimiento galvanizado.
- La presencia de plantas trepadoras, maleza o vegetación acumulada en la base.
- La existencia de daños ocasionados por golpes o impactos.

La vegetación deberá retirarse oportunamente, debido a que puede retener humedad y acelerar el deterioro por corrosión de los elementos metálicos.

7.8.3.2 Limpieza

La limpieza integral del cerramiento deberá realizarse **cada un (1) año**, o antes cuando se observe acumulación significativa de suciedad, moho, tierra, residuos orgánicos o excrementos de aves.

La limpieza deberá realizarse utilizando:

- Agua limpia.
- Jabón neutro.
- Cepillos de cerdas suaves o de dureza adecuada para retirar residuos sin deteriorar innecesariamente el recubrimiento galvanizado.

No deberán utilizarse productos altamente corrosivos que puedan deteriorar el recubrimiento protector del acero galvanizado.

Después del lavado, se deberá permitir el secado completo de la superficie antes de realizar cualquier reparación o aplicación de recubrimientos.

7.8.3.3 Tratamiento de zonas con corrosión

Cuando se evidencien rayones, daños en el galvanizado u oxidación localizada, se deberá:

1. Limpiar la zona afectada.
2. Retirar suavemente el óxido suelto mediante un cepillo adecuado.
3. Eliminar el polvo y los residuos.
4. Aplicar un recubrimiento de reparación rico en zinc o un producto de galvanizado en frío compatible con la superficie.

En las zonas costeras, se recomienda realizar una inspección específica de corrosión **cada tres (3) a cuatro (4) meses**, especialmente en los elementos expuestos directamente al ambiente marino.

7.8.4 MANTENIMIENTO DE LA CUBIERTA Y CANOERAS

La cubierta de la central y sus sistemas de recolección y conducción de aguas lluvias deberán mantenerse en condiciones adecuadas para evitar filtraciones, acumulaciones de agua, sobrecargas, deterioro de los materiales y afectaciones a los equipos eléctricos y de generación.

La humedad, las lluvias frecuentes, la radiación solar, la salinidad y la acumulación de residuos orgánicos pueden favorecer la aparición de moho, microalgas y obstrucciones en los sistemas de drenaje.

7.8.4.1 Inspección visual

Se deberá realizar una inspección visual rápida **mensualmente**, preferiblemente desde el suelo o desde puntos seguros, verificando:

- Acumulación de hojas, ramas o residuos.

- Presencia de filtraciones.
- Deterioro visible de las láminas.
- Desplazamiento o daño de elementos de cubierta.
- Estado general de las canoas y bajantes.

7.8.4.2 Limpieza de cubierta y canoas

La limpieza profunda de la cubierta y de los canales de recolección de aguas lluvias deberá realizarse **cada seis (6) meses**, o con mayor frecuencia cuando se observe acumulación de residuos.

Las actividades deberán incluir:

- Retiro de hojas, ramas y residuos orgánicos.
- Limpieza de moho y microalgas.
- Limpieza de las canoas y puntos de desagüe.
- Retiro de lodo, nidos y residuos acumulados.
- Verificación de que las bajantes no se encuentren obstruidas.

La limpieza deberá realizarse utilizando agua limpia, jabón neutro y elementos que no deterioren la superficie de la cubierta.

7.8.4.3 Inspección de fijaciones y sellos

La revisión de tornillos, fijaciones, empaques y sellos deberá realizarse **anualmente**.

Se deberá verificar:

- Que los tornillos de fijación se encuentren firmes.
- Que no existan fijaciones oxidadas o deterioradas.
- El estado de los empaques de caucho o neopreno.
- El estado de los sellos en juntas, cumbreras y tapajuntas.
- La existencia de desprendimientos o filtraciones.

Las fijaciones y sellos deteriorados deberán reemplazarse oportunamente.

7.8.4.4 Seguridad durante el mantenimiento

No se deberá caminar directamente sobre las láminas de la cubierta. Cuando sea necesario acceder a ella, se deberán utilizar medios seguros de acceso y elementos adecuados para distribuir las cargas sobre la estructura de soporte (se recomienda caminar por donde están ubicadas las soleras).

El mantenimiento deberá realizarse preferiblemente en condiciones climáticas secas. Las superficies húmedas pueden volverse resbaladizas y aumentar el riesgo de caídas.

7.8.5 MANTENIMIENTO DE PINTURA EXTERIOR E INTERIOR

El mantenimiento de las superficies pintadas deberá orientarse a conservar la protección de los muros y elementos constructivos frente a la humedad, la radiación solar, la salinidad, los hongos y el desgaste normal.

7.8.5.1 Frecuencias recomendadas

- Inspección visual: **cada seis (6) meses**.
- Limpieza de muros: **cada doce (12) meses**.
- Retoque de zonas críticas: **cada uno (1) a dos (2) años**.
- Repintado completo exterior: **cada tres (3) a cinco (5) años**, según el estado de la superficie.
- Repintado completo interior: **cada cinco (5) a siete (7) años**, según las condiciones de humedad y deterioro.

7.8.5.2 Preparación de las superficies

Antes de pintar se deberá:

- Retirar hongos y moho.
- Eliminar polvo, suciedad y residuos de sal.
- Limpiar las superficies con agua dulce.
- Dejar secar completamente los muros.
- Reparar grietas, fisuras y desprendimientos.
- Aplicar los selladores o imprimantes requeridos.

No se deberá pintar directamente sobre superficies húmedas, con presencia de moho activo, polvo o material desprendido.

7.8.5.3 Selección de pinturas

Para las superficies exteriores se recomienda utilizar pinturas con resistencia adecuada a:

- Humedad.
- Radiación ultravioleta.
- Ambientes costeros.
- Formación de hongos y algas.

Para las superficies interiores se podrán utilizar pinturas lavables y resistentes a las condiciones de humedad propias de la instalación.

7.8.6 MANTENIMIENTO DE REJILLAS METÁLICAS

Las rejillas metálicas deberán inspeccionarse y mantenerse para prevenir la acumulación de sedimentos, la obstrucción de los sistemas de drenaje y la corrosión de sus elementos.

7.8.6.1 Frecuencia

- Inspección visual: **cada tres (3) meses**.
- Limpieza de sedimentos: **cada tres (3) meses o cuando se evidencie acumulación**.
- Mantenimiento preventivo de pintura y protección anticorrosiva: **cada doce (12) a dieciocho (18) meses**, dependiendo del estado de la superficie.

7.8.6.2 Actividades de mantenimiento

Se deberá:

- Retirar lodo, hojas, residuos y vegetación.
- Limpiar la superficie de la rejilla.
- Eliminar el óxido suelto.
- Revisar soldaduras y uniones.
- Verificar la integridad del marco y del soporte.
- Limpiar la caja de aguas lluvias ubicada bajo la rejilla.
- Aplicar tratamiento anticorrosivo cuando sea necesario.

Durante estas actividades se deberá utilizar el equipo de protección personal correspondiente y asegurar la zona de trabajo.

7.8.7 MANTENIMIENTO DE GRIFERÍA Y APARATOS SANITARIOS

Los aparatos sanitarios y elementos de grifería deberán mantenerse en condiciones adecuadas para evitar fugas, obstrucciones, deterioro por humedad y corrosión.

Elemento	Actividad	Frecuencia
Griferías y cuerpos exteriores	Limpieza y secado	Semanal
Aireadores y filtros	Limpieza	Mensual
Válvulas y empaques de sanitarios	Inspección	Cada 3 meses

Elemento	Actividad	Frecuencia
Sifones y desagües	Limpieza e inspección	Cada 6 meses

Tabla 12. Frecuencias de mantenimiento de griferías y aparatos sanitarios.

Se deberá utilizar agua limpia, jabón neutro y elementos que no deterioren las superficies.

No se recomienda utilizar productos altamente corrosivos o ácidos fuertes sobre griferías, sanitarios, empaques o accesorios.

7.8.8 MANTENIMIENTO DE CONTRAPISOS, ANDENES Y ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Los contrapisos, andenes y demás estructuras de concreto deberán mantenerse libres de vegetación, acumulación de agua, lodo y residuos que puedan favorecer su deterioro.

7.8.8.1 Mantenimiento preventivo

Se deberá realizar:

- Limpieza de musgo, hongos y vegetación: **mensual**.
- Inspección visual de fisuras, descascaramientos y hundimientos: **trimestral**.
- Limpieza de canales y drenajes: **trimestral**.

7.8.8.2 Mantenimiento correctivo

Cuando se evidencien daños, se deberán realizar oportunamente:

- Sellado de juntas de dilatación.
- Reparación de fisuras.
- Reparación de baches y desprendimientos.
- Corrección de zonas con hundimientos.
- Reparación de sectores afectados por socavación o pérdida de material de soporte.

Las grietas y daños que puedan permitir el ingreso de agua hacia el interior del concreto deberán ser evaluados y reparados oportunamente.

7.8.9 TANQUE SUBTERRÁNEO

El tanque subterráneo de concreto reforzado deberá someterse a actividades periódicas de limpieza, desinfección e inspección estructural, con el fin de conservar la calidad del agua almacenada y prevenir el deterioro de la estructura debido a la humedad, la acumulación de sedimentos y las condiciones ambientales propias de Arusí.

Frecuencias recomendadas

- **Inspección visual, limpieza y desinfección:** cada seis (6) meses.
- **Inspección estructural detallada:** una vez al año.
- **Sellado de fisuras o reparación de filtraciones:** cuando se detecten anomalías.

7.8.9.1 Procedimiento de mantenimiento

Antes de iniciar los trabajos se deberá cerrar la alimentación de agua y programar el vaciado del tanque. La tapa deberá permanecer abierta durante un tiempo suficiente para favorecer la ventilación del recinto. Si se requiere ingresar al tanque, deberán evaluarse previamente las condiciones de seguridad y utilizarse los elementos de protección personal correspondientes.

Se deberán realizar las siguientes actividades:

- Retirar los sedimentos y lodos acumulados en el fondo.
- Limpiar las paredes, el techo y el piso utilizando cepillos de cerdas plásticas.
- Enjuagar las superficies con agua limpia y retirar completamente el agua residual.
- Realizar la desinfección de las superficies internas con un producto apropiado para el uso previsto del tanque, siguiendo las instrucciones y concentraciones establecidas por el fabricante.
- Inspeccionar el concreto en busca de fisuras, desprendimientos, filtraciones o deterioro.
- Verificar el estado de la tapa y su sello, evitando el ingreso de agua de escorrentía, insectos, arena o contaminantes.
- Reparar las filtraciones y fisuras mediante productos compatibles con la estructura y, cuando corresponda, aptos para el contacto con agua potable.

Después de finalizar la limpieza y desinfección, se deberá realizar el llenado del tanque y, cuando aplique, purgar la red de distribución antes de restablecer el servicio.

7.8.10 TRAMPAS DE GRASA

Las trampas de grasa deberán mantenerse en condiciones adecuadas de limpieza y operación para evitar la acumulación excesiva de grasas, aceites, sedimentos y otros residuos que puedan ocasionar obstrucciones, reboses o contaminación del suelo.

Frecuencias recomendadas

- **Inspección visual:** semanal.
- **Limpieza general y retiro de residuos:** mensual o cuando la acumulación alcance aproximadamente el 25 % del volumen útil.
- **Inspección estructural:** semestral.

7.8.10.1 Procedimiento de mantenimiento

Antes de iniciar la limpieza se deberá garantizar una ventilación adecuada del área y utilizar los elementos de protección personal correspondientes.

Las actividades deberán incluir:

1. Retirar la capa superficial de grasas y aceites mediante herramientas adecuadas.
2. Extraer los lodos y sedimentos acumulados en el fondo.
3. Limpiar las paredes internas, deflectores y demás componentes.
4. Revisar y limpiar las tuberías de entrada y salida.
5. Verificar el estado del concreto, las juntas y los sellos.
6. Llenar nuevamente la trampa con agua limpia antes de restablecer su operación.

Los residuos extraídos deberán almacenarse en recipientes cerrados, debidamente identificados, y gestionarse de acuerdo con los procedimientos ambientales aplicables. No deberán ser vertidos directamente sobre el suelo, cuerpos de agua, playas o sistemas de drenaje.

7.8.11 TANQUE ELEVADO

El tanque elevado de polietileno deberá mantenerse limpio y en condiciones adecuadas de operación para garantizar la calidad del agua almacenada. Debido a las condiciones de alta humedad y pluviosidad de Arusí, se deberá prestar especial atención a la acumulación de sedimentos, algas, materia orgánica y posibles contaminantes provenientes del sistema de captación de aguas lluvias.

Frecuencias recomendadas

- **Limpieza y desinfección interna:** cada seis (6) meses.
- **Inspección de la estructura de soporte:** cada seis (6) meses.
- **Mantenimiento de filtros y elementos del sistema de captación de aguas lluvias:** cada uno (1) o dos (2) meses, según la acumulación de residuos.

7.8.11.1 Procedimiento de mantenimiento

Antes de realizar la limpieza se deberán cerrar las válvulas de entrada de agua y vaciar el tanque hasta permitir la extracción de los sedimentos acumulados.

Posteriormente se deberá:

- Limpiar las paredes, el fondo y la tapa con cepillos de cerdas plásticas.
- Retirar los sedimentos y el agua residual.
- Enjuagar completamente el interior del tanque.
- Realizar la desinfección con un producto apropiado y siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Enjuagar nuevamente y retirar cualquier residuo del producto utilizado.
- Restablecer el suministro de agua y verificar el correcto funcionamiento del sistema.

También se deberán limpiar periódicamente las canaletas, bajantes, filtros de primeras lluvias y mallas de protección contra insectos y otros elementos contaminantes.

7.8.11.2 Inspección de la estructura de soporte

La estructura que soporta el tanque deberá inspeccionarse visualmente para identificar:

- Fisuras en la losa o la columna.
- Desprendimientos de concreto.
- Exposición o corrosión del acero de refuerzo.
- Deformaciones o pérdida de verticalidad.
- Filtraciones o humedad anormal.

Cualquier deterioro que pueda comprometer la estabilidad del tanque deberá ser evaluado y corregido antes de continuar con la operación normal.

7.8.12 Baja y reemplazo de equipos y accesorios

Durante las actividades de inspección y mantenimiento preventivo o correctivo, todo equipo, componente o accesorio que presente condiciones que comprometan su seguridad, confiabilidad, capacidad de operación o cumplimiento de las condiciones técnicas requeridas deberá ser evaluado para determinar si puede ser reparado, reacondicionado o si debe ser retirado definitivamente de servicio.

Cuando un equipo no pueda ser recuperado mediante mantenimiento o reparación, o cuando el costo, la disponibilidad de repuestos o el nivel de deterioro hagan que su recuperación no resulte técnicamente conveniente, deberá declararse **fuera de servicio** y programarse su reemplazo por un equipo de características técnicas iguales o superiores, compatible con el sistema existente.

La decisión de retirar un equipo deberá quedar registrada en el formato o informe de mantenimiento correspondiente, indicando como mínimo: equipo afectado, identificación o placa, condición encontrada, falla o deterioro observado, diagnóstico técnico, decisión adoptada y acción recomendada.

7.8.12.1 Grupos electrógenos

Un grupo electrógeno podrá ser retirado de servicio cuando presente fallas graves o recurrentes en el motor, alternador, sistema de combustible, sistema de refrigeración, sistema de lubricación, sistema de arranque o sistemas de control y protección, especialmente cuando:

- No sea capaz de entregar la potencia requerida de manera estable.
- Presente sobrecalentamientos recurrentes o pérdida significativa de presión de aceite.
- Presente daños graves en el motor o alternador.
- Se presenten fallas repetitivas que no puedan ser corregidas mediante mantenimiento.
- Existan daños estructurales, fugas importantes de combustible, aceite o refrigerante.
- El sistema de control no permita una operación segura y confiable.
- No pueda sincronizarse correctamente con los demás grupos electrógenos debido a fallas propias del equipo.

El reemplazo deberá garantizar compatibilidad con la capacidad de generación, tensión, frecuencia, sistema de sincronismo, protecciones y demás condiciones eléctricas de la central.

7.8.12.2 Bombas y sistema de combustible

Las bombas de combustible y sus accesorios deberán retirarse de servicio cuando presenten:

- Pérdidas de presión que impidan el suministro adecuado de combustible.
- Fugas de combustible en el cuerpo, conexiones o sellos.
- Daños en el motor eléctrico o sistema de accionamiento.
- Ruidos, vibraciones o calentamientos anormales.
- Deterioro severo de los componentes internos.
- Fallas recurrentes después de reparaciones o mantenimientos.

Las mangueras, válvulas, filtros, conexiones y demás accesorios del sistema de combustible deberán reemplazarse cuando presenten fugas, endurecimiento, fisuras, corrosión, obstrucciones o cualquier condición que pueda generar una interrupción del suministro o un riesgo de incendio.

7.8.12.3 Interruptor de media tensión

El interruptor deberá ser retirado de servicio cuando se evidencie:

- Incapacidad para abrir o cerrar correctamente el circuito.
- Fallas en el mecanismo de accionamiento.
- Daños en los contactos principales o auxiliares.
- Pérdida de las condiciones de aislamiento.
- Fugas del gas SF6.
- Fallas repetitivas en la operación o en los sistemas de control.
- Daños en los elementos de protección o enclavamiento.
- Imposibilidad de garantizar una apertura segura ante una condición de falla.

El reemplazo deberá conservar o mejorar las características de tensión, corriente nominal, capacidad de interrupción, nivel de aislamiento y compatibilidad con las protecciones existentes.

7.8.12.4 Sistema de sincronismo

Los controladores y demás componentes del sistema de sincronismo deberán retirarse de servicio cuando:

- No permitan sincronizar correctamente los grupos electrógenos.
- Presenten errores recurrentes de medición de tensión, frecuencia, fase o corriente.
- Se produzcan cierres incorrectos o fallas en la lógica de sincronización.

- Existan daños en los controladores, módulos de comunicación o elementos de control.
- Se pierda la comunicación entre los equipos sin posibilidad de recuperación confiable.
- El sistema no permita garantizar que el cierre del interruptor se realice bajo condiciones eléctricas adecuadas.

Cualquier reemplazo deberá ser compatible con los controladores, grupos electrógenos, interruptores, transformadores de medida y demás elementos que conforman el sistema de sincronismo.

7.8.12.5 Tablero de potencia

El tablero de potencia deberá ser evaluado para retiro de servicio o retiro parcial de sus componentes cuando presente:

- Daños importantes en barras, interruptores, protecciones o conexiones.
- Sobrecalentamientos recurrentes en terminales o puntos de conexión.
- Deterioro severo del aislamiento.
- Fallas de cortocircuito que hayan afectado gravemente sus componentes.
- Daños estructurales en el gabinete o pérdida de sus condiciones de protección.
- Fallas repetitivas en los dispositivos de maniobra o protección.
- Imposibilidad de garantizar una operación segura del sistema.

Los interruptores, barras, protecciones, cables, borneras y accesorios que presenten daños deberán reemplazarse por componentes de características iguales o superiores y compatibles con la capacidad del tablero.

7.8.12.6 Celda de medida

La celda de medida y sus componentes deberán retirarse de servicio cuando presenten daños o condiciones que puedan afectar la seguridad o la confiabilidad de la medición, tales como:

- Daños en los transformadores de corriente o de potencial.
- Pérdida de aislamiento o deterioro de los elementos aislantes.
- Daños en conexiones, borneras o cableado de medición.
- Sobrecalentamientos o evidencias de conexiones defectuosas.
- Fallas en los elementos de protección y maniobra asociados.
- Daños en el sistema de puesta a tierra.
- Alteraciones que puedan afectar la exactitud o confiabilidad de la medición.

El reemplazo de los transformadores de medida deberá realizarse utilizando equipos con relaciones de transformación, clase de precisión, nivel de aislamiento y características eléctricas compatibles con el sistema de medición instalado.

7.8.12.7 Extintores y equipos de protección contra incendios

Los extintores deberán ser inspeccionados periódicamente para verificar que se encuentren disponibles, correctamente ubicados, señalizados y en condiciones adecuadas para su utilización en caso de emergencia. La Central de Generación cuenta con los siguientes equipos portátiles y móviles de extinción:

- **Tres (3) extintores clase BC, tipo Robot, de 150 lb**, destinados a la atención de incendios que puedan presentarse en las áreas de las plantas y en el cuarto de equipos, de acuerdo con la ubicación establecida en el sistema de protección contra incendios.
- **Un (1) extintor clase BC de 20 lb, instalado en gabinete tipo exterior E**, destinado principalmente a la atención de emergencias que puedan presentarse en el cuarto de operación.

Un extintor deberá ser retirado de servicio cuando presente daños en el cilindro, corrosión significativa, fugas, deterioro de la manguera, boquilla, válvula, manómetro o mecanismo de accionamiento, pérdida de presión, descarga parcial, vencimiento de la recarga o cualquier otra condición que pueda comprometer su funcionamiento.

Los extintores que hayan sido utilizados, incluso parcialmente, deberán retirarse temporalmente de servicio para su inspección, recarga y mantenimiento por personal o entidad competente. De igual manera, los equipos que no superen las inspecciones o pruebas requeridas deberán ser dados de baja y reemplazados por equipos de características iguales o superiores, compatibles con el riesgo que deben controlar.

Durante las inspecciones se deberá verificar que:

- El extintor se encuentre en el lugar asignado.
- El acceso al equipo permanezca libre de obstáculos.
- El cilindro no presente golpes, deformaciones o corrosión excesiva.
- La manguera, boquilla y elementos de accionamiento estén en buen estado.
- El manómetro, cuando aplique, indique una condición adecuada de presión.
- El sello de seguridad permanezca instalado y sin alteraciones.
- La señalización y el gabinete, cuando corresponda, se encuentren en buenas condiciones.
- La fecha de inspección, mantenimiento y recarga se encuentre vigente.

Ningún extintor retirado de servicio podrá permanecer como único medio de protección para un área mientras se encuentre en mantenimiento o reparación. En caso de retiro temporal, deberá garantizarse la disponibilidad de un equipo de reemplazo adecuado para el riesgo existente.

7.8.12.8 Accesorios y componentes auxiliares

Los accesorios asociados a los equipos, tales como cables, terminales, conectores, fusibles, borneras, relés, sensores, interruptores auxiliares, ventiladores, baterías, mangueras, válvulas, empaques y elementos de fijación, deberán darse de baja cuando presenten deterioro que pueda afectar el funcionamiento del equipo principal o representar un riesgo para la operación.

Todo componente retirado deberá ser identificado y separado de los elementos aptos para operación. Cuando corresponda, deberá gestionarse su disposición final de acuerdo con su naturaleza y con los procedimientos ambientales y de seguridad aplicables.

Ningún equipo o accesorio retirado de servicio podrá volver a instalarse o ponerse en operación sin que previamente se haya verificado su condición técnica y se haya autorizado formalmente su reutilización.

7.8.13 FRECUENCIAS GENERALES DE MANTENIMIENTO

Elemento	Inspección	Limpieza / mantenimiento
Puertas de aluminio	Mensual	Limpieza general cada 2 meses. Lubricación de bisagras, pasadores y elementos móviles cada 2 meses.
Tanques de almacenamiento de combustible	Cada 6 meses	Limpieza de sedimentos cada 12 meses, preferiblemente. Pintura exterior anual o cuando el estado del recubrimiento lo requiera.
Cerramiento en malla eslabonada y tubería galvanizada	Cada 6 meses. En zonas con alta exposición a humedad y salinidad, inspección de corrosión cada 3-4 meses.	Limpieza integral cada 2 años. Retiro de vegetación y ajuste de elementos cuando sea necesario. Aplicación de tratamiento anticorrosivo en zonas deterioradas.
Cubierta de UPVC	Mensual	Limpieza profunda cada 6 meses. Revisión de fijaciones, sellos y estructura de soporte anual.

Elemento	Inspección	Limpieza / mantenimiento
Canoeras y bajantes	Trimestral	Limpieza cada 3-6 meses o cuando se evidencie acumulación de hojas, lodo o residuos.
Pintura interior y exterior	Cada 6 meses	Limpieza de superficies cada 12 meses. Retoques según el estado. Repintado exterior cada 3-5 años e interior cada 5-7 años, según las condiciones observadas.
Rejillas metálicas	Cada 3 meses	Limpieza de sedimentos cada 3 meses o según acumulación. Mantenimiento anticorrosivo y pintura cada 12-18 meses o según su estado.
Grifería	Semanal o mensual, según el elemento	Limpieza de aireadores y filtros mensual. Limpieza externa periódica y mantenimiento según el componente.
Aparatos sanitarios	Cada 3-6 meses	Limpieza y mantenimiento según necesidad y estado de válvulas, empaques, sifones y desagües.
Andenes y contrapisos	Cada 3 meses	Limpieza de moho, vegetación y residuos mensual. Limpieza de drenajes y canales cada 3 meses.
Juntas, fisuras y estructuras de concreto	Semestral o según condición	Reparación y sellado según el deterioro observado. Aplicación de protección hidrófuga aproximadamente cada 2 años, según el estado del concreto y las condiciones de exposición.
Tanque subterráneo	Cada 6 meses. Inspección estructural detallada anual.	Limpieza y desinfección cada 6 meses. Retiro de sedimentos y reparación de fisuras o filtraciones cuando sea necesario.
Trampas de grasa	Semanal	Limpieza y retiro de grasas, lodos y sedimentos mensual o cuando la acumulación alcance aproximadamente el 25 % del

Elemento	Inspección	Limpieza / mantenimiento
		volumen útil. Inspección estructural semestral.
Tanque elevado	Cada 6 meses	Limpieza y desinfección cada 6 meses. Limpieza de filtros, canaletas y elementos del sistema de captación cada 1-2 meses, según acumulación de residuos.

Tabla 13. Frecuencias de mantenimiento general.

Toda anomalía identificada durante las inspecciones deberá registrarse y clasificarse según su nivel de riesgo. Las condiciones que puedan comprometer la seguridad de las personas, la estabilidad de la infraestructura, la protección de los equipos o la continuidad de la operación deberán ser atendidas con prioridad.

Nota técnica: para los tanques de combustible, se mantendría la frecuencia de **inspección visual semestral, limpieza de sedimentos anual y mantenimiento de pintura anual** como criterio de mantenimiento preventivo de la central. Si durante el primer año de operación se observa una acumulación significativa de sedimentos o una corrosión acelerada por las condiciones ambientales de Arusí, la periodicidad deberá ajustarse a una frecuencia más estricta.

8. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

8.1 INTERNOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO
Celda NG7-SF6
MANUAL DE CONFUGURACION DE PARAMETROS RELÉ FSR-210
Operation and Maintenance Manual Industrial B3.9, B4.5, and B5.9 Series Engines - DCEC
MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO – Energía & Potencia
MDU-GEN-IND-DIE-ENERMAX-V6 - Energía & Potencia

8.2 EXTERNOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO
Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE.
IEC 60815-1:2008 Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions - Part 1: Definitions, information and general principles
IEC 60422:2013 Mineral insulating oils in electrical equipment - Supervision and maintenance guidance
ASTM D923 - 15 Standard Practices for Sampling Electrical Insulating Liquids