

Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para una actualización de la subestación  
eléctrica de un edificio de infraestructura tecnológica

Jorge Echeverri Saavedra

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

Oscar Iván Aguirre Varela

Especialista en Recursos Energéticos – Ingeniero Eléctrico. Ingeniero Electrónico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2025

### **Dedicatoria**

En especial a mi querida hija Paula Catalina, quien, desde Alemania, estaba siempre presente preguntando por el trabajo y dándome apoyo moral en continuar para llegar a la meta con el avance de la monografía. Durante el viaje de Colonia hacia Ámsterdam, me colaboró con la logística para asistir en línea a las clases, ubicación en el tren, estadía en la biblioteca pública y en salón de recepción del hotel.

A mi señora Gloria Isabel por su espera y paciencia, al restarle su tiempo para las salidas y eventos sociales, pues solo escuchaba de parte mía, “no puedo estar en clase” u “hoy no puedo, estaré en el computador con el trabajo”.

Y a Dios gracias y gloria a Él, por permitirme dar este paso en el desarrollo personal y profesional.

**Jorge Echeverri Saavedra**

### **Agradecimientos**

En el orden cronológico, al director de este proyecto, al ingeniero Oscar Iván Aguirre Varela, aunque tenía conocimiento de sus múltiples ocupaciones de interventoría y gestoría técnica de nuevos proyectos, accedió a mi petición, pues leyendo tesis anteriores, aparecía varias su nombre como director para graduados en ingeniería eléctrica de la UIS.

A la ingeniera Laura Poveda, por permitir la flexibilidad de tomar una clase en línea ante la justificación del viaje al exterior.

Al profesor Mauricio Aguilar León por su guía y orientación hacia el enfoque del mantenimiento preventivo total, siendo esta monografía dirigida hacia la presentación del cambio o mejora sobre un plan de mantenimiento.

## Tabla de Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	10
1. Objetivos.....	15
1.1 Objetivo General.....	15
1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. Justificación .....	16
3. Materiales y métodos .....	16
4. Marco Teórico .....	17
4.1 Mantenimiento Industrial .....	17
4.2 Gestión Integral del Mantenimiento .....	17
4.3 Tipos de Mantenimiento .....	18
4.3.1 Mantenimiento Correctivo.....	18
4.3.2 Mantenimiento Preventivo .....	18
4.3.3 Mantenimiento Predictivo .....	19
4.4 Programas de Mantenimiento .....	19
4.4.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM .....	19
4.4.2 Mantenimiento Basado en la Condición MBC .....	19
4.4.2.1 Tipos de MBC .....	19
4.4.2.1.1 Vibración .....	19
4.4.2.1.2 Termografía .....	20
4.4.2.1.3 Ultrasonido.....	20
4.4.2.1.4 Tribología.....	20

	<b>Pág.</b>
4.4.3 Manufactura Ajustada (Lean Manufacturing) .....	21
4.4.4 Mantenimiento Productivo Total TPM .....	21
4.4.5 Inspección Basada en Riesgos RBI .....	22
4.5 Análisis de Criticidad .....	23
4.6 RETIE .....	24
4.7 Norma para la Seguridad Eléctrica en los sitios de trabajo NFPA 70E .....	26
5. Resultados .....	26
5.1 Identificación y Caracterización de Equipos .....	26
5.1.1 Planta de Emergencia .....	26
5.1.2 Celdas componentes de la subestación .....	27
5.2 Reconocimiento de las fallas más usuales .....	34
5.3 Evaluación de límites operativos .....	41
5.4 Proyección plan de mantenimiento preventivo .....	42
5.5 Gastos al programa de mantenimiento preventivo .....	45
6. Conclusiones.....	45
7. Recomendaciones .....	46
Referencias Bibliográficas.....	48
Apéndices .....	51

### Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Histórico de fallas frecuentes subestación eléctrica.....	34
Tabla 2. Fallas frecuentes celda seccionador.....	39
Tabla 3. Fallas frecuentes transformadores.....	40

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. <i>Condiciones originales VS Fallas</i> .....	18
Figura 2. <i>Matriz RAM</i> .....	24
Figura 3. <i>Planta generadora de energía</i> .....	27
Figura 4. <i>Seccionador</i> .....	27
Figura 5. <i>Transformador 13,2 KV - 440V</i> .....	28
Figura 6. <i>Disyuntor Principal</i> .....	28
Figura 7. <i>Interruptor Banco de Condensadores</i> .....	29
Figura 8. <i>Disyuntor Aire Acondicionado</i> .....	29
Figura 9. <i>Módulo de Totalizadores</i> .....	30
Figura 10. <i>Interior Módulo de Totalizadores</i> .....	30
Figura 11. <i>Módulo de totalizadores</i> .....	30
Figura 12. <i>Transformador 440 – 220V</i> .....	31
Figura 13. <i>Tablero de distribución a otra edificación</i> .....	31
Figura 14. <i>Interruptores Aire Acondicionado Central</i> .....	32
Figura 15. <i>Puesta a Tierra</i> .....	32
Figura 16. <i>Vista general de la subestación eléctrica</i> .....	33
Figura 17. <i>Panel medidor de voltaje</i> .....	41
Figura 18. <i>Analizador de redes</i> .....	42
Figura 19. <i>Equipo Fluke 435 Series II</i> .....	42
Figura 20. <i>Cámara Infrarroja Lado Usuario</i> .....	43
Figura 21. <i>Cámara Infrarroja Lado emisión</i> .....	43

## Glosario

**Celda de Seccionador:** caja que en su interior se ubica la red proveniente del servidor externo y sirve para interrumpir el paso hacia el transformador.

**Ciclo de Vida:** son los períodos favorables en un equipo y se dividen en cuatro fases: Elaboración, actividad, mantenimiento, disposición final.

**Confiabilidad:** es la probabilidad que un equipo funcione correctamente dentro de un período específico de tiempo.

**Falla:** detrimento o irregularidad en la disposición de ejecutar lo requerido en un equipo.

**Frente muerto:** lámina metálica o acrílica fija, que se instala posterior a la puerta de las celdas para proteger a los operadores de la posible formación de arco eléctrico

**HSE:** Health Safety and Environment. sistema de gestión para fomentar el autocuidado, la identificación de las condiciones sub estándar o de peligros y ambientales.

**Mantenimiento preventivo:** prácticas o acciones que se realizan de forma regular y programada, para disminuir las probabilidades de fallas o averías en los equipos.

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas. norma colombiana que busca hacer cumplir las condiciones de seguridad operativa y al personal, la protección al medio ambiente y la eficiencia en las instalaciones eléctricas.

### Lista de Apéndices

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Sugerencia de cambios al plan de mantenimiento actual de la subestación.....	52
Apéndice B. Evidencia de cambio de cabinas .....	61
Apéndice C. Calidad del servicio de la energía Equipo Fluke 435 Series II .....	62

## Resumen

**Título:** Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para una actualización de la subestación eléctrica de un edificio de infraestructura tecnológica.

**Autor:** Jorge Echeverri Saavedra.

**Palabras Clave:** RETIE, Confiabilidad, Falla, HSE, Mantenimiento Preventivo, Seccionadores, Disyuntores, Relés, Tableros, Cámara Infrarroja, Frente muerto, TTR

**Descripción:** Realización sobre la propuesta de plan de mantenimiento para una subestación eléctrica ubicada al interior de un edificio tecnológico. Con el programa marco institucional de ampliación y modernización de equipos eléctricos, la norma colombiana, Reglamento Técnico para las Instalaciones Eléctricas RETIE, contempla que se debe fijar obligaciones para los usuarios de las redes, el resguardo y cuidado de las personas, equipos y el medio ambiente y para lograr esta exigencia, sería dentro del ciclo de vida de los equipos, incluir un plan de mantenimiento para preservar la obligatoriedad, dicho plan está respaldado por la seguridad mecánica, el ordenamiento en las instalaciones, la seguridad en la operatividad eléctrica, el control de los recursos, proporcionar confiabilidad con el cumplimiento de la vida útil de los equipos con el incremento de la disponibilidad, y en forma integral, ayudar en la sostenibilidad en el tiempo a la compañía dueña de la construcción.

### **Abstract**

**Title:** Proposal for a preventive maintenance plan for an upgrade of the electrical substation of a technological infrastructure building.

**Author(s):** Jorge Echeverri Saavedra.

**Keywords:** RETIE, Reliability, Failure, HSE, Preventive Maintenance, Disconnectors, Circuit Breakers, Relays, Boards, Infrared Camera, Dead Front, TTR

**Description:** Implementation of the proposed maintenance plan for an electrical substation located inside a technological building. With the institutional framework program for the expansion and modernization of electrical equipment, the Colombian standard, Technical Regulations for Electrical Installations RETIE, contemplates that obligations must be established for network users, the protection and care of people, equipment and the environment and to achieve this requirement, it would be within the life cycle of the equipment, to include a maintenance plan to preserve the obligation, said plan is supported by mechanical safety, order in the facilities, safety in electrical operation, control of resources, providing reliability with compliance with the useful life of the equipment with increased availability, and comprehensively, helping in the sustainability over time to the company that owns the construction.

### **Introducción**

En la subestación eléctrica, adscrita al edificio con mayor número de laboratorios y con tecnología que se remonta a más de treinta años, el inventario dado de los equipos y accesorios nos arroja observaciones hechas por inspección visual como en la celda seccionador-fusible, en donde se efectúan los cambios o distribución de energía eléctrica en forma segura, no cuenta con protección de arco interno. Un transformador refrigerado en aceite aislante de 2000 KVA-13200/440 V, no posee foso o trampa de aceite. El tren de tableros de 440V, está compuesto por diferentes columnas que en su interior posee diversos tipos de interruptores, no dispone de frente muerto. Existen puntos de falla en la conexión entre los diferentes tipos de tableros, debido a los numerosos conductores por fase.

Gestionando el plan de expansión y modernización de equipos eléctricos, con el apoyo del Departamento de Gestión de Activos e Infraestructura, se corregirán estas condiciones sub estándares, dentro del plan macro de inversión para la Investigación y Desarrollo (I&D).

En la elaboración de mejoras, se hace necesario adquirir equipos nuevos, dos celdas de media tensión, rango que oscila entre 2.4 – 40.5 KV de corriente alterna, una de remonte de barras y otra como seccionador –fusible, en la que se incluiría con la protección de arco interno. Un transformador seco con su celda de encerramiento de 2 MVA-13200/440 V que no requiere foso, también se les conoce como de resina fundida, es un dispositivo que cambia la tensión y corriente y no contiene aceite como refrigerante en su interior. Un tren de tableros de 440V unidos a través de un mismo barraje para eliminar los múltiples cambios por fase, con interruptores compatibles y coordinados que permitan la reorganización

de las cargas, estos deben estar en capacidad de actuar para su apertura, bien sea por un corto circuito, en falla o de re-cierre rápido. Para aumentar la ponderación hacia la Confiabilidad Eléctrica, debe darse la disponibilidad de los equipos y cumplir la función específica de suministrar la continuidad sin interrupciones del flujo de energía eléctrica para la cual fueron diseñados.

Otra idea de mejora, pero no ampliada en este proyecto, fue el de construir una nueva línea de alimentación de media tensión, 13.2 KV, que llegaría de otra subestación diferente y sería desde el punto donde se energiza la línea de 34.5 KV, esta conexión adicional, requeriría el trámite de una Frontera Comercial ante la electrificadora de Santander ESSA.

Con la adquisición de los nuevos equipos, instituye también un nuevo plan de mantenimiento preventivo, creando un modelo sistemático para verificar periódicamente las condiciones básicas del funcionamiento de los equipos y que acompañado con el mantenimiento predictivo al emplear la cámara térmica, en donde se registran los datos de la radiación exterior o superficial a través de una imagen térmica para localizar las posibles anomalías por los cambios o incrementos de temperatura que se realiza mensualmente, con el fin de garantizar la vida útil de los equipos para brindar mayor seguridad al personal en el rol de las actividades eléctricas.

Para las protecciones eléctricas, encontramos el relé, por medio de una señal eléctrica abre o cierra un circuito, haciéndolo esencial en controlar y distribuir la energía.

La metodología asociada para la mejora y con los eventos presentados como fallas, se encuentra relacionada con el Mantenimiento Productivo Total (TPM), buscando la eficiencia en el proceso productivo, con la maximización del uso de los equipos acortando el tiempo de respuesta a los clientes y la cultura del aprendizaje continuo.

Los principios para las actividades de cambios de los equipos, se basará en el

seguimiento y cumplimiento del sistema (HSE) para la conveniencia de los trabajadores y estarán sujetos bajo las normas asociadas al sector eléctrico como el RETIE 9703 Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (02-04-2024), artículo 2 Capítulo 13 Distancias de Seguridad y el artículo 3 Capítulo 20 Requerimientos para los productos. Con el manual del código eléctrico colombiano NTC 2050 en la sección 240 Protección contra Sobre-corriente y los criterios de selección de equipos de media tensión de la IEC International Electrotechnical Commission 62271-200 del 2003 y para la seguridad de las instalaciones y los equipos, estará bajo la norma NTC 6307:2018 Sistemas de puesta a Tierra.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que sea aplicable a los equipos para la actualización de una subestación eléctrica de un edificio de infraestructura tecnológica.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Identificar y caracterizar los equipos de la subestación eléctrica, para cumplir con las exigencias dadas en el reglamento vigente del RETIE sobre los requisitos técnicos y de seguridad eléctrica en la instalación de nuevos equipos.

Actualizar el plan de mantenimiento preventivo basado en TPM a la subestación eléctrica del Edificio de Infraestructura Tecnológica.

Socializar la propuesta el plan de mantenimiento integrado con los equipos nuevos, al personal que conforma la dependencia de Confiabilidad Eléctrica.

## **2. Justificación**

Para mejorar la prestación del servicio y con base en las disposiciones de las instalaciones eléctricas que contempla el RETIE, las modificaciones de la Resolución 40117 de 2024 como son los cambios de diseño, modificaciones de equipos, repotenciación del sistema; los que se realicen después del 01 de mayo del 2005, es mandatorio aplicar todo lo contemplado en el reglamento.

En aumentar la tendencia de Confiabilidad de los activos fijos, con el incremento de la vida útil de los equipos.

Generar beneficios económicos con la disminución del alto costo por daños en los activos generados por los infortunios o fatalidades y paradas intempestivas que afectan la la producción o servicio.

## **3. Materiales y Métodos**

En el proceso de compra de los equipos nuevos, vienen incluidos los catálogos y los manuales para el usuario suministrados por la firma vendedora o representante Schneider Electric y se tomará como referente lo sugerido en el mantenimiento preventivo semestral y/o anual.

Se recolectará información del diagnóstico y de pruebas hechas en servicio y/o vacío de las paradas de planta anual programadas para el mantenimiento mayor en los últimos años. Estos datos son extraídos del proceso de información contenido en el software SAP SE Systems Applications Products Logon 770 GUI for Windows.

Con margen en las fallas ocurridas y del grado de criticidad de los equipos actuales, se darán las recomendaciones de mejora emitidas para el grupo de Confiabilidad Eléctrica.

Adicionando las recomendaciones y con base en los conceptos del análisis de criticidad y los tiempos entre inspecciones basado en el modelo de la gestión del mantenimiento productivo total (TPM), se presentará en los capítulos siguientes una sugerencia de cambio al plan de mantenimiento.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Mantenimiento Industrial**

Como concepto general, es todo aquello que requiere reparación con el fin de sostener las condiciones originales de operatividad, maximizar el uso de su vida útil en conjunto con los gastos racionales para obtener el menor número de fallas posibles, proyectándolo hacia el cuidado de las personas, al medio ambiente, al cumplimiento de los pasos en la economía circular, para repercutir en la variedad de indicadores esenciales para la compañía<sup>1</sup>. El principal producto de entrega del mantenimiento es la disponibilidad y hace parte en la etapa del ciclo de vida de los activos.

### **4.2. Gestión Integral del Mantenimiento**

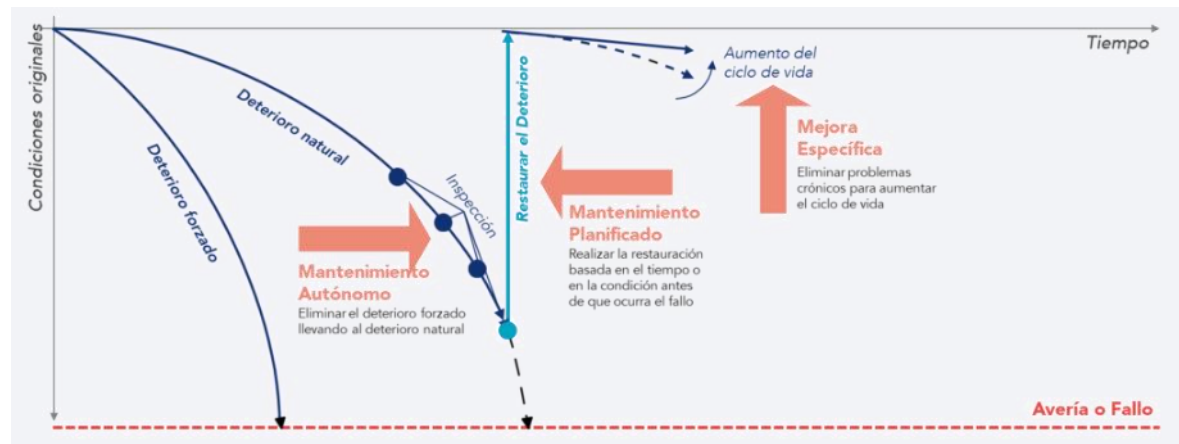
Es la agrupación de procedimientos, habilidades y experticias, para arreglar y asegurar la maquinaria, edificaciones y demás activos involucrados en la fabricación y producción de bienes. Busca un enfoque integral, pasando del nivel de lo que está dañado o fuera de servicio, hacia el logro del anticipo de la falla, para obtener la optimización y rendimiento de los equipos. <sup>1</sup>Se deben tomar en cuenta factores como el manejo de los recursos, la seguridad operativa, el rendimiento, los inventarios de repuestos, la asignación de personal, el

<sup>1</sup> Artículo Kaizen Institute. Mantenimiento Industrial Tipos de Mantenimiento [en línea]. Disponible en: <https://kaizen.com/es/insights-es/mantenimiento-industrial-tipos-mantenimiento/>

cuidado del medio ambiente; con el fin de respaldar la sostenibilidad de la empresa en el tiempo<sup>2</sup>.

**Figura 1**

*Condiciones Originales VS Falla*



*Nota:* Este diagrama representa los tipos de mantenimiento en los ciclos de vida. Imagen tomada de <https://kaizen.com/es/insights-es/mantenimiento-industrial-tipos-mantenimiento/>

### 4.3. Tipos de Mantenimiento

#### 4.3.1. Mantenimiento Correctivo

Es el más simple, inmediato, sin dificultad para la reparación, acción de quitar y poner, relación uno a uno, siendo este el no planificado ante una falla, equipos que no corresponde al llamado grupo de los críticos. Presenta su ventaja como bajo en costo a corto y mediano plazo. Su mayor desventaja está en el incremento de deterioro del equipo, reduciendo su vida útil, aunque se tenga la justificación, la más valedera sería la económica y adicionalmente con la facilidad en repuestos y montajes de los equipos. Se le conoce también como mantenimiento reactivo.

#### 4.3.2. Mantenimiento Preventivo

Se centra en el criterio del anticipo de ocurrencia de una falla, basándose en cronogramas y tareas como las inspecciones, aseo, ajustes con un posible cambio de repuesto, bien sea dado por la experiencia del área de trabajo a nivel interior o por

<sup>2</sup> Artículo SICMA 21 [en línea]. Gestión del mantenimiento Disponible en: <https://www.sicma21.com/gestion-del-mantenimiento-industrial/>

recomendación del suplidor o fabricante. Las ventajas serían la extensión de la vida útil del equipo, prevención o reducción de paradas intempestivas, planeación para el mantenimiento mayor y control de la producción, compras a tiempo de repuestos.

#### **4.3.3. Mantenimiento Predictivo**

El período de inspección de mantenimiento tiende a la baja, busca optimizar los recursos, utiliza equipos, generalmente especializados y de alto costo, generando y acumulando información de datos para analizarlos y poder anticiparse a las posibles fallas del equipo y así poder realizar su parada programada antes del posible daño o falla evitando los traumas en la línea de producción o servicio.

### **4.4. Programas de Mantenimiento**

#### **4.4.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM**

Es un proceso, con la estrategia de guiar a las empresas a identificar las fallas para mejorar sus tareas de mantenimiento y para aumentar la confiabilidad de los equipos, buscando disminuir la inactividad y aumentar el ciclo de vida de los equipos. Se basa en los datos métricos MTBF, Tiempo Promedio Entre Fallas, indicador clave para conocer la disponibilidad, a mayor tiempo entre fallas será más fiable, y en el MTTR, indicador del tiempo en la reparación, debe ser bajo. La unión de estos indicadores, nos lleva al conocimiento del costo del arreglo.

#### **4.4.2. Mantenimiento basado en la condición MBC**

Es un proceso, con la estrategia de centrarse en la fiabilidad y en el costo o valor del mantenimiento, con la ayuda del diagnóstico anticipado al monitorear el activo para prever o localizar las posibles fallas y exponer el mantenimiento únicamente cuando lo amerite.

##### **4.4.2.1. Tipos de MBC**

###### **4.4.2.1.1. Vibración**

Para los equipos rotativos, a medida que los componentes de los equipos se degradan, los sensores detectan la falla. Varias son las causas que producen vibraciones, el desequilibrio de los elementos giratorios producidos por las imperfecciones de fábrica y la falta de mantenimiento en consecuencia, reduciendo la vida útil de los balineros o rodamientos. La desalineación y fuera de centro del eje entre la bomba y el eje del motor cuando no están en paralelo, el desgaste de los componentes internos de los rodamientos, las picaduras en los extremos de las cadenas, el exceso de tensión o soltura de las correas o próximas a su rompimiento, así como la holgura puede llegar a provocar defectos como la fatiga en los componentes y soportes en los equipos mal dimensionados o diseñados.

#### **4.4.2.1.2. Termografía**

Por la radiación que emiten los cuerpos en su superficie, se capta en una imagen termo gráfica y por medio de una paleta de colores, se identifican los puntos calientes o de mayor temperatura. Es adecuado para reconocer los niveles de líquido o de gas confinados en un equipo.

#### **4.4.2.1.3. Ultrasonido**

Por medio de un “palpador” o transductor con el efecto eco o retorno del sonido en las altas frecuencias, ayudan a identificar las grietas o discontinuidades. Se utiliza para medir el espesor en tuberías, láminas de tanques de almacenamiento, estructuras o perfiles metálicos y así llegar anticiparse con la lectura de los datos cuál será su vida remante.

#### **4.4.2.1.4. Tribología**

Se basa su estudio en el frotamiento, erosión y lubricación que influye en las cualidades de las piezas, la continuidad y eficacia en los elementos rotativos durante la ejecución de los procesos de elaboración de piezas o productos. Los lubricantes presentan una película de protección que ayuda a disminuir la fricción entre las zonas metálicas en contacto.

Análisis básico o inicial de la condición físico-química del aceite, conocer su estado de viscosidad, emulsión, y cantidad de material sólido suspendido.

#### **4.4.3. Manufactura Ajustada (Lean Manufacturing)**

Es un patrón de gerencia nipón que orienta en reducir las pérdidas en los procedimientos de manufacturación y que a su vez en cómo aumentar la formación de valor para el usuario final. Se centra en la disminución de los ocho modelos de “derroches” en la producción de artículos: Superproducción, Demoras, Envío, Sobrante de métodos, Recuento, Desplazamientos, Imperfecciones, no aprovechar la inventiva del personal.

Lean se apoya en las etapas de mantener la mejora (Kaizen), en la visualización de la producción y control de la carga del trabajo (Kanban), en los componentes y procedimientos a prueba de errores (Poka yoke), con la ideología, sumando en toda su cadena de valor, el de elaborar bien las cosas (Monozukuri), evaluar el proceso en el lugar de la acción (Genba). Es esencialmente todo lo relacionado con lo adecuado en el espacio adecuado, en la oportunidad precisa con la ocasión correcta, disminuyendo el derroche, siendo transigente y amplio para el intercambio.

#### **4.4.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es una ideología de misión empresarial procedente de Japón, la cual se canaliza en la supresión de los desperdicios o pérdidas relacionadas con los altos índices de detenciones de las máquinas, en el incumplimiento de las distinciones de diseño, incidentes, contribuyendo con la eficacia, perjudicando los altos precios en los procedimientos de productos terminados. Es una derivación de la disciplina de manufactura ajustada o elaboración sin despilfarros, anima que se involucre todo el personal en la implementación de la metodología mediante la socialización del aprendizaje creciente y continuo en las rutinas de trabajo.

Está soportada por 8 pilares, cuyo objetivo principal es reducir las pérdidas, al establecer un programa de ahorro.

- Mejora Enfocada: Maximizando la eficacia en los procesos y equipos por medio de las agrupaciones que dan apoyo al mejoramiento continuo.
- Mantenimiento autónomo: Conservar el equipo en sus condiciones básicas y posterior a sus reparaciones, funcione sin fallas.
- Mantenimiento planeado: Incrementar la eficiencia de los equipos con la participación del personal capacitado, eliminando las fallas, para lograr reducir los costos en el mantenimiento.
- Mantenimiento de Calidad: Desplegar un método de trabajo que incluya un programa de mantenimiento básico, inclinando los resultados a cero desperfectos.
- Gestión Temprana: Fijar las etapas para la mejora de productos e incorporación de equipos nuevos, al darse el inicio de actividades, se cumplan los plazos y costos definidos.
- Formación y educación: Personal idóneo y competente que ayude al grupo de mejoramiento continuo y suprimir el vacío en la formación y adiestramiento.
- Eficacia Administrativa: Formar al personal en sistema de gestión de la información para asegurar la calidad de los datos y obtener un eficiente ambiente organizativo.
- Salud Seguridad y Medio Ambiente: El compromiso que adquieren las empresas para brindar en asegurar a sus trabajadores en un mejor ambiente laboral para generar hábitos de autocuidado y en la elaboración de reportes de incidentes.

#### **4.4.5. Inspección Basada en Riesgos RBI**

Busca desarrollar un programa de supervisión que se basa en el historial de las inspecciones y el servicio operativo, para evaluar el riesgo en su integridad mecánica y las posibles consecuencias si se llega a presentar una falla, afectando lo ambiental, en el personal, para deducir la continuidad o cambio de frecuencia en las inspecciones. Esto se logra con la participación de diferentes disciplinas, aportando las experiencias y en conjunto con el

diagnóstico del mantenimiento básico para mayor confiabilidad en la prestación de servicio de los equipos hasta la próxima parada mayor.

#### **4.5. Análisis de criticidad**

Es el criterio usado como indicador para la prelación de los equipos. Une la dificultad y la ocurrencia de un defecto condicional y utiliza esta advertencia para considerar el nivel de importancia del activo. Los equipos o repuestos críticos tienen una gran influencia en la producción pues el faltante podría llevar al paro del sistema por varios días.

Se fundamenta con 5 variables de calificación y 3 posiciones distintas: estabilidad, fiabilidad, condición, periodicidad y gasto. Todos dan la base para obtener el consecutivo ABC. Jerarquía A (máxima criticidad), es mayor al 20% del gasto en mantenimiento. Jerarquía B (intermedia), entre 10% y 20% del gasto de mantenimiento afectando la producción temporalmente. Jerarquía C (baja criticidad), no afecta la producción, con mantenimiento correctivo. Se relaciona directamente con el estudio RAM y la Confiabilidad.

Para el estudio de la matriz RAM, Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad (Reliability, Availability and Maintainability) es un análisis de valoración de los equipos existentes y de su factor de ocupación dentro del desarrollo de la producción por un período de tiempo estipulado, en el que se busca establecer su estado actual para anticiparse en su proceder futuro, tomando como base la disposición de las partes y sus propiedades y junto con la confiabilidad de sus componentes, sus datos técnicos, estados operacionales y el conocimiento real del mantenimiento.

Lo conforman tres etapas: 1. El MTTF, designación de las tasas de falla y reconstrucción de sus partes o aparatos e instrumentos que forman el sistema.

2. Comprobación y reconocimiento del modelo de bloques sustentado en la disponibilidad para probarlo en la simulación de su procedimiento en el dominio operacional.

3. La unión de los resultados en los pasos 1 y 2. Definidas las tasas de falla y de restauración de cada bloque y verificada lo característico del modelo, se introducen los datos en programas informáticos especializados para realizar los ciclos entre las jerarquías dadas a los equipos y las disposiciones operativas.

Figura 2  
Matriz RAM

CONSECUENCIAS						PROBABILIDAD				
Personas	Economica	Ambiental	Cientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E
						No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M ●	M ●	H ●	H ●	VH ●
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L ●	M ●	M ●	H ●	H ●
Incapacidad temporal (> 1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N ●	L ●	M ●	M ●	H ●
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N ●	N ●	L ●	L ●	M ●
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N ●	N ●	N ●	L ●	L ●
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N ●	N ●	N ●	N ●	N ●

Nota: Matriz de riesgos Probabilidad VS Consecuencia Tomada de Auditoria Group <https://auditoriagroup.com.ar/ram-matriz-de-riesgos-y-controles-en-auditoria/>

**4.6. RETIE**

El reglamento técnico de instalaciones eléctricas-RETIE, Resolución número 40117 de 2024 fija las medidas relacionadas con el amparo a las personas, de la vida vegetal y animal, a la conservación del medio ambiente, en reducir las amenazas de procedencia eléctrica. Respalda para que en las áreas se den los procedimientos, los materiales y artículos usados en las fases de producción, entrega, modificación, repartición y con el uso definitivo del dinamismo eléctrico se efectúen los siguientes propósitos reglamentarios:

- i. La custodia de la vida y la sanidad de los individuos.

- ii. La custodia de la vida vegetal y animal.
- iii. La conservación de los elementos bióticos, abióticos y artificiales que conforman el medio ambiente.
- iv. La previsión de los ensayos que puedan impulsar a error al cliente.

Para efectuar estas finalidades legítimas, el reglamento se apoyó en los siguientes metas particulares.

- a. Determinar las situaciones para eludir percances por toque cercano o indirecto con piezas energizadas o cuando el equipo no pueda des energizarse formando explosión de arco eléctrico.
- b. Crear las categorías para prever siniestros y detonaciones generadas por la electricidad.
- c. Precisar las categorías para impedir incendios de árboles ocasionada por la aproximación a sistemas eléctricos.
- d. Establecer las limitaciones para prevenir deceso de personas y animales ocasionada por alambradas eléctricas.
- e. Crear categorías para impedir los daños debido a incrementos momentáneos de tensión y corriente.
- f. Acoger los modelos de señalización, para que comprometan a utilizar, los profesionales que practican la electrotécnica y los dueños o titulares de las redes y montajes eléctricos.
- g. Disminuir los riesgos de fuente eléctrica en las construcciones eléctricas.
- h. Fijar las obligaciones que deben formalizar los proyectistas, constructores, auditores, operadores, supervisores, titulares y beneficiarios de las redes y localidades eléctricas, asimismo, de los productores, importadores y

representantes de materiales, dotaciones o equipamiento y las organizaciones de personas y de bienes sujetos de derechos y obligaciones enlazadas con las técnicas de producción, modificación, conducción, entrega y venta de electricidad, así como los organismos encargados de la calificación tales como institución de supervisión, organismos de autenticación de producto, lugares de trabajo para estudio y ensayos.

#### **4.7. Norma para la Seguridad Eléctrica en los sitios de Trabajo NFPA 70E**

Las exigencias de la NFPA 70E, pregona sobre las actividades laborales invulnerables para cuidar al personal, disminuyendo la exhibición a las primordiales amenazas eléctricas. Realizada originalmente a solicitud de OSHA. El precepto NFPA 70E, es el contribuir a las empresas y a los usuarios, impedir los daños y decesos en el sitio de trabajo, bien sea las originadas por el golpe eléctrico, descarga eléctrica, rayo de arco y ventada de arco y colabora en cumplir con OSHA 1910 división S y OSHA 1926 división K.

### **5. Resultados**

#### **5.1. Identificación y caracterización de equipos**

**5.1.1. Planta de emergencia.** Prestaba su servicio, pero su no disposición se debe a la queja hecha por los usuarios del edificio en cuanto al excesivo ruido estando en servicio. No se ha vuelto a suministrar combustible y se retiraron las baterías de 12 V

**Figura 3***Planta generadora de energía*

Autor 2024 En la Subestación eléctrica



Autor 2025 En la bodega de chatarra Economía Circular

### 5.1.2. Celdas componentes de la subestación

**Seccionador** Celda donde se ubica el cableado entrada de la energía suministrada desde la subestación eléctrica principal y conectar con el transformador de aceite principal de la subestación de estudio.

**Figura 4***Seccionador 13,2 KV*

Autor 2024



Autor 2025 Nuevo seccionador en SF6

**Transformador.** Equipo para disminuir el voltaje y aumentar la corriente, embebido en aceite y con capacidad o potencia aparente de 2 MVA, lo suficiente en el diseño para suministrar la carga o demanda del edificio.

**Figura 5**

*Transformador 13,2 KV – 440 V*

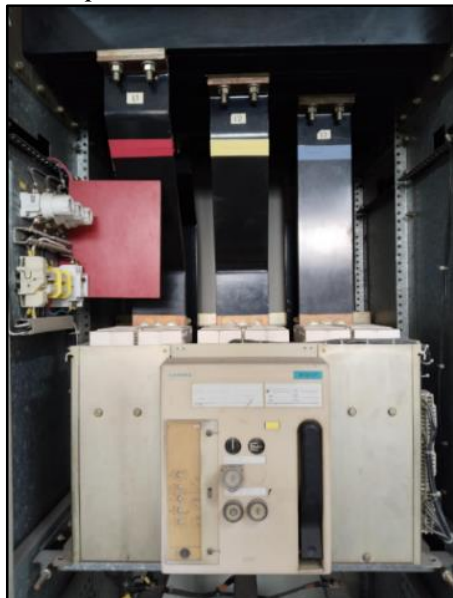


Autor. Transformador en aceite (sin la rejilla de protección)

**Disyuntor.** Recibe la energía del transformador principal por el lado de baja tensión y da apertura o cierre a la corriente que se distribuye en todas las demás celdas.

**Figura 6**

*Disyuntor Principal*



Autor 2024 Disyuntor Siemens



Autor 2025 Disyuntor Masterpact

**Banco de condensadores.** Por regulación de la ESSA, se exige estos equipos al sector industrial para disminuir la carga capacitiva como parametro en la calidad del consumo de carga en disminuir la pérdida de energía.

**Figura 7**

*Interruptor Banco de Condensadores*



*Nota:*fuera de servicio Autor 2024



*Nota:* Nuevo banco de condensadores Autor 2025

**Disyuntor Aire Acondicionado.** Celda destinada para prestar servicio en exclusividad, en este caso para las UMA'S, sistema centralizado de refrigeración para cubrir los tres pisos el edificio.

**Figura 8**

*Disyuntor Aire Acondicionado*



Autor 2024



Autor 2025 Cambio de disyuntor

**Totalizadores.** Se encuentran siete TTR o totalizadores para control de los diferentes servicios particulares de laboratorios del edificio. Aquí se independizan según la necesidad de interrupción locativa.

**Figura 9**  
*Módulo de totalizadores*



*Nota:* Fuera de servicio la botonera Autor 2024

**Figura 10**  
*Interior módulo de totalizadores*



Autor 2024

**Figura 11**  
*Módulo de Totalizadores*



*Nota:* Fuera de servicio Autor 2024



*Nota:* Instalados los nuevos Autor 2025

**Transformador de servicio.** El mismo principio del transformador principal, también en seco, con menos voltaje y mayor corriente de entrega a los usuarios para satisfacción de la carga.

**Figura 12**

*Transformador 440 - 220 V*



*Nota:* Conexión a PTAR Autor 2024



*Nota:* Cambio de transformador con el mismo servicio

**Tablero de distribución.** Ramal de salida para alimentar a otra planta o lugar directamente a los circuitos de los equipos o áreas de consumo.

**Figura 13**

*Tablero de distribución a otras edificaciones*



Autor 2024



Autor 2025

**Interruptores.** Viene alimentado del disyuntor exclusivo para el sistema de aire acondicionado central y aquí se distribuye, independizando cada unidad de refrigeración que alimenta cada laboratorio.

**Figura 14**

*Interruptores Aire Acondicionado Central*

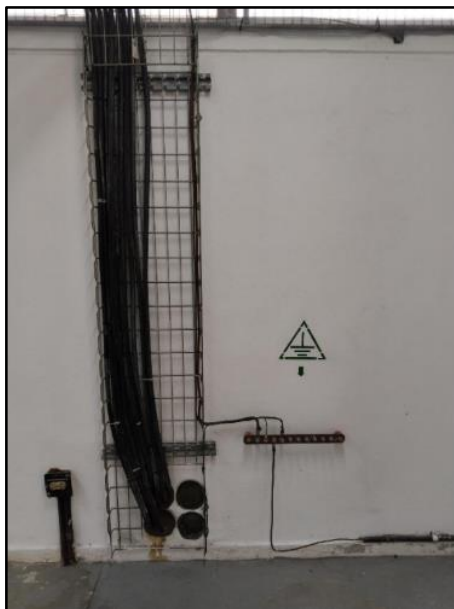


Autor2024

**Puesta a tierra.** Todo sistema eléctrico debe estar aterrizado para dar seguridad al personal ante una posible descarga por sobre corriente al toque directo o indirecto de las celdas.

**Figura 15**

*Puesta a tierra*



Autor 2024

**Figura 16**

*Vista general de la subestación eléctrica*



*Nota: Subestación eléctrica a modificar Autor 2024*



*Nota: Subestación eléctrica modificada Autor 2025*

## 5.2. Reconocimiento de las fallas más usuales

Para identificar las fallas, se resumieron los datos históricos de los equipos actuales que conforman la subestación tomados de la base de datos del sistema SAP desde abril del año 2021 hasta noviembre del 2024.

**Tabla 1**  
Histórico de fallas frecuentes subestación eléctrica

EQUIPO	CONDICION	DETALLES	FECHA
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se encuentra sucia con polvo y telarañas. Se realiza orden y aseo. Limpieza externa de tableros, revisión con cámara termo gráfica, sin encontrar puntos calientes. Parámetros de operación. Voltajes L1-L2=452 L1-L3=450 L2-L3=450 ESTADO FINAL: Subestación operando correctamente.	12.04.2021
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Revisión de: tableros eléctricos, iluminación del área y condiciones locativas (goteras, filtraciones y sub estándares). Orden y aseo. Registro con cámara de termografía, limpieza de equipos de seguridad eléctrica. ESTADO FINAL: subestación funcionando.	10.05.2021
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza orden y limpieza dentro de cuartos eléctricos: Tableros, seccionador y transformador. Termografía a cada uno de los tableros 440V y 220V; no se encuentran cables deteriorados ni puntos calientes. Revisión de: guantes clase 0 con bomba, nivel de aceite del transformador 2 MVA.	12.07.2021
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Orden y aseo, inspección termo gráfica, nivel aceite dieléctrico, medición de voltajes en el transformador. Revisión de: disyuntor, celda banco de condensadores. Inspección visual de cableado y conexionado, iluminación, inspección de cárcamos y tuberías. Sistema funcionando.	10.08.2021

10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Termografía. Transformadores: 2MVA T=65°C. Aceite dieléctrico T=65°C. 75KVA T=39°C Revisión: Disyuntor 3000 Amp. 440V T=4°C, módulo de totalizadores T=4°C. Celda banco de condensadores T=41°C, inspección visual de cableado y conexión, iluminación. Sistema funcionando correctamente.	11.10.2021
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Termografía, nivel aceite dieléctrico. Revisión de: módulo de totalizadores, cableado y conexión, iluminación, niveles e inspección de cárcamos y tuberías. Orden y aseo. Parámetros de operación: Voltaje:456V ; V:224V Sistema funcionando correctamente	12.11.2021
10112921	Mtto PVO 45 Días Subestación Eléctrica	Termografía. Revisión: visual de cableado y conexión, iluminación, cárcamos y tuberías. Orden y aseo. Tablero 440 V: A:16 A // B:10.8 A //C:16,4 A Transformador: A:11,5 A // B:10 A //C:16,5 A Tablero 220 V: A:22 A // B:23 A //C:33 A. Funcionando correctamente.	12.01.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Inspección Termográfica. Revisión disyuntor, celda banco de condensadores, cableado y conexión, iluminación, inspección de cárcamos y tuberías. Orden y aseo. Medición aceite dieléctrico. TAB 440; L1=446 V//L2=446 // L3=445; TAB200; L1=227 V // L2=226 V // L3=227 V; Corrientes= I1:45A // 50 A // I3:38A. Sistema funcionando.	11.02.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Inspección del área, aseo y limpieza, termografía de tableros 440V/220V con temperatura inferior a 50°C. Revisión de: Cableado, protecciones, terminales, seccionadores, cárcamos, transformadores, iluminación, guantes y tapete dieléctrico, pértiga, escalera aislada, puesta a tierra. No hay presencia de animales. Se requiere <b><u>cambio de iluminación</u></b> de emergencia. Queda operando correctamente.	28.03.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se hace apertura del permiso de trabajo eléctrico, mantenimiento preventivo subestación (estándar Job 477). Aseo general del área, Se verifica: EPP y equipos para maniobras. <b><u>Falla de luminarias</u></b> de emergencia, no encienden. Se asegura cierre de puertas de celdas, tableros y entrada a subestación. ESTADO FINAL: continúa en operación.	14.05.2022

10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza permiso de trabajo. Inspección visual: tableros eléctricos de 440v y 220V., no se detectan presencia de animales ni condiciones de humedad. Termografía, no se evidencia puntos calientes, retiro del polvo en gabinetes con brocha. Verificar estado iluminación, EPPS y equipos propios de la subestación. Realizado orden y aseo. ESTADO FINAL: operando con normalidad.	15.07.2022
10112921	Mtto PVO 45 Días Subestación Eléctrica	Se encuentra sucia y operativa. Se ubica tapete dieléctrico para realizar termografía a tableros de distribución y transformador. Inspección visual a conectores del transformador. Verificación de tomas e iluminación y de emergencia. Se instala indicadores piloto. Orden y aseo. ESTADO FINAL: subestación eléctrica operativa.	12.08.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se dispone de tapete dieléctrico para realizar termografía a celdas. Inspección: visual de barrajes de potencia, neutro y tierra. Prueba de: iluminación de red y emergencia, sensor de ausencia de energía. Orden y aseo. ESTADO FINAL: Operativa.	14.10.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se procedió con una inspección visual al sistema puesta a tierra faltando 2 tapas de los cárcamos. Se realiza limpieza, ajustes de sus accesorios y medición con telurómetro 0.2 ohmios. Se verificó continuidad. ESTADO FINAL: Operando	11.11.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza: orden y aseo, disposición de material ajeno, inspección y termografía de tableros, cárcamos de bandejas evidenciado <b>punto caliente</b> en fase R, salida de protección del transformador 440-220 V. Aire acondicionado 440V temperatura de devanado 66°C y parte exterior 46°C. Se requiere <b>adecuación civil</b> pared en mal estado por humedad. Transformador: 440V: R-S: 460V, R-T: 455V, S-T:460V 220V: R-S: 225V, R-T: 223V, S-T: 226V ESTADO FINAL DEL EQUIPO: Funcionando correctamente.	12.12.2022
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se dispone de tapete dieléctrico abriendo celda y se realiza: termografía, inspección visual de barrajes de potencia, neutro y tierra. Prueba de iluminación red y de emergencia, orden y aseo, limpieza a elementos de protección. Parámetros: 108fpm; 127V. ESTADO FINAL: limpia y operativa.	08.02.2023

10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza permiso de trabajo. Inspección visual sin detectar presencia de animales ni humedad en paredes. Revisión: Luminarias y alumbrado de emergencia, EPP y equipos propios, O.K. Cambiar botiquín de primeros auxilios. Termografía a tableros eléctricos de 440v y 220v, no se detectan puntos calientes. ESTADO FINAL: operando dentro de sus parámetros.	08.03.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Permiso de trabajo, traslado equipo de limpieza y medición. Inspección y limpieza general del área. Buen estado de E.P.P y equipos para maniobras, Termografía: Tableros de distribución en los barrajes, conexiones y devanados. En transformadores, promedio de 47.3 °C descartando puntos calientes. ESTADO FINAL: Continua y normal.	09.05.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se hace apertura del permiso de trabajo, trasladando equipo de medición y de limpieza. Se verifica estado de equipo para maniobras. Termografía en conexiones, protecciones y acometidas de tableros eléctricos, se descarta puntos calientes. ESTADO FINAL: Plancha de calentamiento operando en estado normal.	15.06.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Apertura del permiso de trabajo trasladando herramientas, equipos de medición y de limpieza con aspiradora industrial. Inspección del área y tableros eléctricos. Termografía: barrajes 37.8°C. Tensión:422 y 214V. ESTADO FINAL: Se asegura cierre de puertas a tableros eléctricos y entrada. Operando normalmente.	24.08.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	La actividad de mantenimiento PVO. se atenderá con la OM numero: 11914633.	24.08.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Sin datos	22.09.2023
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Apertura del permiso de trabajo trasladando equipo de medición y de limpieza, inspección del área. Termografía para descartar de posibles puntos calientes en conexiones acometidas y protecciones. Se mide tensión por baja 435 y 223V. Estado final: en operación. Recomendación: resanar pintura del área por humedad.	22.11.2023

10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Apertura del permiso de trabajo trasladando equipos de medición y de limpieza con aspiradora industrial. Termografía a tableros eléctricos de baja tensión en 428 y 214 V. respectivamente. Recomendación: resanar y pintar paredes. ESTADO FINAL: continúa en condiciones normales de operación	21.12.2023
10112921	Levantamiento Cargas eléctricas EDIFICIO	Se realiza acompañamiento a personal encargado por áreas de la subestación principal explicación de tendido de circuitos de iluminación normal y UPS al personal y sobre los riesgos de las áreas visitadas. ESTADO FINAL: Tableros eléctricos funcional	29.01.2024
10112921	Mtto PVO 45 Días Subestación Eléctrica	Se hace apertura del permiso de trabajo y traslado equipos de medición y de limpieza. Inspección y termografía en conexiones de acometidas y protecciones de tableros eléctricos para descartar puntos calientes. Tensión en barrajes: 424V y 208V ESTADO FINAL: Operativo	27.02.2024
10112921	Limpieza tableros Sub. Eléctrica	Apertura del permiso de trabajo trasladando herramientas y elementos de limpieza. Tablero eléctrico a intervenir: desenergizar, aplicando SAES verificando ausencia de tensión. Retirar animal muerto. Limpieza de barrajes y cableado de acometidas. Prefabricar tapas, fijándolas en el tablero con tornillo auto perforante. ESTADO FINAL: Operativo	08.03.2024
10112921	Modificación TAP Transformador SE	OBSERVACIONES PREVIAS A MANTENIMIENTO. Modificación TAP TRF JE E9, se realiza apagado de JIE y aplicación SAES en S.E. Principal modificando TAP de posición 2 a 3. Se normaliza y realizan rondas a UPS, plantas compresoras, PTAR y A.A. ESTADO FINAL: Voltaje entre fases 450 V todos los sistemas industriales operan normalmente.	21.05.2024
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se hace apertura del permiso de trabajo, traslado equipos de medición y de limpieza general. Termografía en conexiones y protecciones de tableros de baja tensión descartando puntos calientes. 443V-215V ESTADO FINAL: Operativo	11.06.2024

10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza inspección del área de trabajo, en paredes y techos descartando humedad. Limpieza e inspección de tapetes, infraestructura física cárcamos descartando humedad y presencia de animales. Termografía a tableros de BT protecciones y cableado. VOLTAJE: BT: 450V 220V—125V MT 13.1 KV ESTADO FINAL: operación normal	11.06.2024
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza inspección del área de trabajo, aseo inspección y termografía a cárcamos infraestructura celdas, descartando presencia de humedad, de animales y puntos calientes superiores a 50°C. Verificación de equipos de protección, de voltaje por baja tensión 124V 214V 442V en subestación principal por media tensión 12.9 KV ESTADO FINAL: Funcionando	17.07.2024
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza inspección del área de trabajo, aseo. Termografía en celdas, cárcamos. Se descartan puntos calientes en tableros y presencia de roedores y humedades en el área. Aseo a elementos de S/E Parámetros: 446V-216V-125V-12.9 KV ESTADO FINAL: Operativo.	20.09.2024
10112921	Mtto. PVO. 45 Días Subestación Eléctrica	Se realiza limpieza general del área, revisión de circuitos de iluminación de emergencia, inspección termográfica, revisión de elementos de protección personal, tapetes, guantes, pértiga, no se evidencian protecciones disparadas, no hay evidencias de residuos de animales en las cajas de inspección. ESTADO FINAL: Opera normalmente	18.11.2024

**Tabla 2**

Fallas frecuentes celda seccionado

EQUIPO	CONDICION	DETALLES	FECHA
--------	-----------	----------	-------

11318417	Mtto. PVO. Celda K1 Seccionadores	<p style="text-align: center;"><b>OBSERVACIONES PREVIAS AL MANTENIMIENTO</b></p> <p>Las Celdas se encuentran en operación normal.</p> <p style="text-align: center;"><b>ACTIVIDAD REALIZADA:</b> •Limpieza general de los equipos. •Inspección visual de los elementos para verificar signos de recalentamientos, sulfatación o descargas, reapriete de conexiones flojas. •Lubricación de partes móviles de acuerdo a recomendación del fabricante. •Lubricación de contactos eléctricos de acuerdo a recomendación del fabricante. •En la puesta a tierra, reapriete de conexiones flojas. •Reemplazo de luces indicadoras averiadas. •Ejecución de pruebas eléctricas y funcionales del seccionador o interruptor. •Pruebas de resistencia de aislamiento con Megger digital de 10 Kv. •Pruebas de resistencia en cada polo del seccionador o interruptor con el fin de validar su funcionalidad de manera individual.</p> <p>Las celdas quedan operando correctamente.</p>	13.12.2021
11318417	Mtto. PVO. Celda K1 Seccionadores	<p><b>MANTENIMIENTO:</b> Se realizará cambio de celda seccionador del Edificio conforme al proyecto de actualización instalaciones eléctricas RETIE. Se hace cierre de OM sin costos.</p>	22.11.2023

**Tabla 3**

Fallas frecuentes transformadores

EQUIPO	CONDICION	DETALLES	FECHA
11318418	Mtto. PVO. Transformador S/E	<p><b>OBSERVACIONES PREVIAS AL MANTENIMIENTO</b></p> <p>Los equipos se encuentran en operación normal.</p> <p><b>ACTIVIDAD:</b> • Limpieza general de los equipos. • Inspección visual de los elementos para verificar fugas, signos de recalentamientos, sulfatación o descargas, reapriete de conexiones flojas. Los equipos continúan en operación normal</p> <p>• Verificación de puesta a tierra, reapriete de conexiones flojas. • Verificación operación termómetros de aceite y devanados, indicador de nivel. • Ejecución de pruebas eléctricas: pruebas de resistencia de aislamiento con el equipo Megger, relación de transformación TTR, resistencia de devanados.</p>	13.12.2021

11318418	TRAFO 2 MVA toma de aceite	Se requiere realizar la toma de aceite y verificación para el transformador de MT 2 MVA del Edificio	16.08.2023
11318418	Mtto. PVO. Transformador S/E	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO: Se realizará cambio de transformador a tipo seco para el Edificio conforme al proyecto de actualización instalaciones eléctricas RETIE. Se hace cierre de OM sin costos.	22.11.2023

Junto con el técnico del área, durante la visita del mes de noviembre, para la evaluación de los límites operativos, se identificó condición sub estándar, instrumento análogo medidor de voltaje fuera de servicio y des calibrado del cero, verificando con la perilla del selector de fases.

### Figura 17

*Panel medidor de voltaje y corriente*



Autor 2024 Sistema Análogo



Autor 2025 Cambio a Panel digital

### 5.3. Evaluación de límites operativos.

Con el equipo analizador de redes, se busca verificar las condiciones operativas por excelencia y a resolver los problemas relacionados sobre la calidad de la energía. También nos ayuda a definir la longitud y grosor del cable para reducir pérdidas. Se instala en las protecciones, los totalizadores, para cada fase da lectura de voltaje y corriente según turno laboral o de demanda de consumo energético en el edificio.

**Figura 18**  
Analizador de redes



*Nota:* Lectura de V y I en cada fase Autor 2024

**Figura 19**  
Fluke 435 Series II



*Nota:* Lectura por 48 horas en fase B Autor 2024

#### 5.4. Proyección plan de mantenimiento preventivo.

Por la misma exigencia, el de asegurar un servicio continuo, con la ayuda de la inspección visual y el registro físico para la toma de datos, se hace riguroso el cumplir un programa básico basado en la condición con la ayuda de equipos como la cámara termo gráfica, para hacer más confiable la prestación del servicio y el sostenimiento de la vida útil de los equipos.

Se mencionan las actividades generales y las tareas a seguir como guía en el paso a paso, enumerándolos desde su ingreso a la subestación, el protocolo de documentación exigido por HSE, sus equipos de apoyo y demás roles propios del personal calificado en trabajos eléctricos, hasta asegurar el cierre de la planta receptora y distribuidora de energía.

##### Actividad 1. Asignación de personal.

Paso 1. Solicitar permiso de trabajo eléctrico y disponer de los elementos de protección personal casco y botas de seguridad dieléctricas, guantes, mantas, equipos de limpieza industrial como la

aspiradora, brocha, escalera, cámara termo gráfica. Llevar indumentaria propia para trabajo con electricidad. Ropa ignífuga FR (Flame Resistant). Energía incidente arco:  $8,4 \text{ Cal/cm}^2$  Categoría EPP: HRC2

## Actividad 2. Trabajo con tensión. Uso de la Cámara Infrarroja

**Figura 20**

*Cámara Infrarroja Lado usuario*



*Nota: Marca FLUKE Autor 2024*

**Figura 21**

*Cámara Infrarroja Lado emisión*



*Nota: Modelo TI 480 PRO Autor 2024*

Paso 1. Realizar tomas múltiples de valores de temperatura e imágenes térmicas a los equipos y cables con tensión en toda la subestación en la búsqueda de posibles puntos calientes abriendo los gabinetes y situarse a la distancia de seguridad.

Paso 2. Para el cambio a transformador en seco. Verificar que las conexiones estén bien sujetadas y sin registro de calentamiento, no supere los  $50^{\circ}\text{C}$ , asegurando con un buen sistema de ventilación.

Paso 3. Confirmar la temperatura en las conexiones de los seccionadores no superen los  $50^{\circ}\text{C}$

Paso 4. Revisar que la transferencia eléctrica se encuentre en modo manual.

**Actividad 3. Inspección visual**

Paso 1. Comprobar con la inspección visual, las condiciones mecánicas del cableado en celdas, cárcamos y en las bandejas, la calidad o condición del cable.

Paso 2. En el revestimiento de las bobinas del transformador, no deben existir hendiduras o grietas.

Paso 3. Buscar la palidez o signos de daño debido al incremento de calor.

**Actividad 4. Trabajo sin tensión**

Paso 1. En los bobinados del transformador, se debe limpiar para eliminar la suciedad y el polvo.

Paso 2. Calcular la fuerza de aislamiento entre la bobinas alta y baja, entre el núcleo y la bobina baja, entre las bobinas alta y el núcleo.

Paso 3. Calcular la resistencia del arrollamiento con equipo digital.

Paso 4. Realizar pruebas de correlación de transformación entre los devanados primarios y secundarios de corriente y voltaje con un instrumento, prueba TTR.

**Actividad 5. Periféricos**

Paso 1. Reconocer el estado de iluminación en la subestación y las luces de emergencia.

Paso 2. Terminado el reconocimiento de las luces de emergencia, energizar de nuevo los cargadores de las luces de emergencia.

**Actividad 6. Cierre**

Paso 1. Asegurar el cierre de los armarios eléctricos y de la puerta de acceso con seguro a la subestación eléctrica.

Paso 2. Socializar cualquier anomalía encontrada en los pasos anteriores, debe ser informada al supervisor del área encargada en forma inmediata.

En el Anexo1 se da como comparativo, al Plan de Mantenimiento Preventivo realizado por la empresa contratista y que está formulado para la subestación eléctrica principal, lo utilizan para la subestación eléctrica del caso de estudio, el transformador no posee ventilación forzada y ya no sería embebido en aceite sino en resina. Lo sombreado en amarillo sería para el cambio.

### **5.5. Gastos al programa de mantenimiento preventivo**

Con la firma contratista ejecutora del servicio de mantenimiento, se tiene pactado por número de cantidades de visitas, cada treinta se cobran \$588.960°° y que incluye los programas de frecuencia semanales, mensuales, semestrales y anuales con sus reportes, de un total de diez subestaciones eléctricas.

Los equipos nuevos a reemplazar se valoraron cerca de \$1200.000.000 en su mayoría de la empresa fabricante Schneider Electric.

La intención de esta monografía, es presentar un trabajo técnico y no tan específico en detalles financieros por eso se omite los procedimientos de los costos del anteproyecto y valor del montaje y logística para el cambio.

## **6. Conclusiones**

Se dio el listado y la explicación del servicio de cada equipo o cabina con su respectiva imagen, capítulo 5.3

El cambio del plan de mantenimiento, se dio para la propia subestación, la del análisis en este proyecto. Toman como guía la firma contratista, otra subestación referenciada como Subestación Principal que contiene otras características tales como: Localización en patio de los transformadores y desactualizado en número y tipo, ahora es uno solo y con aislamiento sin aceite. Mencionan el relé multifuncional de protección “Multilin” para lectura de eventos de falla y

dos plantas generadoras de suplencia de energía, con una infraestructura y variedad de equipos diferentes, estos equipos no existen en la subestación caso de análisis.

Se ofrece el plan de mantenimiento integrado con los equipos nuevos, en especial el transformador en seco dado en el capítulo 5.4

La calidad de la energía es muy buena. Las variables como voltaje, corriente, potencia son estables en su valor indicando la poca presencia carga reactiva, de armónicos.

En forma general, los equipos que conforman o hacen parte de una subestación eléctrica convencional, sus fallas son poco frecuentes o recurrentes y son muy seguros intrínsecamente, sus disparos o puestas fuera de servicio, son dados por eventos exteriores como el clima, preámbulo de lluvia en las descargas eléctricas atmosférica. En el apéndice A, se resaltó en amarillo lo que se debe quitar como sugerencia para actualizar el plan de mantenimiento preventivo.

## **7. Recomendaciones**

Se venía cumpliendo con el programa de mantenimiento preventivo y se han arrojado evidencias en que se está ejecutando con lo exigido en lo básico, dar cumplimiento a la seguridad y vida útil de los equipos. Se dio el ajuste con la instalación de los nuevos equipos, para presentar la nueva propuesta del plan de mantenimiento recomendado a Confiabilidad Eléctrica y así generar un nuevo código de seguimiento como Archivo Documental presentado para su aprobación a la firma contratista encargada de ejecutar la labor de mantenimiento eléctrico.

Se sugiere dar continuidad y reforzar el conocimiento con la nueva adquisición de la cámara infrarroja y agendar la capacitación al personal en la búsqueda de habilidades para medición e interpretación de imágenes, crear informes, calibrar el equipo, interpretar datos y la sugerencia en la búsqueda de la certificación como termógrafo Nivel II.

Crear puntos de dirección focalizada (SharePoint) y de acceso fácil, donde queden

registrados los informes para cualquier usuario interesado, como el de metadatos de TTRS:

[https://drive.google/drive/folders/1d-pelysi3TU28ZsMPX\\_YrO4ma8EmXTav?usp=sharing](https://drive.google/drive/folders/1d-pelysi3TU28ZsMPX_YrO4ma8EmXTav?usp=sharing)

o de soportes de análisis y recomendaciones basadas en las imágenes termo gráficas.

### Referencias Bibliográficas

- Algor Cards. (diciembre 2020). Importancia del mantenimiento en subestaciones eléctricas.  
<https://cards.algoreducation.com/es/content/-QP6DZRC/mantenimiento-subestaciones-eléctricas>
- IBM. (s.f.). Inspección visual. Recuperado de <https://www.ibm.com/es-es/topics/visual-inspection>
- Jd Suministro de Materiales Eléctricos. (s.f.). Celdas Eléctricas de Media Tensión.  
<https://jdelectricos.com.co/celdas-electricas-de-media-tension/>
- Grupo e.p.m. (2015/01/05). Tableros y Celdas de Media.  
<https://www.epm.com.co/content/dam/epm/proveedores-y-contratistas/RA8-012.pdf>
- Leiry Chinchilla. (2024). Introducción a las Celdas Seccionadoras de Media Tensión IEC.  
<https://www.leiryinchilla.com/celdas-media-tension/#more-4171>
- Schneider Electric. (s.f.). Celda MT Seccionador-fusible.  
<https://www.se.com/co/es/product/SM61Q3JHH6Z7CONTA/celda-mt-seccionador-fusible-sm6-qm-24kv-contactos-manual-630a-20ka/>
- Electrositio. (s.f.). Qué es un Transformador de tipo seco: tipos y factores.  
[https://electrositio.com/que-es-un-transformador-de-tipo-seco-tipos-y-factores/?expand\\_article=1](https://electrositio.com/que-es-un-transformador-de-tipo-seco-tipos-y-factores/?expand_article=1)
- Fernando Marcelo Guerrero. (s.f.). Interruptores de Potencia.  
<https://www.doccity.com/es/docs/interruptores-de-potencia-utilizados-en-las-subestaciones-eléctricas/7635161>
- ASTM International. (enero 2018). ¿Qué es la Confiabilidad?  
<https://sn.astm.org/esp/data-points/que-es-la-confiabilidad-jf18.html>
- Eurofins Environment Testing (09-10-2020). Mantenimiento preventivo y correctivo: ¿en qué se diferencian? <https://www.eurofins-environment.es/es/mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>
- Mantenimiento. (20-10-2023). Guía completa del Mantenimiento Predictivo.

Infraspeak Team. <https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-predictivo/>

Distron. (10-04-2023). ¿Qué es una cámara termo gráfica y para qué sirve?

<https://distron.es/camara-termografica/>

Análisis de Causa Raíz. (23-02-2023). En Wikipedia.

[https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis\\_de\\_causa\\_ra%C3%ADz](https://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_causa_ra%C3%ADz)

GPT de Copilot. (s.f.). Sobretensiones en la subestación eléctrica.

<https://www.bing.com/search?q=Sobretensiones+en+la+subestaci%C3%B3n+el%C3%A9ctrica&pc=0P47>

2&ptag=C999N9907D021824A6EEBE66863&form=PCF463&conlogo=CT3210127&showcon.

Enchufe Inteligente. (s.f.). ¿Qué es un Relé? Una Guía Completa sobre el Interruptor Electromagnético. <https://enchufeinteligente.org/que-es-un-rele-una-guia-completa-sobre-el-interruptor-electromagnetico/>

Lean Manufacturing. Qué es y cómo implementarlo en tu empresa. (s.f.).

<https://leanmanufacturing10.com/>

Lean Manufacturing. Qué son las 5S y cómo pueden ayudarte a mejorar la productividad (s.f.)

<https://leanmanufacturing10.com/5s>

Ministerio de Minas y Energía. (25-10-2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. <https://repositoriobi.minenergia.gov.co/bitstream/handle/123456789/2440/6052.pdf>

Código Eléctrico Colombiano. (1998). Norma NTC 2050.

[https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma\\_%20NTC\\_2050\\_98\\_codigo\\_el%C3%A9ctrico\\_col.pdf](https://www.ugc.edu.co/pages/juridica/documentos/institucionales/Norma_%20NTC_2050_98_codigo_el%C3%A9ctrico_col.pdf)

IEC. (octubre 2018). Comisión Electrotécnica Internacional.

<https://www.iogp-jip33.org/product/S-620v18-10.pdf>

María A. Franklin Niño, Johan Sebastián Carreño Meneses. (2023). Sistema de Puesta a Tierra y Apantallamiento. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/7809aa1d-0cfc-4a60-b518-b160e951f106/content>

Todo sobre la matriz de criticidad. Lidvic Suazo (s.f.) <https://tractian.com/es/blog/todo-sobre-la-matriz-de-criticidad>

Tema. Políticas de mantenimiento basadas en disponibilidad. Estudios RAM. (s.f.) <https://www.tema.es/que-hacemos/politicas-de-mantenimiento-basadas-en-disponibilidad-estudios-ram>

¿Qué es un arco eléctrico? <https://www.dupont.mx/knowledge/what-is-electric-arc-flash.html>  
Reingeniería (21-08-2024) El ciclo de vida de las máquinas y la importancia del mantenimiento. [El ciclo de vida de las máquinas y la importancia del mantenimiento — Orbingeneria](#)

Integridad Mecánica. Reliability Connect. 26 Oct 2020  
<https://esp.reliabilityconnect.com/integridad-mecanica-gestion-de-seguridad-en-los-procesos-y-la-red-de-normas-internacionales/>

National Fire Protection Association NFPA 70E (s.f.) Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/nfpa-70e-standard-development/70e>

CONTE Consejo Nacional de Técnicos Electricistas Las 5 Reglas de Oro para Trabajos Eléctricos (s.f.) <https://www.conte.org.co/las-5-reglas-de-oro-para-trabajos-electricos/>

STEL Order Mantenimiento Productivo Total TPM 18-01-2022  
<https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-productivo-total/>

Safety Culture Qué es el Mantenimiento Productivo Total (s.f.)  
<https://safetyculture.com/es/temas/mantenimiento-productivo-total/>

Fundamentos y principios Generales de TPM. Mauricio Aguilar León. 04-10-2024  
<https://tic.uis.edu.co/ava/course/view.php?id=75155&section=1>

Mantenimiento Productivo Total TPM. Mantenimiento Autónomo. Mauricio Aguilar León.

04-10-2024

[https://tic.uis.edu.co/ava/pluginfile.php/3344452/mod\\_resource/content/2/Unidad%20%20](https://tic.uis.edu.co/ava/pluginfile.php/3344452/mod_resource/content/2/Unidad%20%20)

[TPM %20Especializacio%CC%81n%20Gerencia%20Mantto%20UIS.pdf](#)

## Apéndice A.

### Sugerencia de cambios al plan de mantenimiento actual de la subestación

#### 1. OBJETIVO

Establecer la metodología, controles de seguridad, desarrollo de las tareas y actividades específicas para el mantenimiento preventivo de subestaciones eléctricas, garantizando la disponibilidad y confiabilidad en la prestación del servicio sin afectar la seguridad de las personas, medio ambiente y equipos.

#### 2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para el personal competente y habilitado para el mantenimiento preventivo de subestaciones eléctricas, especificando a detalle modalidad de trabajo con tensión (TCT) y trabajo sin tensión (TST); en donde se establecen los pasos a seguir por el personal de XXXXX S.A.S para el desarrollo seguro del mantenimiento preventivo a los distintos elementos de la subestación, que incluyen tareas de inspección, verificación, y mantenimiento, con el fin de prevenir la ocurrencia de eventos que puedan afectar las personas, bienes o al medio ambiente.

#### 3. GLOSARIO

- **Termografía:** Técnica de inspección no invasiva que utiliza una cámara termo gráfica para detectar y registrar la distribución de temperaturas en equipos y componentes eléctricos, permitiendo la identificación de puntos calientes que podrían indicar problemas como sobrecargas, fallas potenciales o malas conexiones.
- **Aceite Dieléctrico:** Líquido aislante utilizado en transformadores y otros equipos eléctricos para enfriamiento y aislamiento, cuyo estado y nivel deben ser monitoreados regularmente para garantizar la operación segura del equipo.
- **Sílica Gel (Sílica):** Material desecante utilizado en los transformadores para absorber la humedad del aire dentro del conservador de aceite, ayudando a mantener la calidad del aceite dieléctrico. Su color cambia según la cantidad de humedad absorbida, siendo el azul oscuro indicativo de una sílica activa y el color claro o rosado de una saturada.
- **Cárcamo:** Estructura o depósito diseñado para recoger y drenar el agua de lluvia o la humedad acumulada en ciertas áreas de la subestación, evitando daños a los equipos eléctricos.
- **Alarmas del Sistema:** Señales generadas por el sistema de supervisión de la subestación eléctrica que indican condiciones anormales, fallas, o disparos en los equipos o componentes, permitiendo una rápida identificación y respuesta a las incidencias.

#### 4. TIEMPO ESTIMADO Y RECURSO

- 6 horas
- 2 técnicos Electricista y/o ayudante

#### 5. HERRAMIENTAS A UTILIZAR

- Cámara Termo gráfica.
- Pinza Voltiamperimétrica.
- Alicates para electricistas.
- Llaves para tableros.
- Linterna.
- Brocha aislada.

## 6. MATERIALES CONSUMIBLES

- N/A

## 7. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- **Botas de seguridad antideslizantes, con puntera reforzada:** protección en la parte de los dedos y en general proteger el pie contra: caída de objetos, golpes de objetos corto punzantes, entre otros, o mediante la incorporación de elementos de protección destinados a proteger al usuario de las lesiones que pueda sufrir un trabajador en el cumplimiento de una tarea.
- **Guantes dieléctricos Clase 0:** esenciales para proteger las manos contra descargas eléctricas. La Clase 0 indica que están diseñados para trabajar con voltajes hasta 1.000 voltios. Fabricados en materiales aislantes como el caucho, permiten realizar trabajos en instalaciones eléctricas con seguridad.
- **Overol ignifugo clase 2:** Este tipo de overol está diseñado para proteger al trabajador de los riesgos de un arco eléctrico y fuego repentino. La clase 2 se refiere a su nivel de resistencia a la exposición térmica. Estos overoles son resistentes a la llama y no contribuyen a la propagación del fuego, protegiendo así al trabajador de quemaduras graves.
- **Bala clava dieléctrica:** Esta prenda ofrece protección a la cabeza, el cuello y parte del rostro en contra de las descargas eléctricas. Fabricada en materiales aislantes y resistentes al fuego, la bala clava dieléctrica es fundamental para proteger las áreas del cuerpo que no cubren el casco o los lentes de seguridad.
- **Cámara termo gráfica:** Una cámara termo gráfica es un dispositivo para medir la temperatura sin necesidad de contacto. Las cámaras termo gráficas detectan la energía infrarroja emitida, transmitida o reflejada y convierten el factor de energía en una lectura de temperatura.
- **Guantes de seguridad:** para la protección de las manos durante la manipulación del equipo en la ejecución de los trabajos, se usan guantes para protección contra químicos, manejo de herramientas, entre otros según la condición de la labor.
- **Guante contra arco eléctrico:** Brinda protección a las manos contra llamas, fognazos, chispas para evitar quemaduras.
- **Careta de seguridad arco eléctrico:** Visera de policarbonato inyectado contra el arco eléctrico y riesgo térmico. Tono verde para una mejor transmisión de luz.
- **Ropa de trabajo:** prendas proporcionadas al trabajador para la protección de la piel y el cuerpo de forma general, se entrega camisa de trabajo manga larga y pantalón de jean industrial, según la labor a realizar.
- **Protección de los oídos:** se requiere cuando el nivel de ruido sobrepase los límites permisibles de ruido establecidos en el Instituto Colombiano del Petróleo -ICP, será obligatorio el uso de tapa oídos de inserción y/o de copa según aplique.
- **Gafas de seguridad:** se requiere para evitar que partículas de polvo, objetos contundentes u otros proyectiles lesionen la vista / ojos del trabajador cuando estén ejecutando actividades.
- **Máscara media cara con cartuchos y filtros:** se proporciona al trabajador para protección respiratoria debido a la probabilidad de presencia de gases, vapores y/o material particulado en el área y/o por el trabajo a desarrollar, ayudan a proteger contra determinados contaminantes presentes en el aire, reduciendo las concentraciones en la zona de respiración por debajo del TLV u otros niveles de exposición recomendados; también se utilizará, como medida de bioseguridad en los trabajos, cuando el personal por su rol no pueda guardar más de dos metros de distancia.
- **Casco de seguridad:** El principal objetivo del casco de seguridad es proteger la cabeza de quien

- lo usa de peligros y golpes mecánicos. También puede proteger frente a otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

## **8. DIAGRAMA**

N/A

## **9. MEDIDAS DE SEGURIDAD**

### **RECOMENDACIONES**

1. Concertar con el planeador de mantenimiento del área eléctrica el día que se llevará a cabo la revisión mensual de la subestación eléctrica.
2. Si encuentra cualquier anomalía o parámetro fuera de lo normal, consígnelo en el espacio de observaciones de la tarea y avise inmediatamente al supervisor.
3. Asegúrese de realizar las tareas de inspección de la subestación eléctrica, atrás de la línea de seguridad demarcada en color amarillo.
4. Los trabajos se realizarán bajo las autorizaciones y competencias de los lineamientos establecidos en el control de trabajo y certificados de apoyo cuando aplique, soportando con el procedimiento específico y el análisis de riesgo.
5. Actividades que involucren trabajos con tensión, se hará uso de EPP dieléctricos y se aplicará la distancia de seguridad especificado en el tablero, así como la aplicación del SAES.
6. Todo el personal involucrado en la labor debe conocer el procedimiento y el análisis de riesgo operacional por la actividad, asegurarse que estos han sido entendidos por el personal; para tal fin, deberá disponer en el frente de trabajo el respectivo procedimiento y estar previamente socializado con los trabajadores hasta que se considere que no existan dudas sobre el rol y responsabilidades de cada uno.
7. Todo el personal involucrado en la labor debe conocer el procedimiento y el análisis de riesgo operacional por la actividad, asegurarse que estos han sido entendidos por el personal; para tal fin, deberá disponer en el frente de trabajo el respectivo procedimiento y estar previamente socializado con los trabajadores hasta que se considere que no existan dudas sobre el rol y responsabilidades de cada uno.
8. Revise las recomendaciones de seguridad del fabricante que se encuentran en el manual del equipo.
9. Se debe hacer uso de una postura adecuada para realizar el procedimiento con el fin de evitar lesiones osteomusculares en el trabajador.

10. Mantener posiciones ergonómicas (espalda recta y en lo posible piernas flexionadas).
11. Se debe realizar la inspección pre operacional de la herramienta y equipos diariamente antes de su uso y clasificar las herramientas antes de iniciar labores.
12. Señalizar el área de trabajo y donde se van a disponer temporalmente los residuos y no permitir el ingreso a terceros ajenos a la actividad.
13. En caso de emergencia comunicarse, activar cadena de llamados. La empresa aliada se comunica con el responsable del área y este continuará con la cadena de llamados:

ORDEN	DEPENDENCIA	RESPONSABLE	AVANTEL
1	COORDINADOR	Olmedo	30125XXXXX
2	LIDER TÉCNICO	Karl	30169XXXXX
3	COORDINADOR HSEQ	Lizet	31626XXXXX

## 10. DESCRIPCIÓN

### TAREA 1 REALIZAR INSPECCIÓN, VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

**FRENTE:** Eléctrico  
**RECURSOS:** 2 Ele  
**TIEMPO:** 4.5 Horas

#### Actividad 1 Realizar inspección de termografía en la subestación eléctrica. TRABAJO CON TENSIÓN (TCT)

1. Diríjase al patio de transformadores de la subestación y realice una inspección general de la temperatura del transformador, utilizando la cámara termo gráfica. Si encuentra cualquier anomalía o parámetro de temperatura fuera de lo normal, avise inmediatamente al supervisor. (Guardar imagen termo gráfica N° 1). \_\_\_ ok.
2. Inspeccione que la temperatura en el devanado del transformador, mostrada por el indicador de temperatura, no sea mayor al set (50°C). Si es mayor, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_°C.
3. Inspeccione que la temperatura del aceite dieléctrico del transformador, mostrada por el indicador de temperatura, no sea mayor al set (50°C). Si es mayor, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_°C.
4. Inspeccione que la temperatura en el devanado del transformador de servicios, mostrada por el indicador de temperatura, no sea mayor al set (50°C). Si es mayor, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_°C.

5. Diríjase al cuarto de máquinas de la subestación y realice una inspección general del transformador de emergencia. Si encuentra cualquier anomalía o condición sub estándar, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
6. Asegúrese de que la transferencia eléctrica se encuentre en modo Manual, y luego abra la celda del transformador de emergencia y realice una inspección general. Si encuentra cualquier anomalía o condición su estándar, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Inspección de termografía en transformadores	A proximidad
2	Verificación de temperatura en devanado de los transformadores	A proximidad
3	Verificación de temperatura del aceite dieléctrico en transformadores	A proximidad
4	Verificación de temperatura en devanado del transformador de servicios	A proximidad
5	Inspección general del transformador de emergencia	A proximidad
6	Inspección general en celda del transformador de emergencia	A proximidad

Actividad 2. Verificar visualmente que los cables de conexión eléctrica no se encuentren deteriorados y estén libres de sulfataciones.

#### TRABAJO CON TENSION (TCT)

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Inspección de cables eléctricos en celdas y transformaciones	A proximidad

**Actividad 3 Inspeccionar visualmente que no existan fugas de aceite dieléctrico en los transformadores de la subestación eléctrica (Cuando aplique).**

#### TRABAJO CON TENSION (TCT)

11. Inspeccione visualmente que no existan fugas de aceite dieléctrico en el transformador, ubicado en el patio de transformadores de la subestación. Si hay fugas, avise inmediatamente al supervisor. ok.
12. Verifique que el nivel de aceite en el transformador, esté entre la marca alta y baja de la mirilla de medición. Si está por debajo. avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
13. Inspeccione visualmente que no existan fugas de aceite dieléctrico en el transformador de servicios de 150 KVA, ubicado en el patio de transformadores de la subestación. Si hay fugas, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
14. Verifique que el nivel de aceite en el transformador de servicios se encuentre entre el punto máximo y mínimo de la mirilla de medición. Si está por debajo. avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.

- 15. Inspeccione visualmente que no existan fugas de aceite dieléctrico en el transformador de emergencia, ubicado en el cuarto de máquinas de la subestación. Si hay fugas, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
- 16. Verifique que el nivel de aceite en el transformador de emergencia esté entre la marca alta y baja de la mirilla de medición. Si está por debajo. avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
- 17. Inspeccione visualmente que no existan fugas de aceite dieléctrico en el transformador de emergencia, ubicado en el cuarto de máquinas de la subestación. Si hay fugas, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_ok.
- 18. Verifique que el nivel de aceite en el transformador de emergencia, esté entre la marca alta y baja de la mirilla de medición. Si está por debajo. avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_Ok

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Inspección visual de fugas de aceite en transformadores	A proximidad
2	Verificación del nivel de aceite en transformadores	A proximidad
3	Inspección visual de fugas de aceite en transformador de servicios	A proximidad
4	Verificación del nivel de aceite en transformador de servicios	A proximidad
5	Inspección visual de fugas de aceite en transformador de emergencia	A proximidad
6	Verificación del nivel de aceite en transformador de emergencia	A proximidad
7	Inspección visual de fugas de aceite en transformador de emergencia	A proximidad
8	Verificación del nivel de aceite en transformador de emergencia	A proximidad

**Actividad 4 Revisar el estado de la Sílica de los transformadores de la subestación eléctrica (Cuando aplique).**

**TRABAJO CON TENSION (TCT)**

- 1. Verifique que la Sílica del transformador, que se encuentra ubicado en el patio de transformadores de la subestación, sea de color azul oscuro. Si no es así, avise inmediatamente al supervisor para su reemplazo. \_\_\_ok.
- 2. Una vez terminada la revisión, Cierre las celdas de la subestación. \_\_\_ok.

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Verificación del color de la Sílica en transformadores	A proximidad
2	Cierre de celdas de la subestación tras revisión	A proximidad

**Actividad 5 Revisar los cárcamos de la subestación eléctrica**

**TRABAJO SIN TENSIÓN (TCT)**

1. Inspeccione que los cárcamos de la subestación estén en buen estado y se encuentren libres de polvo o humedad. \_\_\_\_ok.
2. Emplee la aspiradora para realizar limpieza de cárcamos, y para limpieza de tableros solamente de baja tensión. \_\_\_\_ ok
3. Verificar visualmente que el aislamiento de los cables de conexión eléctrica no se encuentredeteriorados. \_\_\_\_ok.

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Inspección de cárcamos para verificar estado y ausencia de polvo ohumedad	A proximidad
2	Limpiar con aspiradora cárcamos y tableros de baja tensión	A proximidad
3	Verificación visual del aislamiento de cables para detectar deterioros	A proximidad

**Actividad 6 Revisar la iluminación local y de emergencia de la subestación eléctrica.****TRABAJO CON TENSIÓN (TCT)**

1. Revisar que la iluminación local de la subestación eléctrica esté funcionando correctamente. Si no es así, avise inmediatamente al supervisor.\_\_\_\_ok.
2. Desenergize los cargadores de las lámparas de emergencia de la subestación eléctrica para verificar que estén funcionando correctamente. Si no es así, avise inmediatamente al supervisor. \_\_\_\_ok.
3. Una vez terminada la revisión de la iluminación de emergencia, energice los cargadores de las lámparas.\_\_\_\_ok.

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Revisión de funcionamiento de la iluminación local	A proximidad
2	Verificación de funcionamiento de lámparas de emergencia(desenergización)	A contacto
3	Re energización de cargadores de lámparas de emergencia tras revisión	A contacto

**Actividad 7 Verificar eventos registrados por el relé Multilin (Cuando aplique).****TRABAJO CON TENSIÓN (TCT)**

1. Utilice el sistema de supervisión, que se encuentra conformado por relé Multilin para verificar eventos de falla.
2. Si encuentra cualquier anomalía o parámetro fuera de lo normal, consígnelo en el espacio de observaciones de la tarea y avise inmediatamente al supervisor.
3. Asegure que, al salir de la subestación, las puertas queden cerradas con sus respectivos candados. \_\_\_\_\_ok

N°	Tarea	Método de trabajo
1	Verificación de alarmas de la subestación	A proximidad

**19. DOCUMENTOS DE APOYO**

- Manual de los equipos.
- Experiencia del personal involucrado.

**20. PELIGROS, RIESGOS, CONTROLES Y RESPONSABLES**

No	PELIGROS	RIESGOS	CONTROLES	RESPONSABLES
1	Eléctrico Baja tensión	<b>Contacto directo e indirecto con partes energizadas</b>  *Negligencia depersonal técnicoy/o violación delas distancias mínimas de seguridad.	<b>Controles Preventivos:</b> -Establecer distancias de seguridad de acuerdo a la exposición. -Inspección de área para identificar humedad o condiciones fuera de lo normal. -Aislamiento o recubrimiento de partes activas. -Probar ausencia detención, doble aislamiento. <b>Controles de protección:</b> -Uso de dotación y EPP dieléctrica acorde a la labor a realizar	Ejecutores

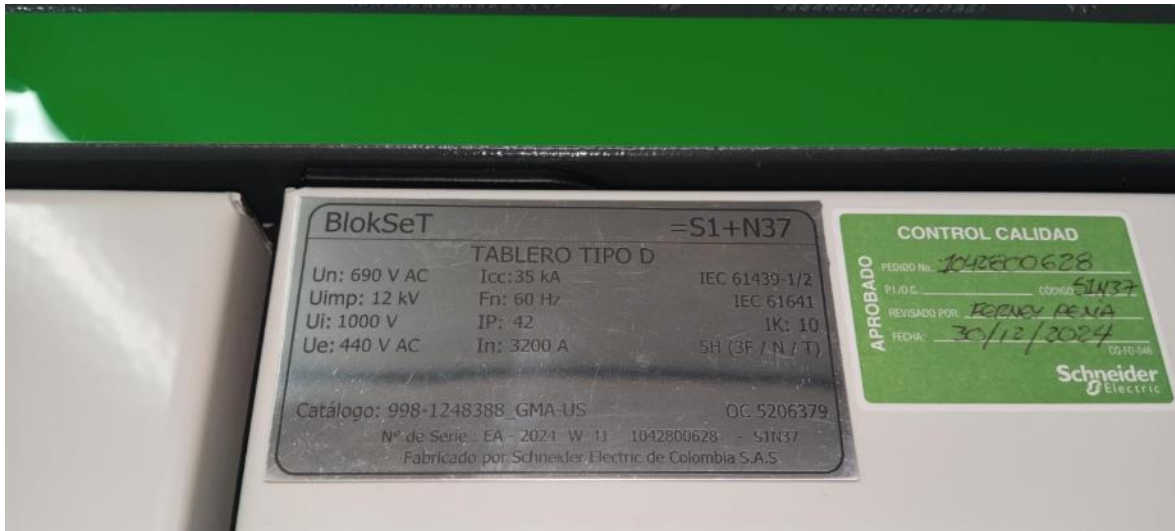
2	Otro peligro	<p><b>Mediciones Termo gráficas</b></p> <p>*daño al equipo por inadecuada manipulación.</p>	<p><b>Controles preventivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Verificación de las condiciones de cableado y baterías.</li> <li>-Realizar señalización del área de trabajo.</li> <li>-El personal técnico que manipule el equipo debe ser trabajadores habilitados por la empresa y deben conocer el funcionamiento del equipo.</li> <li>-Mantener los límites de aproximación de barrajes, tableros abiertos y transformadores de baja tensión.</li> </ul> <p><b>Controles de protección:</b></p> <p>Uso de casco de seguridad, botas dieléctricas, gafas y guantes.</p>	Ejecutores.
---	--------------	---	---	-------------

**10. CONT. ROL DE CAMBIOS**

VERSIÓN N°	DESCRIPCIÓN	FECHA
01	Emisión del documento	Enero 18 de 2024

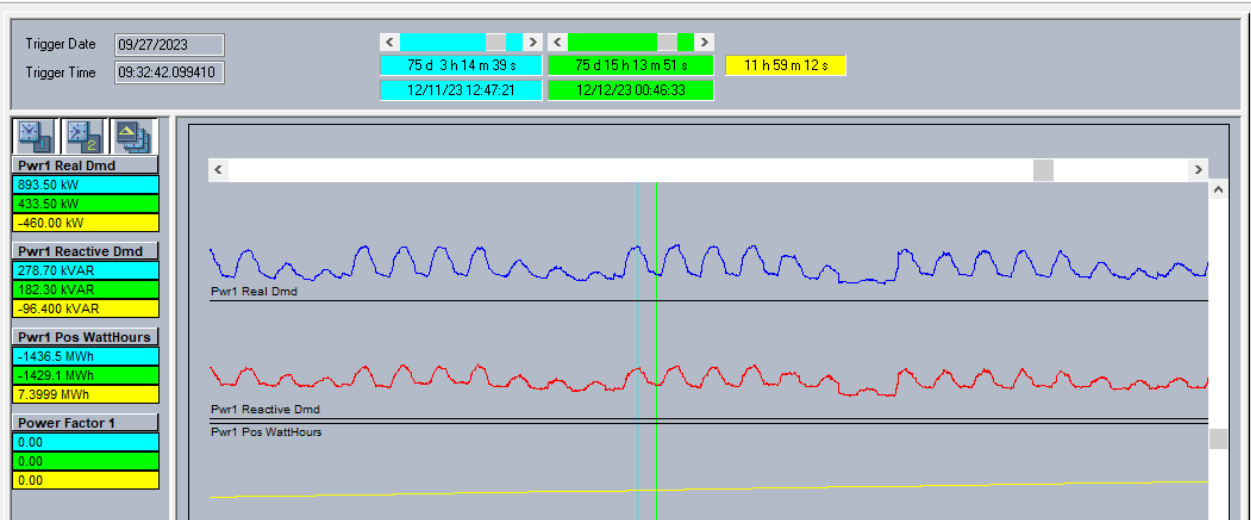
Apéndice B

Evidencia de cambio de cabinas



Apéndice C

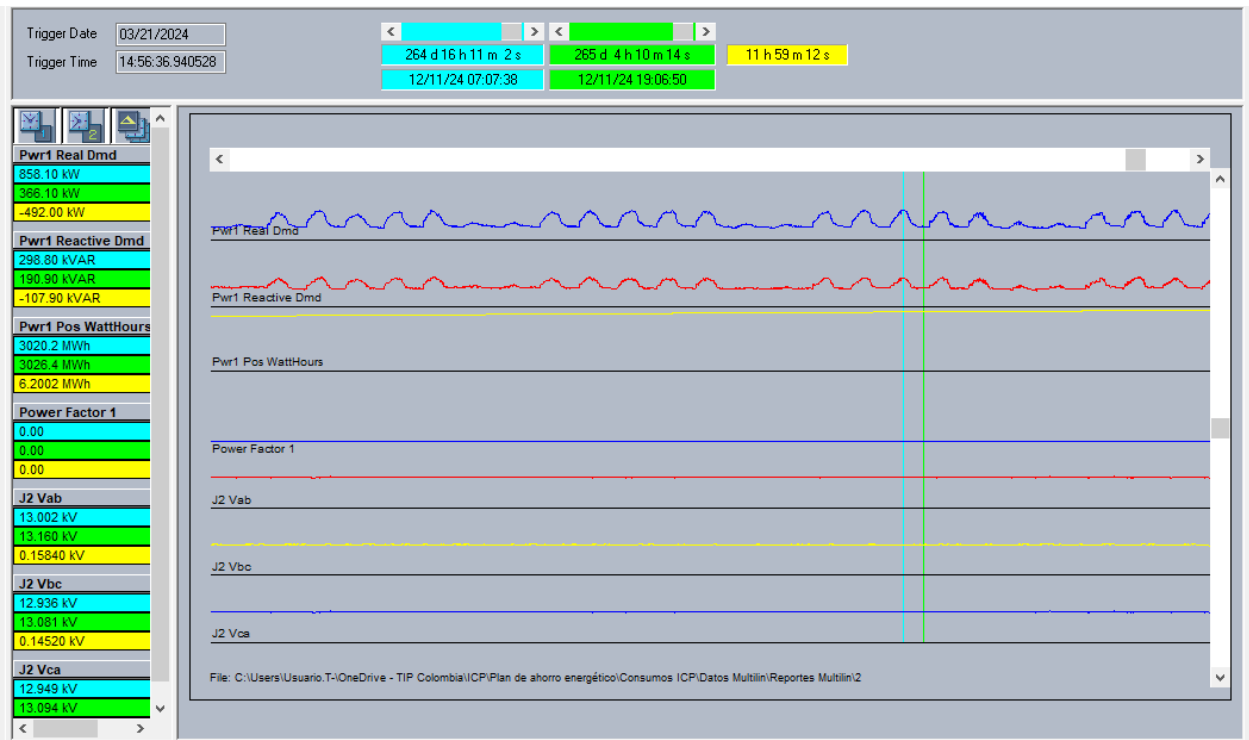
Calidad del servicio de la energía Equipo Fluke 435 Series II



Potencia medida el 11 de diciembre del 2023 en el Edificio Tecnológico

**Pico máximo:** Activa: 893.50 kW Reactiva: 278.70 kVAr Factor de potencia: 0.95

**Hora Valle:** Activa: 433.50 kW



Reactiva 182.30 kVAr Factor de potencia: 0.92