UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS"
FACULTAD TECNOLÓGICA – INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO FINAL

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO SEGURO EN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN CAPSULADO TIPO INDUSTRIAL.

MODALIDAD:
PASANTÍA

ESTUDIANTES:

HAROLD ALBERTO MARIMON MONTES
FRANCISCO LIBARDO ORTIZ ORTIZ

TUTOR ACADÉMICO
ING. MARCELA MARTÍNEZ CAMARGO

TUTOR EMPRESARIAL
ING. DAVID ARTURO GÓMEZ SATOBA

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

_____

_____
Ing. MARCELA MARTÍNEZ CAMARGO

BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE de 2018

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 4
2. RESUMEN. 5
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO. 6
3.1 Objetivo general 6
3.2 Objetivos específicos 6
4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS. 6
4.1 Generalidades 6
4.2 Procedimientos de mantenimiento para las celdas de media tensión y transformadores alojados en centro de transformación capsulado tipo industrial hasta 36 kV. 8
4.2.1 Procesos de mantenimiento recomendados por normas 8
4.2.2 Procesos de mantenimiento recomendados por fabricantes. 10
4.3 Mantenimientos y malas prácticas realizadas por la empresa. 13
4.4 Procedimientos necesarios para mantenimientos en subestaciones capsuladas. 13
4.6 Funciones del personal de mantenimiento. 32
4.7 Capacitación del personal del Área de Servicio. 32
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS, PRODUCTOS, ALCANCES E IMPACTOS. 33
5.1 Mantenimientos más recurrentes en subestaciones capsuladas. 33
5.2 Determinación de las fallas en los mantenimientos realizados por la empresa. 34
5.3 Análisis de riesgo. 34
5.4 Procedimientos y funciones recomendadas. 34
5.5 Impacto tecnológico 34
5.6 Impacto económico 35
5.7 Impacto ambiental 35
5.8 Impacto social 35
5.9 Impacto en la productividad y competitividad 35
6. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS. 35
6.1 Identificar los procesos de mantenimiento para las celdas de media. 35
6.2 Levantamiento de información con respecto a los mantenimientos realizados por 3GVS INGENIERIA S.A.S 35
6.3 Análisis de riesgo en cada proceso de mantenimiento 35
6.4 Definir los procedimientos necesarios para el mantenimiento seguro en la subestación. 35
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 36

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO				
Título del proyecto	Elaboración de un Plan de Trabajo Seguro en Centros de Transformación Capsulado Tipo Industrial.			
Nombres de los proponentes	Harold Alberto Marimón Montes		Francisco Libardo Ortiz Ortiz	
Correo electrónico	hamarimon@gmail.com		papacho85@hotmail.com	
Numero de contacto fijo o celular	3168704821		313 4745638	
Código Estudiantil	20162372339		20161372116	
Entidad beneficiaria	3GVS-INGENIERIA S.A.S.			
Entidad ejecutora	Universidad Distrital "Francisco José de Caldas"			
Otras instituciones participantes				
Duración del proyecto (meses)	4 meses			
Lugar de ejecución del proyecto	Ciudad	Bogotá D.C.	Departamento	Cundinamarca
Título al que aspira	Ingeniero Eléctrico			

Director de la Propuesta (Docente UD)	**Marcela Martínez**	
Modalidad	**Pasantía**	X
	Monografía	
	Investigación Innovación	
	Proyecto de emprendimiento	
	Producción Académica	

En caso de pasantías: Profesional responsable de la entidad donde se realizará la pasantía	**David Arturo Gómez Satoba**	**Cargo**
		Ing. Electricista

2. RESUMEN.

Este proyecto tiene como finalidad, mejorar las condiciones y procedimientos de trabajos en centros de transformación capsulados tipo industrial del área de servicios y puesta en marcha de la empresa 3GVS INGENIERIA S.A.S.

3GVS INGENIERIA S.A.S. es una empresa prestadora de servicios eléctricos en la ciudad de Bogotá con gran experiencia técnica y administrativa. Destacando del portafolio de servicios; los diseños electromecánicos, la gestión de proyectos, estudios eléctricos, asistencia en campo y puesta en servicio de equipamiento eléctrico, este último cuenta con un ingeniero eléctrico, dos tecnólogos y un técnico.

Los centros de transformación son locales en donde se alojan celdas de maniobra, protección, medida y transformadores. Los seccionadores de maniobra pueden ser en aire o en SF6 de operación bajo carga y deben ser instalados en áreas clasificadas como no peligrosas (norma NTC 2050 art 500 al 504 y 511) [8]. En los centros de transformación secundarios se reducen tensiones de media a baja para que la energía pueda ser utilizada por los usuarios finales, juega un papel importante dentro del sistema eléctrico de potencia, cualquier avería o eventualidad podría alterar su buen funcionamiento provocando así el corte de suministro, ocasionando molestias y pérdidas económicas innecesarias.

Un centro de transformación debe ser flexible, tener la capacidad para adaptarse a las condiciones que se puedan presentar (mantenimiento, cambios en el sistema o fallas en el mismo), además debe ser confiable, garantizando el suministro de energía bajo la reparación de algún elemento principal y debe ser seguro, debe operar adecuadamente bajo condiciones normales o anormales [28]. Para garantizar todas estas características de operación de la subestación se deben realizar mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos, brindando así un servicio continuo y conservando los elementos principales de la subestación, un buen mantenimiento debe estar regido por una planificación previa de actividades o tareas a realizar conforme con los procedimientos previstos, las responsabilidades asignadas y las técnicas de intervención, ya sean a distancia, contacto o a potencial [29].

Basándose en lo anteriormente expuesto, es de vital importancia que la empresa 3GVS INGENIERIA S.A.S. cuente con un plan de trabajo seguro que facilite, agilice y garantice un procedimiento de mantenimiento permitiendo una buena organización, selección de herramientas de trabajo, procedimientos y de equipos de protección personal, de esta forma se minimizarán posibles riesgo de accidentes eléctricos al trabajador, logrando el buen funcionamiento y extensión de vida útil a los elementos en el mantenimiento.

Mediante la formulación de las siguientes preguntas, se dará solución a la problemática planteada en el presente trabajo.

- ✓ ¿Cuál es el procedimiento para realizar trabajo seguro en la empresa 3GVS INGENIERIA S.A.S.?
- ✓ ¿Qué capacitación se brinda al personal para la ejecución de mantenimientos en centros de transformación tipo industrial?
- ✓ ¿Para la ejecución de estos trabajos qué se tiene en cuanta para la selección de herramientas y equipos de protección personal?
- ✓ ¿Qué tan perjudicial o catastrófico resulta para el trabajador y para las celdas de MT, un mal procedimiento en estos centros de transformación?

¿Conoce el personal a cabalidad las normas y procedimientos que aplican en este tipo de trabajos?

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

3.1 Objetivo general

Elaborar un plan de trabajo seguro para el mantenimiento en celdas de media tensión alojadas en centros de transformación capsulado tipo industrial, bajo normatividad nacional e internacional que garanticen la seguridad al trabajar en celdas desenergizadas y energizadas para los trabajadores del área de asistencia en campo y puesta en servicio de la empresa 3GVS INGENIERIA S.A.S.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar los procesos de mantenimiento para las celdas de media tensión (seccionador, protección fusible, interruptor, medida) y transformador alojadas en centros de transformación capsulado tipo industrial hasta 36kV.
- Realizar un levantamiento de información con respecto a los mantenimientos realizados por 3GVS INGENIERIA S.A.S. con el fin de identificar posibles fallas y malas ejecuciones.
- Realizar un análisis de riesgo en cada proceso de mantenimiento identificado riesgos que conlleven accidentes mortales para los trabajadores.
- Definir los procedimientos necesarios para el mantenimiento seguro en la subestación.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS.

A continuación se procede a describir los resultados obtenidos con el desarrollo de la presente pasantía

4.1 Generalidades

Preservar la operación y vida útil de los equipos es el objetivo general de los mantenimientos, asegurar su correcto desempeño en función de los procesos que dependen de cada equipo, en condiciones seguras, confiables y eficientes. En este sentido, se determinaron las acciones de mantenimiento que son necesarias para evitar paradas de producción y fallas en los equipos, junto con los riesgos asociados.

Los objetivos específicos del mantenimiento son:

- Reducir costos, mejorar la calidad, elevar la disponibilidad y aumentar la eficiencia.
- Maximizar la vida útil de los equipos.
- Optimizar el trabajo del recurso humano.
- Proteger el medio ambiente
- Garantizar seguridad de la operación.

El mantenimiento eléctrico de la subestación, debe estar enfocado en los siguientes aspectos:

- Especificaciones técnicas de los equipos.
- Normas de mantenimiento aplicables.
- Recomendaciones del fabricante.
- Políticas y procedimientos de la empresa.

A continuación, se definirán los conceptos más relevantes para el desarrollo de la pasantía.

Mantenimiento correctivo.

Es el mantenimiento que se basa en reparaciones o reemplazos, corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones; es la forma más básica de mantenimiento y generalmente se

realiza en condiciones de emergencia, aunque en algunas oportunidades es posible preverlas y programarlas.

Mantenimiento preventivo.

Es el mantenimiento cuyas técnicas se basan en reparaciones o reemplazos de partes en función de su vida útil, de las especificaciones del fabricante o de un programa establecido.

Mantenimiento predictivo.

Es el mantenimiento cuyas técnicas se basan en diagnosticar la condición del equipo, para detectar con tiempo potenciales fallas y tomar acciones preventivas o correctivas a tiempo, antes de que falle el equipo.

Subestaciones Capsuladas.

Este tipo de subestaciones se encuentran ubicadas en recintos cerrados, en donde se encuentran alojadas varias celdas, una de ellas destinada para el transformador de distribución, una celda para los equipos de maniobra, otra para el equipos de protección y por último una celda para los equipos de medida conformada por transformadores de corriente y potencial.

En la figura 1 se puede evidenciar la configuración para este tipo de subestaciones las cuales están conformadas por una etapas: maniobra, medida, protección y transformación, este proyecto se enfocó en establecer un plan de trabajo seguro en este tipo de configuraciones.

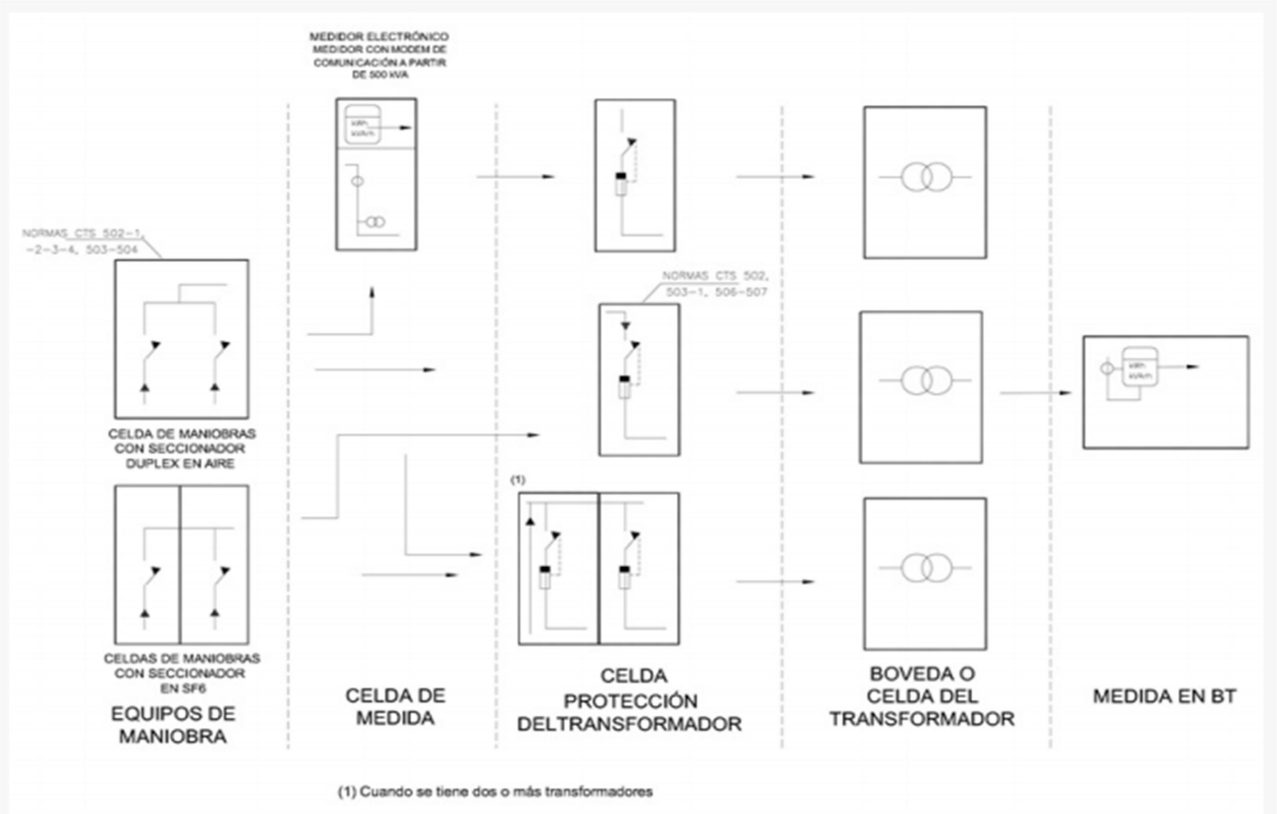


Figura 1. Configuración Centros de Transformación Capsulado Tipo Industrial, Tomado de [8].

4.2 Procedimientos de mantenimiento para las celdas de media tensión y transformadores alojados en centro de transformación capsulado tipo industrial hasta 36 kV.

4.2.1 Procesos de mantenimiento recomendados por normas.

La International Electrical Testing Association (NETA) de Estados Unidos de América, indica que para realizar un mantenimiento adecuado en una subestación eléctrica se recomienda aplicar la metodología descrita en el documento MTS-2011. De una manera general y como referencia, menciona algunas de las pruebas recomendadas para realizar en equipos de subestaciones eléctricas, como:

Para mantenimiento preventivo.

- ✓ Inspección visual.
  - ~ Verificación de presencia de fugas de aceite, SF6 y demás materiales aislantes.
  - ~ Verificación de estado de aseo del área y de los equipos.
  - ~ Verificación del estado de la pintura de los equipos y ausencia de oxidación y deterioro.
  - ~ Verificación de niveles de aceite, en transformadores, interruptores de media tensión, condensadores y equipos en que aplique.
  - ~ Verificar condición operativa de medidores, indicadores y protecciones (presión, temperatura, nivel de aceite, etc.).
  - ~ Verificar funcionamiento adecuado de ventiladores de enfriamiento, sistemas de refrigeración, etc.
  - ~ Verificación de anclaje de equipos.
  - ~ Verificación de señalización y demarcación de distancias de seguridad.
  - ~ Verificación de operación de iluminación de emergencia.
  - ~ Verificación del sistema contra incendio y existencia de extintores portátiles en lugar cercano.
  - ~ Verificación de que los planos eléctricos de la subestación se encuentren expuestos en la entrada de la subestación y puertas de tableros eléctricos.
  - ~ Verificación de existencia de manuales de operación y mantenimiento, catálogos y especificaciones técnicas de los equipos a intervenir.
  - ~ Verificación de existencia de gabinete para almacenamiento de llaves y palancas de operación de equipos.
- ✓ Pruebas eléctricas de campo a transformadores.
  - ~ Resistencia de aislamiento sólido.
  - ~ Prueba con equipo medidor de aislamiento (Megguer o similar)
  - ~ Relación de transformación (TTR)
  - ~ Índices de polarización y absorción
  - ~ Corriente de excitación
  - ~ Resistencia de contactos
  - ~ Factor de potencia (tangente delta)
- ✓ Filtrado y tratamiento de aceite de transformadores sumergidos en aceite.
- ✓ Reposición de aceite faltante en transformadores sumergidos en aceite.
- ✓ Pruebas de aislamiento sólido a cables, barrajes, interruptores, seccionadores, condensadores, transformadores de medida.

- ✓ Verificación de cableado de control y protección para asegurar que en caso de falla, las protecciones actúen adecuadamente.
- ✓ Ajuste de torques adecuadas en tornillería de equipos, barrajes, aisladores y demás soportes mecánicos.
- ✓ Limpieza exterior de equipos y del área de la subestación.

Para mantenimiento predictivo.

- ✓ Pruebas al aceite de transformadores.
  - ~ No de neutralización
  - ~ Acidez
  - ~ Rigidez dieléctrica
  - ~ Contenido de humedad
  - ~ Color
  - ~ Tensión interfacial
  - ~ Gravedad específica
  - ~ Gases disueltos (Cromatografía.)
  - ~ Presencia de PCB´s 1
- ✓ Termografías infrarrojas
- ✓ Cromatografía (efecto corona)
- ✓ Ultrasonido
- ✓ Ruido audible
- ✓ Pruebas de vibración mecánica
- ✓ Medición de campos electromagnéticos

El reglamento técnico para instalaciones eléctricas (RETIE) indica que, a las subestaciones eléctricas se les deben realizar mantenimientos periódicos que aseguren la continuidad del servicio y la seguridad tanto del personal que allí interviene como de los equipos y demás componentes de la instalación.

La periodicidad de los mantenimientos y limpieza dependerá del tipo de subestación y las condiciones ambientales del lugar; para lo cual el operador de cada subestación debe tener un plan de mantenimiento que debe incluir todos los equipos que conformen la subestación y la periodicidad con la que se interviene cada uno de ellos. Para transformadores de media tensión de tipo poste y de tipo pedestal, el plan de mantenimiento puede estar contemplado en el plan de mantenimiento de la red de distribución. En toda subestación debe asegurarse una revisión y mantenimiento periódico, realizado por personal especializado, de los equipos de potencia, control, protección, alarma y comunicación, cuando aplique, además debe realizarse la limpieza adecuada de los elementos y espacios de trabajo que faciliten las labores de operación, revisión y mantenimiento. De las actividades de mantenimiento y de limpieza de las subestaciones, se deben dejar los registros y evidencias respectivas, las cuales podrán ser requeridas por cualquier autoridad de control y vigilancia.

4.2.2 Procesos de mantenimiento recomendados por fabricantes.

Empresas como Legrand, Tesla, ABB, Schneider, Socol fabricantes de celdas de maniobra, protección, medida y transformadores recomiendan los siguientes mantenimientos, ver tablas 1, 2 y 3.

Recomendaciones generales.

- ✓ Verificar periódicamente que se mantengan todas las conexiones apretadas.
- ✓ Verificar que los cables no tengan óxido o las conexiones estén sulfatadas.
- ✓ Limpie toda suciedad que pueda deteriorar la pintura.
- ✓ Antes de hacer la solicitud de servicio, asegúrese del problema real, que está presentando el tablero/celda.

Celdas Aisladas en SF6.	
Equipos	**Mantenimientos**
Celda de Remonte	1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar). 2. Eliminar óxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Revisar funcionamiento correcto del indicador de tensión. 5. Ajuste de aisladores. 6. Ajuste de torque.
Celda Protección con Fusibles	1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar óxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Comprobar el estado físico de los fusibles. 5. Verificar un montaje correcto con el percutor. 6. Comprobar continuidad en el fusible. 7. Seccionador no necesita manteniendo. 8. Inspección y ajuste de aisladores. 9. Ajuste de torque.
Celda de Seccionamiento	1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminación de humedad excesiva. 3. Seccionador no necesita mantenimiento. 4. Inspección y ajuste de aisladores. 5. Eliminar oxido de las láminas de la estructura. 6. Ajuste de torque. 7. Verificación del estado de los pre- moldeados (acometida).
Celda de Medida	Nota: Su mantenimiento se ve limitado dado a que el espacio para el equipo de medida y transformadores de instrumentación son de uso exclusivo del operador de red. 1. Eliminar humedad excesiva. 2. Inspección y ajuste de aisladores. 3. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 4. Eliminar óxido de las láminas de la estructura. 5. Ajuste de torque.

Celdas Aisladas en SF6.	
Equipos	**Mantenimientos**
Celda de Protección con Interruptor	1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar oxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Interruptores en vacío y en SF6 cuentan con una larga vida útil y sus polos no necesitan mantenimiento en absoluto, solo se comprobar el nivel de gas de las cámaras y comprobar su correcto funcionamiento. 5. Inspección y ajuste de aisladores. 6. Ajuste de Torque. 7. Revisar estado de las baterías del RELÉ (en caso de tener)

Tabla 1. Mantenimientos recomendados por fabricantes para celdas Aisladas en SF6.

Celdas Aislada en Aire	
Equipos	**Mantenimientos**
Celda Dúplex (Entrada y Salida)	1. Limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar oxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Comprobar que los contactos ajustan correctamente. 5. Revisar que la transmisión del mando de apertura y cierre se realizar correctamente y en todo caso se lubricará y engrasarán los elementos móviles para garantizar su funcionamiento. 6. Comprobar que el enclavamiento entre el seccionador principal y el de puesta a tierra es correcto. 7. Ajuste de aisladores. 8. Ajuste de torque. 9. Verificación del estado de los premoldeados.
Celda Triplex (Entrada, Salida y Protección)	1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar óxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Comprobar que los contactos ajustan correctamente. 5. Revisar que la transmisión del mando se realizar correctamente y en todo caso se lubricará y engrasarán los elementos móviles para garantizar su funcionamiento. 6. Comprobar que el enclavamiento entre el seccionador principal y el de puesta a tierra es correcto. 7. Para los interruptores de corte en aire se debe revisar que los mandos de maniobra y las transmisiones estén bien alineadas y lubricadas para que ejerzan la fuerza suficiente en la maniobra y comprobar su correcta actuación. 8. Ajuste de aisladores. 9. Ajuste de torque. 10. Verificar el estado de los pre moldeados 11. Verificar el estado de las baterías del relé.

Celdas Aislada en Aire	
Equipos	**Mantenimientos**
Celda de protección fusible	1. Inspeccionar y limpiar las piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar óxido de las láminas de la estructura. 3. Eliminar la humedad excesiva. 4. Inspección y ajuste de aisladores. 5. Comprobar que los contactos ajustan correctamente. 6. Revisar que la transmisión del mando se realizar correctamente y en todo caso se lubricará y engrasarán los elementos móviles para garantizar su funcionamiento. 7. Comprobar que el enclavamiento entre el seccionador principal y el de puesta a tierra es correcto. 8. Comprobar el estado de los fusibles. 9. Verificar su montaje correcto con el percutor. 10. Medir continuidad en cada fusible. 11. Ajustar el torque. 12. Verificación del estado de los premoldeados.
Celda de medida.	Nota: Su mantenimiento se ve limitado dado a que el espacio para el equipo de medida y transformadores de instrumentación son de uso exclusivo del operador de red. 1. Inspección y limpieza de piezas aisladas, se debe retirar el polvo usando un trapo seco (si es posible usar una aspiradora). 2. Eliminar óxido de las láminas de la estructura 3. Eliminar humedad excesiva. 4. Ajuste de aisladores.

Tabla 2. Mantenimientos recomendados por fabricantes para celdas aisladas en aire.

Transformadores	
Equipos	**Mantenimientos**
Transformador tipo Seco.	1. Revisar funcionamiento de los sensores de temperatura PT100 / PTC. 2. Revisar funcionalidad del dispositivo de control de temperatura. 3. Limpiar el polvo, suciedad y posibles cuerpos extraños sobre los arrollamientos. 4. Después de un periodo de inactividad, eliminar la condensación y excesiva humedad. 5. Apretar los pernos de los terminales de MT y BT y de todas las conexiones eléctricas. 6. Medir la resistencia de aislamiento a tierra de los arrollamientos. 7. Comprobar el centrado de los arrollamientos de MT con respecto a los arrollamientos de BT. 8. Apretar los espaciadores superiores de las bobinas. 9. Apretar las partes mecánicas y de fijación al suelo (Ajuste de torque).
Transformador en Aceite.	1. Limpiar todos sus elementos, cuba, porcelanas, radiadores. 2. Observación de pérdidas de fluido a través de las juntas, bornes, válvulas. 3. Reapriete de los elementos. 4. Medida de aislamiento entre sus arrollamientos. 5. Comprobación de anclaje y conexión a la red de tierra de herrajes de los raíles. 6. Pruebas de actuación de sus protecciones propias instaladas. 7. Toma de muestra y análisis de rigidez dieléctrica del fluido dieléctrico. 8. Verificación del estado de la pintura.

Tabla 3. Mantenimientos recomendados por fabricantes para Transformadores.

4.3 Mantenimientos y malas prácticas realizadas por la empresa.

Se recopiló toda la información (actas de entrega, informes y entrevistas a los colaboradores de la empresa) correspondiente a mantenimientos a subestaciones y se realizó un cuadro en donde se resumen las actividades, se describe la actividad, se indican los ejecutores, tiempo de ejecución, eventualidades, herramientas usadas, equipo de protección personal y por último se indican los malos procedimientos o prácticas detectadas, en la figura 2 se resume esta información, para verla con más claridad ver Anexo A.

Matriz de riesgo.

Se evaluaron las actividades realizadas por el personal de mantenimiento, generando una matriz de identificación de riesgo, ver Anexo B, en ella se evalúan las actividades realizadas de mantenimientos de las subestaciones en servicio y fuera de servicio, en visitas previas y en otras actividades. La matriz separa los factores de riesgo como físicos, químicos, trabajos en espacios confinados, eléctricos, mecánicos, locativos, ergonómicos, naturales, psicolaboral entre otros y dependiendo del factor de riegos se considera el peligro, causa, consecuencia y control actual. Entre los peligros se encuentra el ruido, polvos, inhalación de pintura, incendio, electrocución y explosión. Entre las causas está el ruido generado por actividades laborales o por máquinas eléctricas que generan ruidos intolerables. Exposición a disolventes de limpieza, carga estática por postura prolongada en una sola posición. Posturas inadecuadas en tareas específicas, ruptura de rigidez dieléctrica del aire, contacto directo e indirecto entre otras causas. Las consecuencias son la materialización de estos peligros los cuales se pueden cuantificar con la evaluación cualitativa de los riesgos, facilitando la clasificación de las amenazas para la salud de los empleados, por lo tanto se deben mitigar con controles operacionales tales como ejecución de estudio de ruido y seguimiento a las recomendaciones, registros de entrega e inspecciones de equipo de protección personal, ver Anexo C, capacitaciones Riesgo químico entre otros controles operacionales encontrados en el Anexo B.

4.4 Procedimientos necesarios para mantenimientos en subestaciones capsuladas.

Con base en la información recopilada hasta el momento se procede a plantear procedimientos para la buena planificación y ejecución de mantenimientos a subestaciones.

Cada mantenimiento debe contener lo siguiente:

- ✓ Solicitud de trabajo.
- ✓ Visita previa a la subestación.
- ✓ Estudio de termografía.
- ✓ Planificación de las actividades de mantenimiento a realizar.
- ✓ Estimado de tiempo.
- ✓ Autorización del trabajo.
- ✓ Programación de la actividad.
- ✓ Ejecución del trabajo de mantenimiento.
- ✓ Revisión de lo realizado.
- ✓ Elaboración de informes
- ✓ El mantenimiento debe recibir soporte técnico ordenado: diagramas, planos y especificaciones.

MANTENIMIENTOS REALIZADOS								
Actividad	**Descripción**	**Ejecutores**	**Tiempo Ejecución (DÍA)**	**Eventualidades**	**Equipos Usados**	**Herramientas Usadas**	**EPP**	**MALOS PROCEDIMIENTOS**
Levantamiento eléctrico subestación eléctrica agencia logística de las fuerzas militares.S	Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de la S/E principal.	Ing.: Eléctrico Freddy García. Tecnólogo Eléctrico: Luis Nieto. Técnico Eléctrico. Sebastián Cabrera. Técnico Eléctrico. Cristian Hernández.	5 días	Documentos necesarios para ingreso a obra(falto llevar cedula de un técnico, y parafiscales para ingreso al sitio de trabajo).	*Cámara Termografía. *Analizador Calidad De Energía. *Multímetro. *Torqui Metro. *Aspiradora. *Sopladora.	*Escalera Plegable En Aluminio. *Torqui Metro 3/8 19-110 Nm. *Alicate Universal. *Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Linternas Recargables. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Flexometro De 5m/16ft Anti Golpes. *Tapete Dieléctrico Ac 17000 V. *Taladro Lamina 3/8 Con Caja, Mango Y Llave.	*Traje Dieléctrico. *Casco Dieléctrico. *Guantes (Carnaza, Algodón, Dieléctricos). *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Traje Ignifugo. *Protección Respiratoria Y Careta En Caso De Utilizar Equipo Ignifugo.	1 Retirase el casco sin haber salido del área de riesgo. 2.No uso de monogafa por que no le gusta. 3.Uso de botas Punta de acero pero no dieléctricas. 4. No tener presenta las recomendaciones dadas por HSEQ.
Mantenimiento transformador de 225 kVA de América de colchones.	Realizar mantenimiento preventivo, correctivo y pruebas	Ing. Eléctrico David Gómez. Tecnólogo Eléctrico. Luis Nieto. Técnico Eléctrico. Sebastián Cabrera. Técnico Eléctrico. Cristian Hernández.	2 días	No se tuvo ningún inconveniente.	*Medidor De Aislamiento Mi3200. *Multímetro. *Torquimetro. *Linternas Recargables. *Extensión Eléctrica Negra De 15 Mts. *Ttr (Equipo De Prueba De Relaciones De Espiras En Transformadores). *Probador De Rigidez Dieléctrica.	*Escalera Plegable En Aluminio. *Torquimetro 3/8 19-110 Nm. *Alicate Universal. *Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Linternas Recargables. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Flexometro 10 " X 3 Mts.	*Traje Dieléctrico. *Casco Dieléctrico. *Guantes (Carnaza, Algodón, Dieléctricos). *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Traje Ignifugo. *Protección Respiratoria Y Careta En Caso De Utilizar Equipo Ignifugo. *Protección Respiratoria.	1.Retirase el casco sin haber salido del área de riesgo. 2.Uso de auriculares. 3. Uso de celular en áreas no permitidas. 4.falto algunos pasos para realizar la maniobra de mantenimiento del trafo. 5.Mala señalización del área de trabajo.
	Inspección visual de celdas, funcionalidad, revisión de la barra de conexión y correcto torque.	Ing. Eléctrico Freddy García. Tecnólogo Eléctrico. Luis Nieto.	1 días	No se tuvo ningún inconveniente.	*Multímetro.	*Escalera Plegable En Aluminio. *Torquimetro 3/8 19-110 Nm. *Alicate Universal. *Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Flexometro 10 " X 3 Mts.	*Casco Dieléctrico. *Guantes (Carnaza, Algodón, Dieléctricos). *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Protección Respiratoria.	1.Ya que el trabajo se realizo en la ciudad de Medellín se debieron alquilar algunos equipos que no contaban con su certificado de calibración al día.
Interruptores 50VCP-WR250	Inspección de interruptores 50VCP-WR250 de MT.	Ing. Eléctrico Freddy García. Tecnólogo Eléctrico. Luis Nieto. Técnico Eléctrico. Sebastián Cabrera.	1 días	El horario para realizar la maniobra se retrasó 2 horas.	*Multímetro.	*Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Linternas Recargables. *Flexometro De 5m/16ft Antigolpes.G86. *Taladro Lamina 3/8 Con Caja, Mango Y Llave.	*Casco Dieléctrico. *Guantes. *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Protección Respiratoria.	1.No uso de protección respiratoria adecuado para manipulación de lubricantes. 2. No tener presenta las recomendaciones dadas por HSEQ.
Interruptores del molino	Realizar inspección visual, revisión, funcionalidad de las celdas de MT de EATON.	Ing. Eléctrico Freddy García. Tecnólogo Eléctrico. Luis Nieto. Técnico Eléctrico. Sebastián Cabrera. Técnico Eléctrico. Cristian Hernández.	1 días	No se tuvo ningún inconveniente.	*Multímetro. *Pinza Amperimetrica.	*Escalera Plegable En Aluminio. *Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Linternas Recargables. *Flexometro De 5m/16ft Antigolpes. *Taladro Lamina 3/8 Con Caja, Mango Y Llave. *Higrómetro Termómetro	*Casco Dieléctrico. *Guantes. *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Protección Respiratoria.	1.No uso de protección respiratoria por causa de la alta temperatura por los equipos del área de trabajo. 2.Retirase el casco por causa de la alta temperatura por los equipos del área de trabajo. 3.No uso de monogafa por que se opacaba por la temperatura.
Celdas Móvil Truck	Reacondicionamiento de celdas	Ing. Eléctrico Freddy García. Tecnólogo Eléctrico. Luis Nieto. Técnico Eléctrico. Sebastián Cabrera.	1 días	No se tuvo ningún inconveniente.	*Multímetro. *Pinza Amperimetrica.	*Escalera Plegable En Aluminio. *Desatornilladores Pala Larga Ancha. *Juego Copas Y Rache 40 Piezas Caja Negra. *Extensión Eléctrica Naranja De 10 Mts. *Flexometro De 5m/16ft Antigolpes. *Taladro Lamina 3/8 Con Caja, Mango Y Llave. *Pulidora Gws 6-115 Con Mango Y Protector. *Aspiradora. *Sopladora.	*Casco Dieléctrico. *Guantes. *Protección Auditiva. *Botas Dieléctricas. *Gafas. *Protección Respiratoria.	1.Retirarse las gafas de protección al taladrar por que se le opacaban. 2.No utilizar guantes adecuados para la manipulación de las herramientas mecánicas. 3.No utilizar protección auditiva adecuada para la manipulación de herramientas mecánicas.

Figura 2. Documentación de valoración de los servicios prestados

Actividades iníciales.

Para cada proceso de mantenimiento considerando se recomienda seguir el diagrama de flujo de la figura 3 diagrama de flujo.

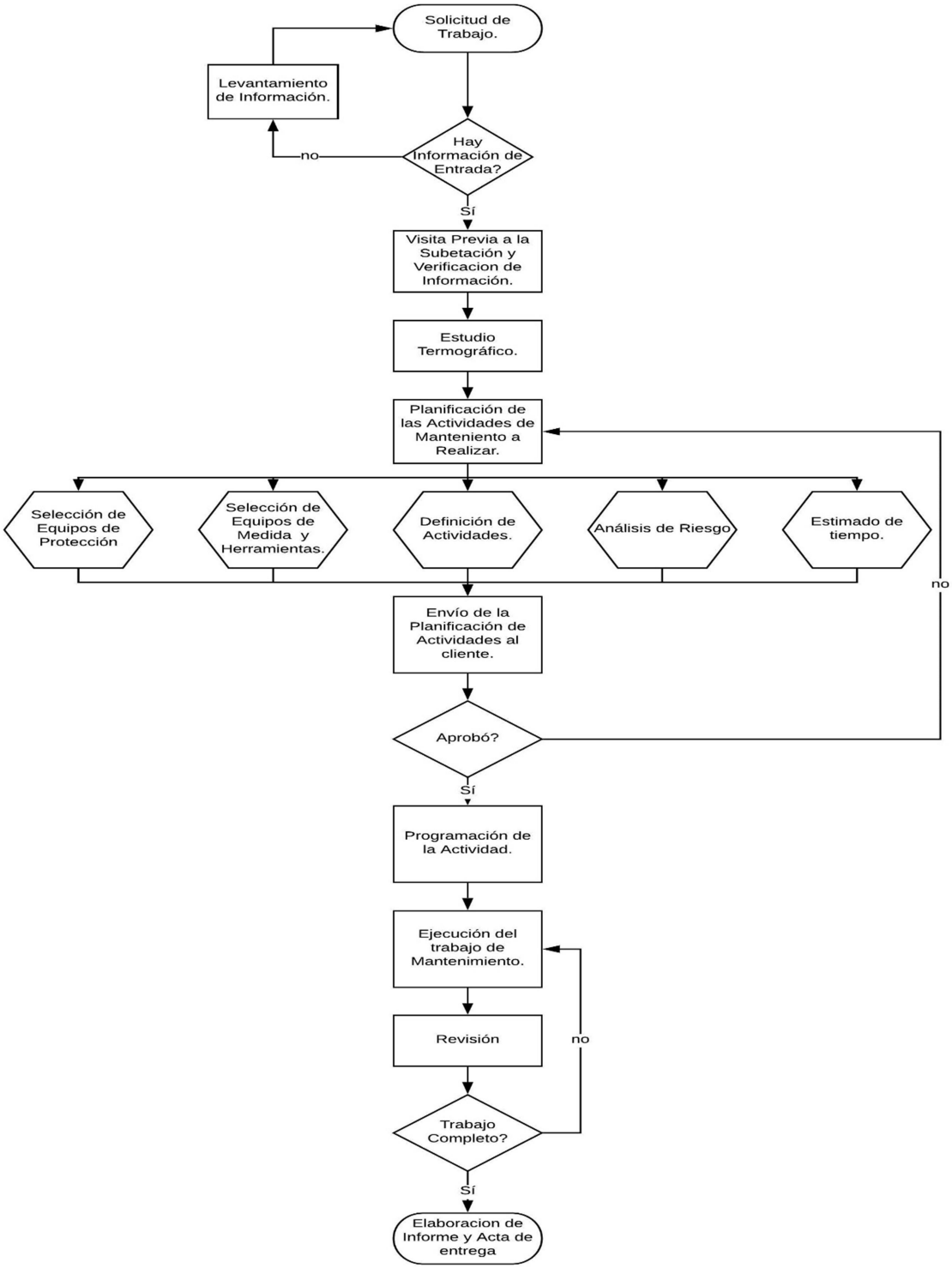


Figura 3. Diagrama de flujo para los procesos de mantenimiento.

- **Solicitud de trabajo.**

Para asegurar el suministro de energía eléctrica dentro de una industria, comercio, hospitales, bancos, etc., es fundamental efectuar en forma oportuna el mantenimiento de los elementos principales de la subestación, de acuerdo con esto y con el cronograma de mantenimiento y vida útil de los equipos el personal encargado de la subestación de dicha edificación contactará el servicio de la empresa 3GVS – INGENIERIA con el requerimiento oportuno de mantenimiento preventivo para su subestación tipo capsulada hasta 36 kV.

El cliente debe suministrar toda la información correspondiente a la subestación tales como: planos, históricos de mantenimientos, de fallas, diagramas unifilares, especificaciones técnicas y todo el soporte técnico relacionado con dicha subestación, en caso de que el cliente no cuente con esta información, se puede ofrecer en un servicios adicional para el respectivo levantamiento de información en donde se lograría obtener los planos, diagramas unifilares, especificaciones técnicas de los equipos principales de la subestación y demás información con el fin de proceder a la actividad de mantenimiento.

- **Visita previa a la subestación.**

Se debe realizar una visita previa a la subestación por parte del personal de 3GVS-INGENIERIA con el fin de realizar una inspección visual y verificación de la información suministrada por el cliente de la subestación que sirva de soporte para la posterior planificación de actividades, en esta visita se deberá también solicitar las políticas de la empresa contratante y los requisitos para ingreso con el fin reducir imprevistos para el inicio de los trabajos por parte del personal de 3GVS – INGENIERÍA a la subestación.

- **Estudio de termografía.**

Posterior a la visita se debe realizar un estudio termográfico de la subestación para identificar características térmicas inusuales bajo condiciones normales de carga. Para determinar previamente los puntos de mayor debilidad y estimar prioridades a la hora de proceder con el mantenimiento.

- **Planificación de las actividades de mantenimiento a realizar.**

En esta etapa se deben considerar el paso a paso de cada proceso de mantenimiento a realizar, se deben considerar los equipos de protección personal, herramienta, equipos de medida y tramitar la solicitud de libranza ante el operador de red correspondiente.

- **Selección de equipos de protección personal.**

En cada proceso de mantenimiento se debe usar ropa adecuada y segura (ver figura 4), de acuerdo con esto se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- Usar zapatos con suelas del grueso apropiado para protección contra objetos con punta, como son los clavos. Si los zapatos están expuestos a ambientes con aceite, se debe asegurar que estos sean resistentes al aceite.
- En lugares húmedos, se recomienda el uso de botas de huele.
- Cuando se desarrollan trabajos por encima de la cabeza, usar casco para la protección de la cabeza de los trabajadores electricistas.
- No usar reloj metálico o joyas como cadenas, anillos, pulseras, ya que el oro y la plata son excelentes conductores de la electricidad.

- No usar corbata, cabello largo, zapatos de calle.
- La ropa de trabajo debe ser confortable y cuando sea necesario se deben usar guantes.



Figura 4. Equipos de Protección Personal, Tomado de [23].

Equipos de protección personal en subestaciones fuera de servicio

Los trabajadores deben estar protegidos usando ropa y equipo de protección para los ojos y cara, siempre que estén en peligro de sufrir lesiones por arcos eléctricos, flameos, objetos o partículas que vuelan o caen, o explosiones eléctricas.

Los cascos deben estar aprobados para los trabajadores en electricidad, no se aceptan cascos metálicos y se requiere su uso en los siguientes casos:

- Cuando se desarrollan trabajos por encima de la cabeza.
- Cuando se desarrolla trabajo en partes elevadas.
- Cuando se desarrolla trabajo en partes confinadas o debajo del nivel del suelo.
- Para trabajos en subestaciones eléctricas o gabinetes de interruptores.
- Para trabajos cercanos a equipo energizado.

Los cascos usados deben ser reglamentarios para trabajos eléctricos y son de dos clases: Clase A para 2 200 [V] a tierra y Clase B para 20 000 [V] a tierra.

Se deben utilizar zapatos dieléctricos cuando se requiere usar zapatos aislados para evitar problemas de tensiones de paso y de contacto, para esto es necesario usar zapatos y protectores de piernas

Se deben usar guantes de hule, estos se deben probar cada vez que se usen y deben estar cubiertos por guantes de piel o cuero para que sean protegidos de daños mecánicos, de aceite o grasa, En algunos casos, es necesario el uso de mangas de hule para protección contra riesgos eléctricos cuando se trabaja en la proximidad de circuitos energizados o en la cercanía de equipos eléctricos.

Para la protección de los ojos se deben considerar los dos tipos principales de lentes y *goggles* (gafas de protección) que se encuentran disponibles en una variedad de estilos para proteger contra un amplio rango de riesgos. El tipo espectáculo son lentes de seguridad para protección contra riesgos de frente y solo se usan algunos modelos con protector lateral para casos de exposición a objetos que nublan, las *goggles* están diseñados para proporcionar protección en todas direcciones

Se debe considerar para la protección auditiva tapones auditivos, cuando se lleva a cabo un mantenimiento preventivo a una subestación eléctrica esta debe quedar fuera de servicio y por lo

tanto las empresas hacen uso de plantas de emergencia, las cuales son de grandes dimensiones debido a que asumen toda la carga que tenía la subestación. Estas plantas de emergencia están constituidas por un motor de combustión interna lo que genera un ruido excesivo creado por el proceso de combustión de la máquina y su sistema de enfriamiento el cual es un ventilador de grandes dimensiones ya que debe enfriar la máquina en su totalidad. En caso de que el ruido sea demasiado molesto se deberá tomar medidas de choque dado que la exposición al ruido excesivo puede causar:

- ~ Fatiga.
- ~ Presión sanguínea elevada.
- ~ Tensión y nerviosismo.
- ~ Pérdida de la capacidad auditiva.

Mantenimiento en Subestaciones en Servicios (Energizadas)

En las instalaciones de carácter crítico donde no se pueda desenergizar las cargas como (hospitales, datacenter, etc), para realizar el mantenimientos en subestaciones energizadas se debe hacer una inspección previa de evaluación que ayude a determinar si es posible ejecutar un trabajo en tensión, es necesario cumplir con una inspección previa donde el ingeniero de mantenimiento evalúe la viabilidad técnica y el riesgo asociado para el personal técnico y para el sistema.

Equipos y herramientas: Se debe tener en cuenta los aspectos del trabajo, la tensión de empleo, los equipos y herramientas se mantendrán e inspeccionarán siguiendo las instrucciones del fabricante, normas nacionales e internacionales que aplique y que garanticen las seguridad del trabajador, correcta operación y calidad.

Planeación: Toda actividad de operación y mantenimiento debe ser documentada teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ~ Identificar y analizar los planos eléctricos actualizados del sistema a intervenir (diagrama unifilar).
- ~ Determinar método de trabajo.
- ~ Las actividades debe de planearse, donde el equipo de trabajo se reúna y analice los posibles riesgos y medidas de seguridad a adoptar, teniendo además en cuenta la comunicación eficiente como parte integral de la comunicación.
- ~ Debe existir claridad en la comunicación. Antes de iniciar un trabajo se debe hacer un análisis de las condiciones (estructuras, circuitos).

Equipos de Protección

La ropa de labor para el personal expuesto a riesgo eléctrico será confeccionada en material 100% algodón, sin accesorios metálicos. Usar equipos de protección personal certificados para el nivel de tensión y energía incidente involucrados, los cuales no deben tener nivel de protección menor al

CATEGORIA DE RIESGO	NIVEL MÍNIMO DE PROTECCIÓN Cal/cm2
0	Prenda normal de algodón
1	4
2	8
3	25
4	40

establecido en la Tabla 13.6 del RETIE 2013, ver tabla 4.

Tabla 4. Nivel mínimo de protección térmica según categoría de riesgo, tomado del RETIE.

Se debe realizar una inspección de los equipos de protección, ver figura 5, que se requieren de acuerdo con los factores de riesgo al cual va a estar expuesto. Antes de su empleo se verificará visualmente que el equipo no presente roturas desgarro, grietas, restos de químicos que afecten las características del elemento o su utilización y si se encuentra algún tipo de avería debe separase y reportarse la condición.

Las normas *OSHA (Occupational Safety and Health Administration)* y *NFPA* (*National Fire Protection Association)* han sido establecidas buscando proteger a los trabajadores de las descargas eléctricas y de los peligros de arco eléctrico, incluso culturizando al trabajador sobre la protección requerida frente a estos.



Figura 5. Equipos de protección Personal en subestaciones en Servicios, Tomado de [14].

GUANTES DIELCTRICO	ASTM D 120
GAFAS DE SEGURIDAD	ISO 4850
KIT DE LINEA DE VIDA	ANSI Z-359.1-2007
CASCO DIELECTRICO	ANZI Z89.1
CAPUCHONES DE PROTECCION	ASTM F 1506/ASTM F2178
MANGAS	ASTM D1051-IEC/EN 60984
ARNES DIELECTRICO	ANSI/ASSE Z359.1-2007
CALZADO	ASTM F 1117
COBERTOR DE LINEA	ASTM D1049
EQUIPOS HIDRAULICOS	ASTM 92.2-R.A. 1.1-27
PERTIGAS	ASTM F 711
TAPETE DIELECTRICO	ASTM D178
CASCO DIELECTRICO	UNIT 687
MANTAS AISLADAS	ASTM D1048
CINTAS DE SEÑALIZACION	RA 1.4-18-RA 1.1-10

Tabla 5. Normatividad para equipos de protección, Tomado de [7].

Protección Contra Arco Eléctrico

La energía calorífica desprendida, proporcional a la tensión, la intensidad y tiempo de la fuga, alcanza valores considerables del orden de los 19000°C, fundiendo metal y carbonizando los aislantes, produciendo efecto de onda expansiva, efecto luminoso con emisión de rayos ultravioletas infrarrojos y efecto de ionización que puede activar el fenómeno de arco sobre partes cercanas.

Los equipos adecuados para proteger del arco eléctrico se determina en función de su:

- Valor de corriente de fuga
- Tensión nominal fase /tierra
- Distancia de la fuente con receptor del arco
- Ciclos de corriente alterna y tipo de circuito

Con estos parámetros se puede definir el nivel de riesgo y seleccionar el nivel de protección de ropas y de los EPP's que la integran, que van desde 8 a 100 cal/cm^2 y que deben estar conforme con las normas según la tabla 5.

Guantes Dieléctricos (figura 6): Los guantes aislantes de caucho de protección personal para los linieros y electricistas en general. Existen diversos tipos según el aislamiento que se requiera y se clasifican según la tensión máxima de aplicación tal como lo indica la tabla 6, antes de utilizarlos deben ser revisados cuidadosamente para detectar defectos físicos, cerciorándose respecto al grado de aislamiento que tienen los guantes que se van a utilizar. No se deben manejar sin la protección exterior de un guante de cuero o de lona para prevenir punzones y/o cortes durante el uso.

Los guantes de caucho aislados deben ser probados con los equipos de verificación de aislamiento para asegurar su confiabilidad, Se deben mantener en lugares secos. Se recomienda utilizar en su interior talco neutro o refrigerante sin fricción para facilitar el uso, además Se debe utilizar el método de la prueba de "aire" y revisar completamente la superficie del guante para asegurar que no presente defectos mecánicos como rasguños, agrietamientos y protuberancias

Guantes Dieléctricos (aislantes)			
Clase	**Tensión máxima de utilización [V]**	**Tensión de prueba [V]**	**Tensión de resistencia [V]**
00	500	2500	5000
0	1000	5000	10000
1	7500	10000	20000
2	17000	20000	30000
3	26500	30000	40000
4	36000	40000	50000

Tabla 6. Especificaciones técnicas para Guantes Dieléctricos, Tomado de [14].



Figura 6. Guantes Dieléctricos [Aislante], Tomado de [14]

Banquetas Aislantes (Figura 7): Hechos de polipropileno copolimero de alto impacto, se debe revisar estado fisico antes de proceder con la actividad y considerar las recomendaciones del fabricante, para su selección se debe tener en cuenta la altura y la tensión de trabajo, de acuerdo a lo presentado en la tabla 7.

RANGO/DIMENSIONES DEL PRODUCTO	
Altura [mm]	**Tensión de trabajo**
305	36kV
305	45kV
305	66kV

Tabla 7. Especificaciones de altura y tensión de trabajo, Tomado de [14].



Figura 7. Banqueta Aislante, Tomado de [14]

Alfombras o Tapetes Dieléctricos (Figura 8): Alfombra de caucho aislante dieléctrico, impide el contacto directo de los trabajadores con la tierra se recomienda ser reemplazado cada 12 meses y tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, de acuerdo con lo que se muestra en la tabla 8:

Dimensión: 1x1 Mt o rollo hasta 10 Mts.			
Clase	**Tensión de trabajo [kV]**	**Tensión de prueba [kV]**	**Tensión soportada [kV]**
2	17000	20000	30000
3	26500	30000	40000
4	36000	40000	50000

Tabla 8. Especificaciones técnicas para tapetes dieléctricos, Tomado de [14].



Figura 8. Alfombras o Tapetes Dieléctricos [Aislante], Tomado de [14]

Trajes ignífugos (Figura 9): Fabricados en algodón, se desarrollan para entornos donde se pueden presentar riesgos de quemaduras corporales graves o mortales, afectando a las personas que realizan

esas actividades, para su almacenamiento y limpieza se deben seguir las recomendaciones del fabricante.



Figura 9. Traje de protección ignífugos, Tomado de [14].

Caretas o pantalla Facial Para Arco Eléctrico (Figura 10): Fabricados en policarbonato, se debe usar para la protección facial ante un arco eléctrico, para su limpieza y almacenamiento se debe seguir las recomendaciones del fabricante.



Figura 10. Careta o Pantalla Facial Para Arco Eléctrico, Tomado de [14].

Se realizó una lista de chequeo para la inspección de herramientas, Anexo C y una matriz de equipos de protección personal, Anexo D, para la selección de los equipos de protección, la lista de chequeo permite evaluar el estado físico de la herramienta, cada trabajador debe verificar el estado bueno o malo de las herramientas a usar, con esto se lleva un control y se evita retraso o eventualidades en la actividad. La matriz de EPP incluye lo elementos de protección más comunes como casco, gafas, tapaoídos, traje ignifugo entre otros y define la parte del cuerpo que protege (cabeza, ojos, manos, nariz) define también los peligros a los que protege (golpes, polvo, caída, incendio, descargas eléctricas), las normas que deben cumplir los EPP y el mantenimiento que se debe hacer cada vez que se termina un servicio de mantenimiento.

- **Selección de Equipos de medida y herramientas.**

Las herramientas y equipos se deben usar conforme a las recomendaciones del fabricante a fin de garantizar la detección oportuna de defectos, se debe verificar antes y después de cada uso, se le debe dar una correcta utilización, mantenimiento y almacenamiento.

El mantenimiento es esencial para que las herramientas y equipos se encuentren siempre en condiciones de servicio, para ello es necesario realizar inspecciones periódicas donde se puedan identificar defectos o factores de riesgo que permitan una intervención oportuna sustituyéndolas, limpiándolas o lo que sea lo más pertinente.

Recomendaciones para herramientas y equipos:

- Conocer especificaciones de los instrumentos de medida (incertidumbre, precisión, tensiones máximas, impedancia interna, resolución en otros)
- Conocer las cargas máximas mecánicas que soportan cada una de las herramientas que se utilicen de acuerdo con las fichas técnicas y nunca sobrepasar esta carga.
- Realizar una inspección visual de la herramienta antes de cada mantenimiento.
- Diligenciar la hoja de vida para las herramientas que lo requieran, la cual debe de llevar entre otra información :
- Características o especificaciones técnicas (clase, nivel de tensión).
- Periodicidad de pruebas, valores de último ensayo y concepto de aceptación.
- Responsable de uso.
- Historial.

El orden y la organización en los mantenimientos son importantes, las herramientas para trabajo electromecánico pueden organizarse de distintas formas, las cajas de herramienta, ver figura 11 y los cinturones portaherramientas, ver figura 12, son muy útiles a la hora de ser organizados y sobre todo cuando se va a trabajar solo en el local de la subestación.



Figura 11. Cinturón porta herramientas, Tomado de [24]



Figura 12. Caja de Herramientas, Tomado de [24].

Se recomienda que las herramientas a utilizar sean las necesarias para evitar un exceso de herramientas que provoque pérdida de tiempo al momento de su búsqueda.

Dentro del conjunto de herramientas de uso más común en trabajos electromecánicos están:

- ~ Atornilladores, ver figura 13
- ~ Torquimetro, ver figura 14
- ~ Llaves regulables, ver figura 15
- ~ Llave dinamométrica, ver figura 16
- ~ Flexómetro, ver figura 17
- ~ Juego de ratchet, ver figura 18



Figura 13. Atornilladores, Tomado de [24]



Figura 14. Torquimetro.
Fuente propia.



Figura 15. Llaves Regulables, Tomado de [24]



Figura 16. Llave Dinamométrica, Tomado de [24]



Figura 17. Flexómetro, Tomado de [24].



Figura 18. Juego de ratchet, Tomado de [24]

Equipos de Medida.

Dentro del conjunto de Equipos de medida más usadas están:

- ~ Multímetro.
- ~ Megger (Medidor de Aislamiento).
- ~ Probador de Rigidez Dieléctrica.
- ~ TTR (Equipo de pruebas de relación de espiras de transformadores).

Multímetro: instrumento de medida portátil de variables eléctricas tales como, tensión, corriente, frecuencia, resistencias en OHMIOS, temperatura y entre otras variables, ver figura 19.

Las medida pueden ser en AC o DC y en varios márgenes, se encuentran tanto analógicos (actualmente no se usan) y digitales, la medición de corriente se debe hacer en serie, tensión resistencia se hace en paralelo.



Figura 19. Multímetro

Megger (Medidor de Aislamiento): Instrumento de medida portátil de altos valores de resistencia o aislamiento en el orden de los MEGAOHMIOS (MΩ), GIGAOHMIOS (GΩ) y hasta en TERAOHMIOS (TΩ).

Las pruebas se pueden hacer hasta 5kV DC dependiendo del objeto de prueba, es muy útil en el mantenimiento preventivo y en localización de fallas eléctricas, ver figura 20.



Figura 20. Medidor de aislamiento, Tomado de [27].

Probador de Rigidez Dieléctrica: Equipo de medida para determinar la rigidez dieléctrica de todo tipo de aceite aislante utilizado en transformadores, cables industriales, interruptores entre otros equipos ya sea usados o nuevos, ver figura 21.

Estos equipos son controlados por microprocesador, que permite hacer una prueba autónoma y arrojando un valor de rigidez(kV/mm) al exponer el aceite a una tensión alta, las pruebas se puede hacer con tensiones de hasta 60kV, 60 Hz y tiempos de desconexión al producirse un arco de 20 ms.



Figura 21. Probador de Rigidez Dieléctrico, Tomado de [26]

TTR (Equipo de pruebas de relación de espiras de transformadores): instrumento de medida diseñado para medir la relación entre el número de espiras del secundario y del primario en transformadores de potencia, instrumentación y distribución en subestaciones o fábricas. Permite probar transformadores de potencia complejos en subestaciones trifásicas de forma rápida y reduciendo al mínimo la posibilidad de error, ver figura 22.

Permiten medir desviaciones de fase (en minutos o centiradianes) entre el primario y el secundario de un transformador. Esto permite detectar rápidamente problemas en un transformador, como espiras en cortocircuito y averías en el núcleo. Esta medida también es útil para verificar errores de fase en todo tipo de transformadores de potencia y corriente.

Su funcionamiento radica en aplicar tensión a la bobina de alta tensión de un transformador y medir con precisión la tensión que sale de la bobina de baja tensión, relación de espiras, corriente de excitación, la desviación de ángulos de fase entre las bobinas de alta y baja tensión y el error porcentual de la relación.



Figura 22. TTR (Equipo de pruebas de relación de espiras de transformadores), Tomado de [25].

Aspectos de Higiene y Seguridad

La mayoría de los accidentes eléctricos fatales les suceden a personas que deberían tener una mayor conciencia de cómo trabajar con seguridad, orden y limpieza son dos factores que marcan la influencia en los accidentes, un lugar está en orden cuando las cosas están en un sitio específico, no hay cosas innecesarias y cuando se necesite algo será fácil de ubicar.

Un buen estado de orden y limpieza elimina numerosos riesgos de accidente, simplifica el trabajo y aumenta el espacio disponible, mejora la productividad y el aspecto del lugar de trabajo, crea y mantiene hábitos de trabajo correctos. Se debe tener ordenado todos los elementos del puesto de trabajo y realizar una limpieza a fondo. Deben descubrirse las causas que originan el desorden y suciedad y adoptar las medidas necesarias para su eliminación, una inspección periódica del estado de orden y limpieza.

- **Definición de Actividades.**

A continuación, se presentan las actividades más comunes que se deben realizar para los diferentes equipos principales de la subestación y que están dentro del alcance de la empresa.

Transformadores en Aceite.

Para el mantenimiento de transformadores en aceite se recomienda seguir el siguiente proceso.

- Registro de la placa de datos del transformador
- Revisión del indicador de nivel de aceite y temperatura
- Limpieza exterior del tanque, gargantas, radiadores y boquillas
- Pruebas de resistencia de aislamiento.
- Prueba de relación de transformación
- Prueba de resistencia óhmica a devanados.
- Toma de la muestra de aceite
- Prueba de rigidez dieléctrica del aceite
- Reapriete de conexiones externas en el lado primario y secundario del transformador

Transformadores tipo Seco

~ Registro de la placa de datos del transformador
~ Revisión del funcionamiento de los sensores de temperatura
~ Revisión del funcionamiento del dispositivo de control de temperatura
~ Limpieza de suciedad y eliminación de cuerpos extraños en los arrollamientos
~ Eliminación de condensación y humedad
~ Apriete de los terminales de MT y BT y conexiones eléctricas.
~ Medida de resistencia de aislamiento
~ Prueba de relación de transformación
~ Comprobación del centrado de las bobinas de MT con respecto a las de BT.
~ Apriete de los espaciadores superiores de las bobinas.
~ Apriete de la fijación al suelo

Celdas Aisladas en Aire.

~ Limpieza exterior y eliminación de óxidos
~ Limpieza de cuchillas
~ Limpieza de fusibles
~ Limpieza de descargadores
~ Limpieza de aisladores
~ Lubricación de cuchillas
~ Verificar montaje de equipos en las celdas
~ Medir continuidad y medida de resistencia de los fusibles.
~ Revisión de mandos de apertura y cierre
~ Revisión de enclavamientos
~ Verificar estado de baterías de relés de protección
~ Ajuste de aisladores
~ Ajuste de Premoldeados
~ Ajuste de torques

Celda Aislada en SF6

~ Limpieza exterior y eliminación de óxidos
~ Limpieza de fusibles
~ Limpieza de descargadores
~ Limpieza de aisladores
~ Verificar montaje de equipos en las celdas
~ Medir continuidad y medida de resistencia de los fusibles.
~ Revisión de mandos de apertura y cierre
~ Revisión de enclavamientos
~ Verificar estado de baterías de relés de protección
~ Ajuste de aisladores
~ Ajuste de premoldeados
~ Ajuste de torques

Actividades finales

~ Limpieza general
~ Retiro del equipo y herramienta de la subestación
~ Reenergizacion de la subestación

- ~ Inspección del funcionamiento de la subestación
- ~ Elaboración de informe

- **Análisis de Riesgo.**

Se debe realizar de acuerdo con las actividades ya previstas, un análisis de riesgo siguiendo los parámetros del Anexo B en donde se identifiquen los factores de riesgos, peligros, causas y control, con esto se debe planificar un plan de acción en caso de una eventualidad y reconocer durante la visita las salidas de emergencia, ubicación de extintores, botiquín y verificar que las actividades realizadas por parte de otra empresa, no afecten al personal de 3GVS-INGENIERIA.

- **Estimado de Tiempo.**

El tiempo se debe estimar de acuerdo con el alcance del trabajo debe ser suficiente para cumplir el objetivo sin implicar presiones que conlleven a acelerar el mantenimiento dando lugar así a una mala práctica.

- **Envío de la Planificación de Actividades al Cliente.**

Luego de haber cumplido con el diagrama de flujo hasta este punto se debe enviar al cliente la planificación la planificación de actividades para que este informado de cómo se va a proceder con el mantenimiento y obtener su aprobación para continuar, en caso de aprobar o presentar alguna duda al respecto se debe actualizar la planeación y acatar las observaciones realizadas por el cliente hasta obtener su aprobación para dar lugar a la programación de la actividad y pronta ejecución.

- **Programación de la actividad.**

Hasta este punto se debe tener claridad de la actividad a realizar, para la programación de la actividad se debe tener listo el listado de cantidades de herramientas, EPP y personal dispuesto para su ejecución, esta programación debe ir ligada a las condiciones de la subestación, espacios en los que se des-energizará la subestación.

- **Ejecución del trabajo de mantenimiento.**

Para la ejecución de la actividad se deben usar todos los EPP durante el mantenimiento, se deben ingresar solo las herramientas a usar para evitar entorpecer la actividad por herramientas inutilizables en esa práctica. Antes de iniciar la actividad, el ingeniero de mantenimiento hará una reunión con el personal para explicar claramente el alcance del trabajo utilizando planos y diagramas unifilares. El ingeniero de mantenimiento debe informar el método de trabajo, los riesgos asociados y medidas de seguridad, debe verificar el uso de los elementos de protección personal y colectiva, designar y confirmar la responsabilidad asignada a cada uno de los ejecutores y confirmar que las instrucciones hayan sido comprendidas.

- **Revisión de lo realizado.**

El ingeniero encargado por parte de 3GVS – INGENIERIA después de cada mantenimiento deberá realizar una inspección visual de la actividad realizada, verificando que se haya cumplido con el mantenimiento en su totalidad antes de la puesta en marcha de la subestación, en caso de no cumplir se debe revisar y posteriormente ejecutar la actividad faltante.

- **Elaboración de informe y Acta de Entrega.**

Luego de realizado el mantenimiento se debe elaborar un informe completo de herramientas, EPP, ejecutores y el paso a paso de las actividades realizadas tanto para registro interno de 3GVS – INGENIERIA como para el cliente.

4.6 Funciones del personal de mantenimiento.

La empresa actualmente cuenta con un personal conformado por un ingeniero, dos técnicos y un tecnólogo electricista para el área de servicios, con base en las actividades planteadas en cada mantenimiento se proponen las siguientes funciones para el personal.

- **Ingeniero de Mantenimiento.**

Funciones.

- ~ Realizar el control detallado de los trabajos y responder por los recursos y herramientas requeridos.
- ~ Realizar las visitas previas a la subestación.
- ~ Asegurar que se cumpla y divulgue el procedimiento de trabajo a aplicar.
- ~ Liderar y promover mejoras en los procedimientos de trabajo.
- ~ Responder en el sitio de obra por la calidad de los trabajos realizados.
- ~ Estimar el tiempo de ejecución del mantenimiento.
- ~ Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad que cada labor requiera y el uso de los implementos de seguridad del personal.
- ~ Responder por el desarrollo general de los trabajos.
- ~ Elaborar un informe de las actividades y resultados obtenidos en el mantenimiento.

- **Técnico y Tecnólogo Electricista.**

Funciones.

- ~ Dar el apoyo técnico en la realización de las labores programadas.
- ~ Garantizar que los trabajos realizados cumplan las exigencias de calidad correspondientes con el fin de asegurar la correcta realización del mantenimiento.
- ~ Proveer información de soporte al Ingeniero para que este último conozca a tiempo las necesidades y requerimientos de personal que garanticen el avance del mantenimiento.

4.7 Capacitación del personal del área de servicio.

Se organizó una sesión de capacitación(ver figuras 23 y 24) al personal en donde se socializó el trabajo realizado durante la pasantía, concientizando a los empleados de la importancia de usar el EPP, de la importancia de un buen mantenimiento y el orden que se debe seguir al planificar una actividad como esta.



Figura 23. Sesión de capacitación



Figura 24. Sesión de capacitación

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS, PRODUCTOS, ALCANCES E IMPACTOS.

5.1 Mantenimientos más recurrentes en subestaciones capsuladas.

El funcionamiento confiable y seguro de una subestación depende en gran medida de los mantenimientos que ayudan a preservar su funcionamiento y vida útil, pero para hacer un mantenimiento seguro es importante realizarlo en condiciones fuera de servicio a menos que existan cargas críticas en las que no se pueda detener el servicio como en hospitales y datacenter, por esta razón fabricantes cada vez innovan y modifican sus celdas, de tal manera que no requieran mantenimientos invasivos, como en las celdas aisladas en SF6 en las cuales los equipos de corte no requieren mantenimientos.

Se encontró que gran parte de los mantenimientos son superficiales o de ajustes y verificaciones visuales, el ajuste de troque y limpieza de las celdas son las actividades principales dado que, con el tiempo se llenan de polvo y humedad lo cual puede ayudar a producir descargas parciales en los aisladores y puede llegar al caso que se pueda presentar ruptura del aislamiento, convirtiéndolo en conductor y por desajuste se debe realizar el ajuste de torque para conservar la integridad de la celda. Seguir las recomendaciones de los fabricantes es importante, las cuales parten de los procesos de prueba de las celdas y conocen en gran medida el comportamiento de estas bajo condiciones normales y anormales.

Las normas plantean actividades que se deben realizar basados en la experiencia y en las condiciones que garantizan un servicio continuo y seguro.

5.2 Determinación de las fallas en los mantenimientos realizados por la empresa.

3GVS-INGENIERIA es una empresa joven que está abarcando y mejorando sus servicios de mantenimientos en subestaciones capsuladas, se pudo evidenciar que su personal está capacitado para realizar estas actividades y demuestran conocimiento al respecto, en las entrevistas realizadas se detectó que es muy común que por cuestiones de tiempo de entrega o por comodidad al realizar un trabajo se desligue de la seguridad y dejan de usar el equipo de protección personal, también se encontraron malas prácticas al planificar los trabajos dado a eventualidades como retrasos por ingreso a las subestaciones por falta de documentos, por la falta de planificación previa y delegación de funciones, con este proyecto se podrá mitigar estas eventualidades y se logrará más seguridad para los colaboradores del área de servicios.

5.3 Análisis de riesgo.

Se realizó un análisis de las actividades identificando que los peligros a los que se exponen lo colaboradores del área de servicios cuando trabajan en subestaciones fuera de servicio son a los ruidos, polvo, inhalación de olores fuertes de los productos que se usan para limpiar la celda, a posturas sedantes prolongadas entre otros. Por otra parte se categorizaron estos riesgos exponiendo controles actuales y controles operacionales, esta matriz ayudará al ingeniero de mantenimiento a identificar riesgos con mayor rapidez dependiendo de la dinámica del trabajo y a poder contrarrestarlo con la recomendación de EPP para dicha actividad.

5.4 Procedimientos y funciones recomendadas.

Los procedimientos planteados y recomendados para la empresa se basan en toda la información recopilada, estos procedimientos son una herramienta importante para la empresa con la cual el ingeniero de mantenimiento y de demás colaboradores del área de servicios podrá contar como apoyo a su experiencia y que garantizaran satisfacción al cliente.

El procedimiento recomendado desde la solicitud de trabajo hasta la elaboración de informe recoge todas las actividades necesarias para un buen obtener un buen resultado, por esta razón delegar funciones ayudará a un buen flujo de ejecución

Con la implementación de este proyecto, se logró una mejora en la planificación y ejecución de mantenimientos, reduciendo tiempos, mejorando la calidad y seguridad. Dentro de los impactos que se lograron con este proyecto, se tienen los siguientes:

5.5 Impacto tecnológico

El mejoramiento de los mantenimiento presentados por la empresa 3GVS-INGENIERIA garantizan una extensión en la longevidad de los equipos que conforman la subestación y también permite tener un control y seguimiento que nos dé como resultado establecer cuando sea necesario el cambio o actualización de los equipos.

5.6 Impacto económico

La planificación eficiente y segura de las actividades de mantenimiento en subestaciones capsuladas ayudó a reducir los gastos en imprevistos por causas de accidentalidad por parte del personal y se reducen los gastos por la salida de la subestación al realizar el mantenimiento cumpliendo con los tiempos estimados.

5.7 Impacto ambiental

Con la implantación de este proyecto se logra preservar la operación y vida útil de los equipos principales de la subestación evitando el cambio prematuro de estos debido a un mantenimiento no adecuado, reduciendo así el impacto ambiental por el uso de materia prima para la fabricación de estos y la disposición final.

5.8 Impacto social

En cuanto a este impacto se logra mejorar las condiciones de trabajo del personal, reduciendo causas de accidentabilidad, por malas prácticas, planificación, desconocimiento y uso esporádico de los EPP, garantizando la calidad y confiabilidad del servicio de la subestación evitando cortes inesperados.

5.9 Impacto en la productividad y competitividad

Hoy por hoy la calidad de los servicios prestados por una empresa es un gran punto diferenciador a la hora de ser seleccionadas para un trabajo, de ahí la importancia de la implementación de esta pasantía que ayudo a mejorar los servicios prestados, y que a la hora de ser comparados para realizar alguno de estos trabajos puedan elegir a la empresa por brindar mayor seguridad, precio y alta calidad de servicio.

6. EVALUACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.

6.1 Identificar los procesos de mantenimiento para las celdas de media.

Se investigaron y estudiaron los procesos de mantenimiento para los elementos principales en centros de transformación capsulados tipo industrial recomendados por norma y por fabricantes como metodología para seleccionar los procesos de mantenimiento necesarios que garantizan un buen funcionamiento y prolongan la vida útil de los equipos.

6.2 Levantamiento de información con respecto a los mantenimientos realizados por 3GVS INGENIERIA S.A.S.

Se reunieron y analizaron los procesos de mantenimientos realizados por la empresa 3GVS-INGENIERIA a partir de actas e informes de entrega, identificando los equipos usados, herramientas, EPP y malos procedimientos, como mecanismo para corregir y recomendar buenos procesos que ayuden a mejorar la calidad de los servicios prestados por la empresa.

6.3 Análisis de riesgo en cada proceso de mantenimiento

Se evaluaron y valoraron los riegos en cada actividad ejecutada, creando una matriz de riesgo para facilitar la planeación actividades, selección de EPP y mitigar posibles eventos perjudiciales para los empleados y los equipos de la subestación.

6.4 Definir los procedimientos necesarios para el mantenimiento seguro en la subestación.

Se tomaron como base los riesgos identificados y los procesos de mantenimientos recomendados por norma, fabricantes y los ejecutados por la empresa y basados en el alcance de la empresa para recomendar las actividades que incluirá cada mantenimiento, variables a tener en cuenta para la selección de herramientas y funciones del personal.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Definir funciones para el personal que participe en los trabajos ejecutados por la empresa permite seguir en orden una planeación mitigando retrocesos que impliquen extender el tiempo estimado para el mantenimiento.

Este plan de trabajo seguro ayuda a mejorar los servicios prestados por la empresa haciéndola más competitiva en el mercado, facilitando su selección para estas actividades.

Se logran mitigar malas prácticas y eventualidades inesperadas para el personal u equipos de la subestación con la elaboración de este plan de trabajo, un mantenimiento seguro, confiable, eficaz, oportuno y satisfactorio para el cliente son logros que la empresa alcanza con esta pasantía.

Esta pasantía es de gran oportunidad para futuras pasantías por parte de estudiantes que vienen en proceso educativo.

Se recomiendan capacitaciones de actualización al personal de las últimas tecnologías que están a la vanguardia en cuanto a celdas de media tensión que faciliten a identificar los equipos y optimizar tiempos de ejecución.

Se recomienda un personal HSEQ para el área de servicios que verifique el buen uso de los EPP durante todo el mantenimiento y ayude al ingeniero de mantenimiento con el proceso de ingreso a la subestación en cuanto a la gestión de permisos de trabajo seguro.

Se recomienda estandarizar los informes, dado a que se evidenciaron varios de estos incompletos y en varios casos no se realizaron, los cuales son muy importantes como soporte y para llevar un control y seguimiento para futuras intervenciones en las subestaciones.

Bibliografía

[1] D. E. L. A. Subestacion, G. Manual, C. Unigear, T. Zs, F. Ejec, and D. No, “REP OP212064.”

[2] “Sicherheit hat Vorrang La Ihre seguridad en primer lugar , – immer !”

[3] Ingeniería Eléctrica Explicada *et* [1] *al.*, “Guía Para El Manejo Del,” *Si3Ea*, p. 44, 2008.

[4] V. Amendola, “S.p.A.”

[5] Legrand, “Transformadores encapsulados en resina,” pp. 4–7, 2017.

[6] J. Melorose, R. Perroy, and S. Careas, “LA SEGURIDAD ELÉCTRICA EN SUBESTACIONES DE 13,2 kV y 34,5 kV,” *Statew. Agric. L. Use Baseline 2015*, vol. 1, 2015.

[7] J. W. Valencia Cortes, “Metodologías Para Trabajos en Redes Eléctricas Energizadas,” *Univ. Autónoma Occident.*, no. 1, pp. 1–5, 2014.

[8] A. Normas, “transformación capsulado tipo industrial,” no. Nivel 2, pp. 1–2, 2002.

[9] W. A. MARTINEZ and G. A. P. PUERTA, “PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA SUBESTACION DE LA TORRE DE CALI,” 2011.

[10] DISPAC, “Manual De Mantenimiento Para Subestaciones Electricas Empresa Distribuidora Del Pacífico,” pp. 32–35, 2015.

[11] L. A. S. Eléctrica, “De Subestaciones De Media,” pp. 1–13, 2013.

[12] A. FULGENCIO, "Operación Y Mantenimiento De Equipo Primario En Subestaciones Electricas Convencionales Tipo Industriales," *Tesis Pregr.*, 2012.

[13] "Autor : David Martín Coello," 2015.

[14] A. Porras Criado and A. Guerrero Fernández, *Riesgo eléctrico*. 2006.

[15] H. A. Sanchez, A.,García J., "Manual De Mantenimiento Preventivo Y Pruebas Aplicables a Subestaciones Convecionales," pp. 1–4, 2007.

[16] M. Obregu, S. Molinos, and P. Ruiz, "Equipos de Proteccion Personal," *Minist. Trab. y Segur. Soc. España*, p. 32, 2016.

[17] T. S. C. H, "MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES en capacidades que," 2000.

[18] "Distribución media tensión conjuntos prefabricados."

[19] E. P. Equipment, "S TANDARD FOR M AINTENANCE T ESTING S PECIFICATIONS for Electrical Power Equipment," 2011.

[20] M. Tosatado, "Celdas de media tensión," 2009.

[21] I. A. C. Medio, U. Grado, I. P. Ref, A. F. Aire, and I. Ip, "Celdas de media tensión en aire características técnicas," vol. 4, no. 1.

[22] MAGNETRON, "Guia Para El Manejo Del Transformador Seco," no. 1, 2018.

[23] TEMPLATESYARD, «Gestión de Equipos de Protección Personal,» [En línea]. Available: https://norma-ohsas18001.blogspot.com/2013/02/gestion-de-equipos-de-proteccion.html. [Último acceso: 09 2018].

[24] "Índice Comprobador rigidez dieléctrica de los aceites aislantes OT," vol. 0370, p. 27221, 1816.

[25] Megger, "TTR - Equipo de pruebas de relaciones de espiras en transformadores," p. 5, 2016.

[26] MAHLE, "Catálogo 2017/2018," 2018.

[27] M. D. E. R. D. E. Aislamiento, "MIC-5010 / MIC-5005."

[28] Arnulfo Alonso Fulgencio, M. B. (2012). Operacion y Mantenimiento de Equipos Primario en Subestaciones Electricas Convencionales Tipo Industriales.

[29] Social, M. d. (30 de 04 de 2009). Resolución 001348 de 2009.