



REP  
CTM  
ISAP

---

Implementación de buenas  
prácticas en Gestión de  
Activos según la norma ISO  
55000.01.02

Estrategia de Ciclo de Vida de  
Celdas GIS

---

Versión 6.0

AGO. 2023

Cuadro de Control				
Versión	Fecha	Elaboración	Revisión	Participación
1.0	19-12-2018	Jorge Dávila Félix Arroyo	Kernick Ruiz	David Flores
2.0	19-07-2019	Jorge Dávila Richter Gómez	Kernick Ruiz	Diego Giraldo
3.0	17-06-2020	Richter Gomez	Javier Vilcas	
4.0	21-08-2021	Jorge Dávila Angel Huamán	Félix Arroyo Javier Vilcas	
5.0	13-10-2022	Jorge Dávila Angel Huamán	Fredy Asencios Kernick Ruiz	
6.0	24-08-2023	Jorge Dávila Angel Huamán	Félix Arroyo Kernick Ruiz	

## TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen ejecutivo.....	4
2. Definiciones.....	5
3. Referencias .....	6
4. Situación actual de los activos .....	7
4.1 Descripción por equipos.....	7
4.2 Incorporación de celdas GIS .....	15
4.3 Desempeño actual de equipos.....	17
4.4 Principales riesgos actuales.....	18
5. Estrategia de ciclo de VIDA.....	19
5.1. Creación de activos.....	19
5.1.1 Planeación.....	19
5.1.2 Diseño .....	20
5.1.3 Compras .....	21
5.1.4 Montaje, puesta en servicio y entrega a operación.....	23
5.2. Operación de activos.....	24
5.3. Mantenimiento de Activos: .....	24
5.3.1. Planear el Mantenimiento .....	24
5.3.2. Ejecutar el Mantenimiento .....	28
5.3.3. Evaluar el Mantenimiento .....	29
5.4. Renovación .....	30
5.5. Disposición final de activos .....	34
ANEXO I: Reglas de diagnóstico de equipos GIS.....	35

## 1. Resumen ejecutivo

La visión centrada en los activos es un principio clave de la gestión de activos moderna, la cual requiere plasmar claramente los efectos de las decisiones de un proceso/área en otras áreas.

Las etapas de ciclo de vida definidas para Perú son crear, operar, mantener y renovar/disponer. Estas etapas son soportadas por habilitadores como lo son cultura, competencias, abastecimiento, gestión de riesgos, entre otros.

La gestión de los activos se hará por medio de la implementación de estrategias para cada etapa del ciclo de vida, estas estrategias están resumidas y particularizadas en este documento para los equipos que conforman las celdas GIS.

La empresa de transmisión de energía maneja una variedad de equipos de alta tensión con la intención de proveer servicios de transporte de energía. Las celdas GIS por su importancia requieren de amplias destrezas y conocimiento para lograr su óptimo desempeño y ciclo de vida.

La estrategia de ciclo de vida busca tener en un solo documento el manejo detallado del ciclo de vida de los equipos que conforman las celdas GIS.

## PROPÓSITO

Describir la estrategia de ciclo de vida para gestionar las celdas GIS instalados en las subestaciones de REP, CTM e ISA Perú. Buscar dar una guía adecuada para soportar las actividades a ser optimizadas para la máxima obtención de valor manejando la eficiencia en TOTEX, los riesgos, costos y desempeño acordes con el PEGA entregando un nivel de detalle superior al mismo en aspectos específicos de los equipos GIS, especificando en lo posible interacciones entre las diferentes etapas del ciclo de vida.

Se desarrollan las metodologías y aproximación a usar para manejar equipos GIS de manera consistente con el PEGA, nuevas tecnologías, entrenamiento del personal de mantenimiento y requisitos normativos.

## ALCANCE

Aplica a las celdas GIS para transporte de energía propios y de los clientes (CTM e ISA PERÚ) administrados por REP, durante todo su ciclo de vida.

Las celdas GIS se encuentran conformadas por:

- Interruptores.
- Seccionadores de puesta a tierra.
- Seccionadores rápidos de puesta a tierra.
- Transformadores de tensión para bahías de línea.
- Transformadores de tensión en barras.
- Transformadores de corriente.
- Descargadores de sobretensión.
- Barras y ductos de conexión necesarios para interconectar equipos.
- Interfaces para salidas de conexión: Bujes terminales y/o conexión de cables XLPE.

## 2. Definiciones

<b>PEGA</b>	Plan Estratégico de Gestión de Activos acorde con la norma internacional ISO 55001: 2014 – Asset Management – Management systems – Requirements.
<b>Innovación</b>	Cambios que introducen alguna novedad en los procesos buscando generar valor.
<b>KPI</b>	Key Performance Indicators – Indicadores Claves de Desempeño
<b>Mejorabilidad</b>	Es una herramienta que permite evaluar y definir de manera metódica, sistemática, sistémica y con un enfoque de riesgo, los activos sobre los que una organización debe enfocar sus recursos. Ello permite que se logre el mejor uso de sus recursos, y la mejor relación costo/beneficio en la implementación de acciones de mejora y en la definición de acciones de mantenimiento sobre los activos.
<b>ECR</b>	Eliminación de causa de riesgo: Es un método sistemático de gestión de eventos no deseados dirigido a identificar, documentar y eliminar las causas raíces de estos. Se trata de un proceso basado en hechos demostrables y auditables.
<b>Matriz RACI</b>	Matriz en la cual se definen las funciones de responsabilidad, Rendición de cuentas, consulta y participación para el sistema de Gestión de Activos (Responsible, Accountable, Consulted, Informed).
<b>RCM+</b>	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Plus (Reliability Centered Maintenance Plus). Es un proceso sistemático que permite preservar las funciones de los activos, identificando los modos de fallas con sus causas raíces para establecer las tareas que sean efectivas y económicas que nos garantizan que nuestra instalaciones cumplan el plan estratégico del negocio.
<b>GAN</b>	Guía de Aplicación Normalizada. Es un instructivo que indica el cómo realizar las actividades de mantenimiento. En él se describen los recursos, condiciones operativas, análisis de riesgos, estrategias de mantenimiento y se describe el paso a paso de cada actividad.
<b>REM</b>	Las REM's son documentos que muestran que hay que hacer a nivel de equipos comunes.  Las rutinas estándares de mantenimiento REM's como su nombre lo indica busca estandarizar los requerimientos mínimos de mantenimiento a ejecutar por equipo, digamos por ejemplo: líneas, transformadores, interruptores, controladores, bahías, barras, etc.

	Forman parte fundamental del gobierno corporativo del mantenimiento y el control del OPEX.
<b>PMO</b>	Planned Maintenance Optimization
<b>Análisis de Criticidad</b>	La criticidad es un índice de la importancia de un activo teniendo en cuenta el valor de los activos y la probabilidad y las consecuencias de fallas.  El Análisis de criticidad define la criticidad de los activos de la empresa.
<b>MSDS</b>	Hoja informativa sobre sustancias peligrosas (Material Safety Data Sheets).
<b>SALVO</b>	Proceso para la optimización del ciclo de vida del activo.
<b>DST</b>	Decision Support Tools. Herramienta para la toma de decisiones del ciclo de vida del activo.
<b>OSINERGMIN:</b>	Institución pública que regula la tarifa GRT, y fiscaliza a las empresas del sector eléctrico.
<b>COES</b>	Es el Comité de Operación Económica del Sistema y tiene como función coordinar la operación de corto, mediano y largo plazo del SEIN al mínimo costo, preservando la seguridad del sistema, el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, así como planificar el desarrollo de la transmisión del SEIN y administrar el Mercado de Corto Plazo”.

### 3. Referencias

Las siguientes referencias son relevantes para este documento de estrategia:

- PAS 55-2:2008: Guidelines for the application of PAS 55-1
- ISO 55001: 2014 – Asset Management – Management systems – Requirements.
- Plan estratégico de gestión de activos (PEGA)
- Estrategias funcionales de crear, operar, mantener, abastecer, fin de vida.
- Estrategia funcional de creación de activos
- Estrategia funcional de operar de activos
- Estrategia funcional de mantener de activos
- Estrategia funcional de fin de vida de activos
- Procedimiento de mejora continua
- MANOMAS

Los equipos GIS deben cumplir con los requerimientos y exigencias aplicables de las siguientes normas en su última versión. Todos los componentes de la GIS deben estar conforme la última norma IEC aplicable a cada uno de los equipos.

- IEC 62271-1 High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications.
- IEC 62271-203 High-voltage switchgear and controlgear – Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV.
- IEC 62271-100 High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: Alternating-current circuit-breakers.
- IEC 62271-102 High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 61869-1 Instrument transformers - Part 1: general requirement.
- IEC 61869-2 Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current Transformers.
- IEC 61869-3 Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage Transformers.
- IEC 60099-4 Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems.
- IEC 60137 Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 62271-4 High-voltage switchgear and controlgear - Part 4: Handling procedures for sulfur hexafluoride (SF6) and its mixtures.
- IEC 60376 Specification of technical grade sulfur hexafluoride (SF6) for use in electrical equipment.
- IEC 60270 High-voltage test techniques - Partial discharge measurements.
- IEC 60480 Guidelines for the checking and treatment of sulfur hexafluoride (SF6) taken from electrical equipment and specification for its re-use.
- IEC 62271-101 High-voltage switchgear and controlgear - Part 101: Synthetic testing.
- IEC 60071-1 Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules.
- IEC 60071-2 Insulation co-ordination - Part 2 Application guide.
- IEC 62271-211 High-voltage switchgear and controlgear Part 211: Direct connection between power transformers and gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV.
- IEC 62271-209 High-voltage switchgear and controlgear Part 209: Cable connections for gas-insulated metal- enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV – Fluidfilled and extruded insulation cables - Fluid-filled and dry-type cable-terminations.

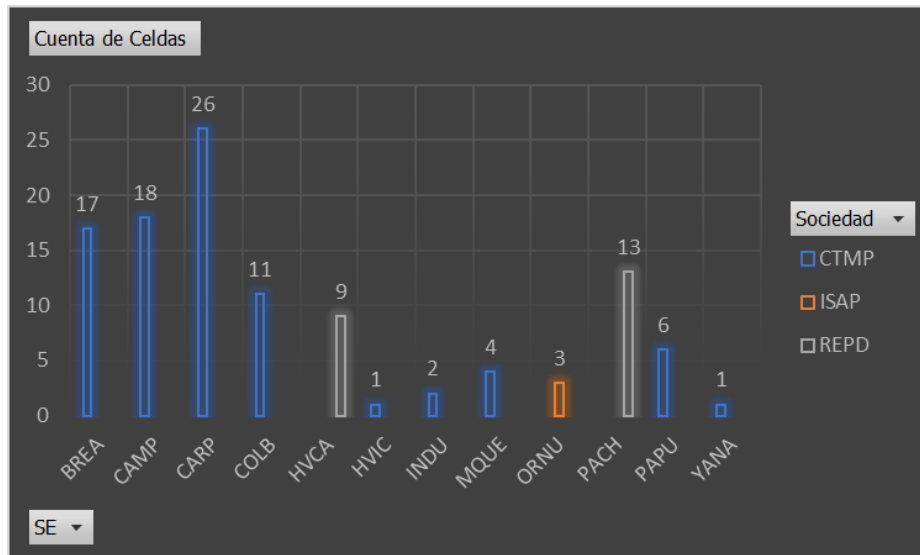
## 4. Situación actual de los activos

### 4.1 Descripción por equipos

En Perú contamos con Celdas GIS de las marcas Alstom (Actualmente GE), Siemens y ABB los cuales tienen una vida útil de 42 años promedio con una desviación estándar de 8 años, según recomendación de CIGRE 176.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de celdas GIS agrupadas por subestación y Sociedad.

Cuenta de Celdas	Sociedad			
Subestación	CTMP	ISAP	REPD	Total general
BREA	17			17
CAMP	18			18
CARP	26			26
COLB	11			11
HVCA			9	9
HVIC	1			1
INDU	2			2
MQUE	4			4
ORNU		3		3
PACH			13	13
PAPU	6			6
YANA	1			1
<b>Total general</b>	<b>86</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>111</b>



A continuación, se presenta una breve descripción de los componentes principales de Alta Tensión en las Celdas GIS

## A. INTERRUPTORES

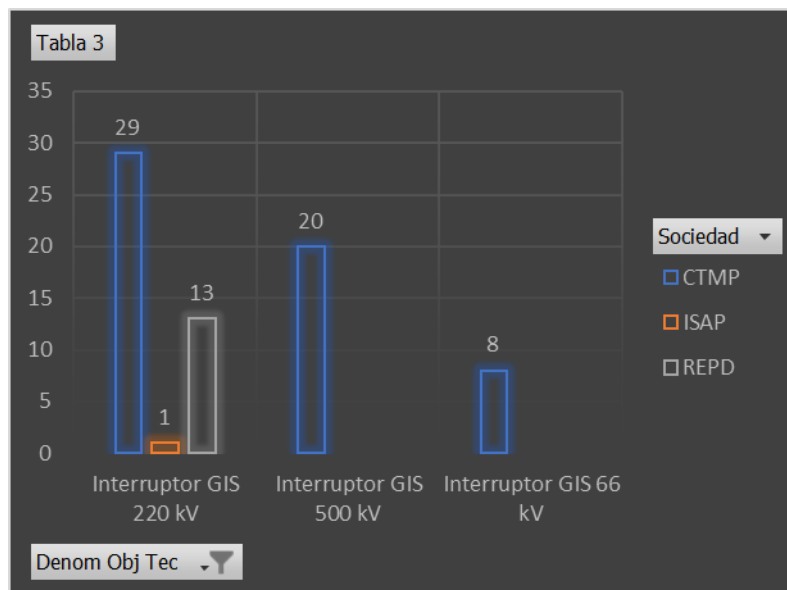
El interruptor incluye un mecanismo de operación que permite asegurar una apropiada operación de apertura y cierre. Cada mecanismo incluye por lo menos dos bobinas de disparo y uno de cierre.

Se tienen mecanismos de operación por resorte y de mando hidráulico. Los mecanismos de operación son apropiados para realizar recierres monopolares o tripolares.



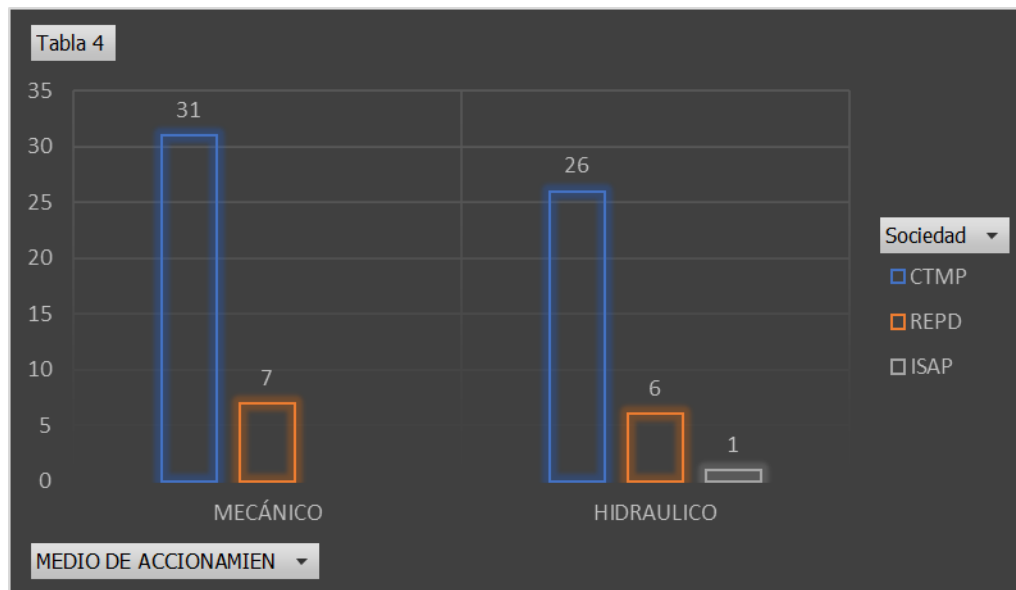
En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de interruptores instalados en Celdas GIS por nivel de tensión y sociedad:

Tabla 3	Sociedad			
INT-KV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
Interruptor GIS 220 kV	29	1	13	43
Interruptor GIS 500 kV	20			20
Interruptor GIS 66 kV	8			8
<b>Total general</b>	<b>57</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>71</b>



En esta otra tabla se muestra la cantidad de interruptores GIS por tipo de mando: hidráulicos (mecanismo de accionamiento es de aceite) y mecánicos (mecanismo de accionamiento es resorte):

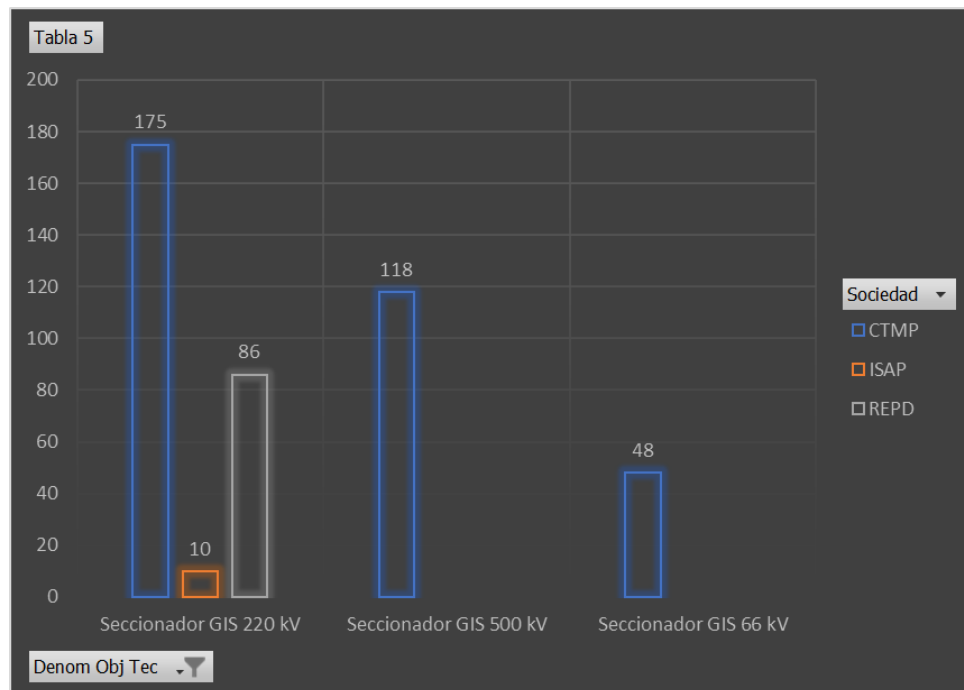
Tabla 4	Sociedad			
Medio de Accionamiento	CTMP	REPD	ISAP	Total general
MECÁNICO	31	7		38
HIDRAULICO	26	6	1	33
<b>Total general</b>	<b>57</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>71</b>



## B. SECCIONADORES DE PUESTA A TIERRA Y SECCIONADORES RÁPIDOS DE PUESTA A TIERRA

Los seccionadores de puesta a tierra y los seccionadores rápidos de puesta a tierra son de apertura sin carga y poseen enclavamientos que permiten su operación manual en condiciones de emergencia. Todos los seccionadores de puesta a tierra tienen mecanismos de apertura y cierre motorizados, sin embargo, incluyen dispositivos mecánicos (como manivelas) para que el operador pueda realizar la maniobra manual con la facilidad en condiciones de emergencia.

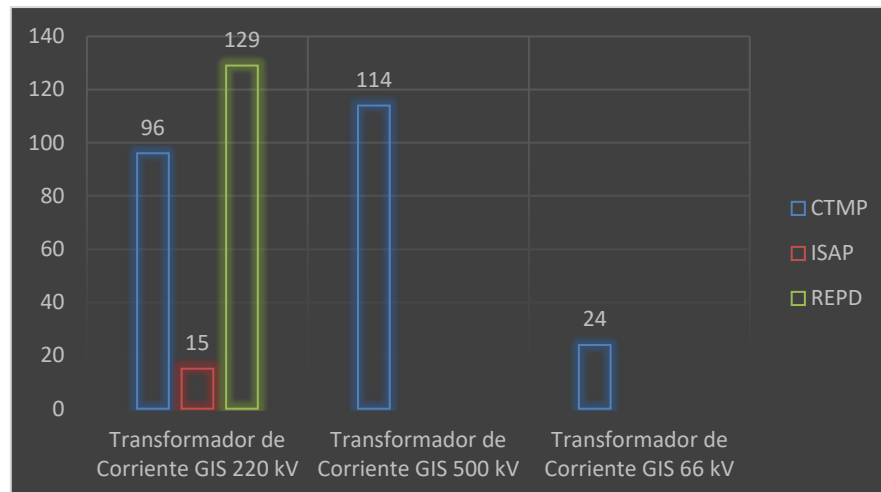
Tabla 5	Sociedad			
SECC-KV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
Seccionador GIS 220 kV	175	10	86	271
Seccionador GIS 500 kV	118			118
Seccionador GIS 66 kV	48			48
<b>Total general</b>	<b>341</b>	<b>10</b>	<b>86</b>	<b>437</b>



## C. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Cada transformador de corriente está diseñado y construido para prevenir que las corrientes inducidas sobre la envolvente afecten la precisión de la medida, la relación de transformación o la corriente del elemento bajo medición. Los transformadores son de multirelación.

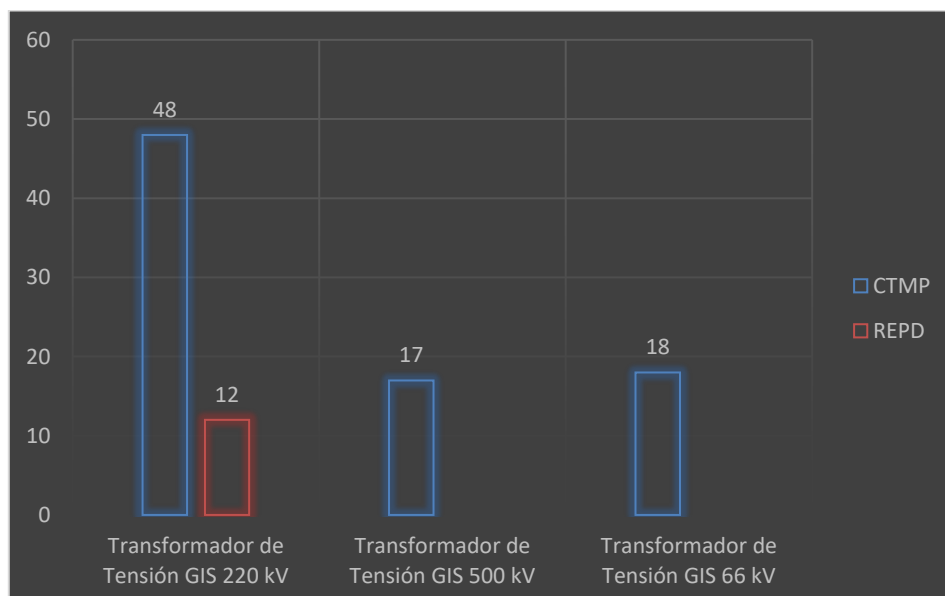
Tabla 6	Sociedad				
TC-KV	CTMP	ISAP	REPD	Total general	
Transformador de Corriente GIS 220 kV	96	15	129	240	
Transformador de Corriente GIS 500 kV	114			114	
Transformador de Corriente GIS 66 kV	24			24	
Total general	234	15	129	378	



#### D. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

Los transformadores de tensión son unidades monofásicas aisladas en SF6. Los transformadores de tensión de barras están ubicados en compartimientos de gas independientes y no deben estar ubicados dentro de los elementos constitutivos de una bahía o corte de acuerdo con la configuración de la subestación.

Tabla 7		Sociedad		
Fabricante		CTMP	REPD	Total general
Transformador de Tensión GIS 220 kV		48	12	60
Transformador de Tensión GIS 500 kV		17		17
Transformador de Tensión GIS 66 kV		18		18
Total general		83	12	95



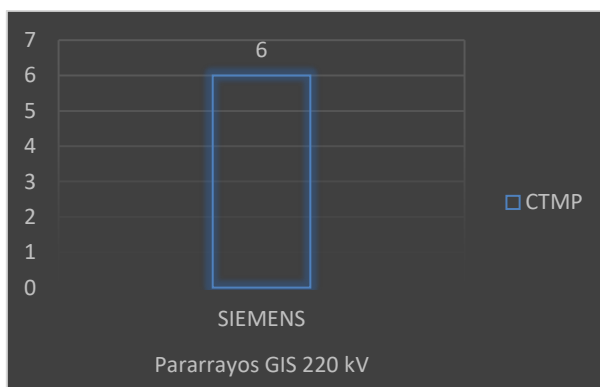
## E. DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN

Los descargadores de sobretensión son de tipo óxido de metal, sin gaps y equipados con dispositivos de alivio de presión; conectados fase-tierra y aptos para operaciones frecuentes debido a descargas y sobretensiones de maniobra como resultado de la operación de líneas, reactores y transformadores de potencia.

Los descargadores, al igual que todos los compartimentos de la GIS, deben estar provistos de dispositivos de alivio de presión y deflectores para evitar accidentes sobre las personas o equipos aledaños en caso de falla de dicho equipo.

El diseño, fabricación, montaje, pruebas y suministro serán de acuerdo con la última edición de la norma IEC 60099-4.

Tabla 8	Sociedad	
Fabricante	CTMP	Total general
Pararrayos GIS 220 kV	6	6
SIEMENS	6	6
Total general	6	6



## F. DUCTOS

Todos los equipos de medida y maniobra de la subestación, de acuerdo con la configuración de esta, deberán estar conectados entre ellos por medio de ductos. Las envolventes están diseñadas para conectarse por medio de tornillos y empaquetaduras apropiadas para evitar fugas de gas.

Los conductores internos a los ductos son de aleación de aluminio o cobre, del tipo enchufable y las superficies de contacto son electro-platedas.

Los ductos son capaces de soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos que se generan debido a corrientes de cortocircuito, de igual forma deben soportar los esfuerzos debidos a la contracción y expansión de los materiales debido a los cambios de temperatura.

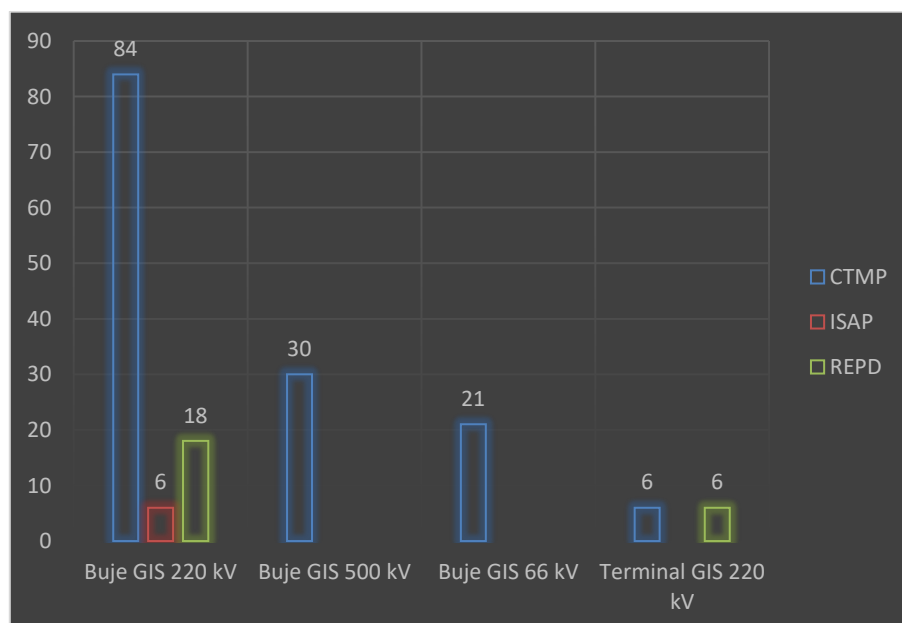
## G. BUJES TERMINALES

Los bujes para terminaciones SF6/Aire son diseñados y construidos de acuerdo con las exigencias de las normas IEC 60137.

Los aisladores por emplear son de porcelana de alta calidad o aisladores compuestos, aptos para instalación en la intemperie, de la clase adecuada de acuerdo con las condiciones de servicio del sistema y lo suficientemente rígidos como para poder soportar sin inconvenientes los esfuerzos electrodinámicos actuantes.

Los bujes terminales están equipados con conectores pernaados. Los conectores deberán ser bañados en plata, adecuados para conductores de aluminio y serán capaces de soportar la corriente nominal a plena carga sin exceder el aumento de la temperatura permitido para el buje terminal.

Tabla 9	Sociedad			
BUJE-KV	CTMP	ISAP	REPD	Total general
Buje GIS 220 kV	84	6	18	108
Buje GIS 500 kV	30			30
Buje GIS 66 kV	21			21
Terminal GIS 220 kV	6		6	12
<b>Total general</b>	<b>141</b>	<b>6</b>	<b>24</b>	<b>171</b>



## H. CONEXIÓN DE CABLES XLPE

La conexión de cables XLPE está diseñada y construida de acuerdo con las exigencias de las normas IEC 62271-209. Se debe garantizar el correcto sellamiento de la caja de cable de manera que no haya pérdida de SF6.

Durante las pruebas dieléctricas en cable, las partes adyacentes de la GIS deben ser desconectadas y puestas a tierra, a menos que se tomen medidas especiales para evitar descargas disruptivas en el cable que afectan las partes energizadas de la GIS.

La ubicación de los bujes para las pruebas de cable debe ser proporcionado en el recinto de conexión de cable o en la propia GIS para reducir las pérdidas de manipulación de SF6 o en el otro extremo del cable.

### 4.2 Incorporación de celdas GIS

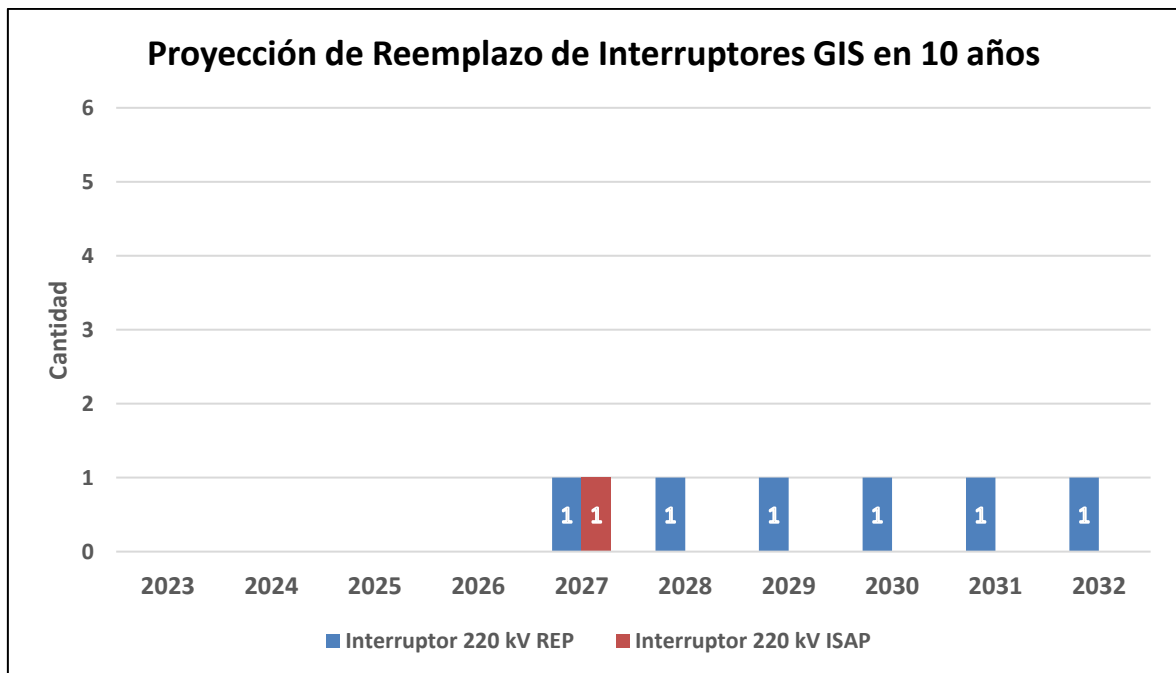
Las Celdas GIS de mayor antigüedad se encuentran instaladas en la SE Pachachaca de REP, si bien su año constructivo data del año 1982, su puesta en operación de las 6 celdas se realizó en el año 1985 por lo que a la actualidad cuenta con 38 años en operación.

Tomando como referencia el Documento Técnico CIGRE 176 WG 37.27 “Ageing of the system. Impact on Planning”, en los próximos 8 años las celdas GIS de Pachachaca se encontraría dentro de su límite estimado de vida, por lo que se debe ir planeando reemplazar de manera paulatina estos equipos, principalmente por obsolescencia tecnológica.

El upgrade de los interruptores hidráulicos Alsthom sería por interruptores mecánicos de la misma marca General Electric, puesto que ellos cuentan con los planos al detalle de su ingeniería.

**Tabla 2.1**  
**Vida promedio de Subestaciones GIS**

Tipo	Tensión	Vida promedio Años	Desviación estándar Años	Razones por la varianza
GIS Interior	>110 kV	42 (30 a 50)	8	Requerimientos de evaluación / fallas por adecuación de componentes / costos de mantenimiento / obsolescencia de los repuestos / desgaste mecánico/ seguridad / problemas con empaques / preocupación ambiental por SF6





### 4.3 Desempeño actual de equipos

#### ➤ Calificación de equipos

A la fecha se tiene 14 equipos GIS cuestionados, teniendo en cuenta el criterio de condición del equipo.

DT	2,00	Total
⊕ DTC	13	13
⊕ DTN	1	1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>14</b>

Cuadro condición vs Criticidad

COND_STR	A	B	C	Total
2		11	3	14
3		6	7	13
5	28	674	234	936
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>691</b>	<b>244</b>	<b>963</b>

Escalas de la calificación:

ÁREAS	CALIFICACIÓN						
	0	1	2	3	4	5	9
EPA	Equipo fallado	Crítico (*)	Cuestionado (**)	Seguimiento	-	Normal	Sin Datos
LLTT	Equipo fallado	Crítico (*)	Cuestionado (**)	Tolerable	Seguimiento	Normal	Sin Datos
SPAT	Equipo fallado	-	-	Seguimiento	-	Normal	Sin Datos

Los avisos N2, N4 y N3 que a la fecha están con estatus abierto y corresponden a equipos GIS son:

Tablero 10	Clase de aviso			
Descripción	N2	N3	N4	Total general
<b>PACH</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
CAMBIAR CONTADOR MANIOBRA FASE T L 2218			1	1
IN-2120 POSICION INDETERMINADO	1			1
N3: Implementar desecante en tubería			4	4
POA Independización de fases GIS		2		2
Realizar medicion resist cont IN-2122 PA			1	1
REPONER CONECTOR DEL TV-217	1			1
REPONER SECCIONADOR DE TIERRA			2	2
<b>CARP</b>	<b>8</b>			<b>8</b>
No cerro IN5158 N3, N2	1			1
RGAR Bajo nivel de gas SF6 Fase T	1			1
RGAR Buje con fuga de gas SF6	2			2
RGAR Calibración de seccionador	1			1
RGAR Fuga hidrolina eje transmisión R	1			1
RGAR Posición indeterminada de SL y ST	1			1
RGAR Reparación fuga de gas Fase R B7	1			1
<b>MQUE</b>	<b>2</b>			<b>2</b>
RGAR: Contador de Maniobras fallado	2			2
<b>COLB</b>	<b>1</b>			<b>1</b>
Sin respuesta al mando de cierre nivel 0	1			1
<b>ORNU</b>		<b>1</b>		<b>1</b>
POA Independización fases gas SF6		1		1
<b>Total general</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>24</b>

#### 4.4 Principales riesgos actuales

Los principales riesgos que se tienen actualmente:

1. Implementar desecantes en las tuberías de los seccionadores GIS
2. Pérdida de conocimiento técnico en el mantenimiento de las celdas GIS mayores de 20 años de antigüedad.
3. Personal de mantenimiento no participa activamente durante el proceso de montaje y pruebas de las nuevas celdas GIS.
4. Esquemas de protección y control, asociados a interruptores no actualizado por entrada de proyectos sin la debida revisión y pruebas.
5. Equipos GIS instalados en ambientes agresivos no especificados adecuadamente.

## 5. Estrategia de ciclo de VIDA

El ciclo de vida de las celdas GIS se encuentra basado en la siguiente cadena:



### 5.1. Creación de activos

#### 5.1.1 Planeación

- Se han definido y estandarizado las mejores prácticas de gestión de las Celdas GIS en todo su ciclo de vida, a través del conocimiento del personal interno y de las lecciones aprendidas, las cuales se documentan en las Rutinas Estándar de Mantenimiento - REM, Guías de Aplicación Normalizada – GAN, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM+, Especificaciones Técnicas Garantizadas – ETG.
- En función de la criticidad de las actividades a ser desarrolladas, especialmente en los procesos de diseño, montaje, operación y mantenimiento de los Equipos, se tiene definido el perfil del personal requerido para realizar las actividades más críticas y aquellas personas que están en proceso de formación y por lo tanto pueden hacerse cargo de las actividades más básicas, logrando que solo las personas habilitadas operen o intervengan en las celdas GIS.

- Con el objetivo de garantizar la transferencia interna de conocimiento, el personal más capacitado de las áreas de SGM y Mantenimiento de STs, es responsable de formar parte activa del Plan de Formación y Capacitación de aquellas personas que se encuentran en proceso.
- La estructuración de las Ofertas de Convocatoria y Conexiones para Proyectos Nuevos y de Renovación, se realiza con la participación de un equipo multidisciplinario de la Empresa (Ingeniería, Ejecución de Proyectos, Operación, Mantenimiento, entre otros), quienes, con sus aportes efectivos, logran una planeación integral en todo el Ciclo de Vida de los Activos, que minimiza los riesgos, optimiza los costos y potencia el desempeño del Sistema

### 5.1.2 Diseño

Las Especificaciones Técnicas de las celdas GIS se generan con el fin de garantizar un equipo confiable maximizando su disponibilidad de servicio, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Criterios de Operación y Mantenimiento.
- Requerimientos del cliente final.
- Detalle suficiente del Alcance del Proyecto.
- Requisitos eléctricos, mecánicos y civiles del sistema eléctrico al cual serán conectados los Equipos.
- Condiciones del sitio de instalación (ambiente).
- Regulación y Normatividad Nacional e Internacional.
- Requerimientos definidos en el sistema integrado de gestión.
- Solicitud de criterios para la disposición final de los equipos.
- Para el montaje de equipos asociados a nuevos proyectos (Ampliaciones, Conexiones, Convocatorias) las Especificaciones Técnicas debe definir el alcance, responsabilidades, requisitos legales de Seguridad y Salud en el Trabajo, requisitos de formación y experiencia del personal designado por el fabricante para la prestación del Servicio de Supervisión del Montaje y de las Pruebas de Puesta en Servicio y Entrenamiento (en los componentes básicos del equipo suministrado y en las recomendaciones de mantenimiento de fábrica).
- Dichas especificaciones son actualizadas periódicamente, siguiendo los procedimientos definidos para la edición y modificación de las mismas, los cuales se sustentan en el consenso logrado entre las áreas de

Ingeniería y SGM -Mantenimiento, y en las experiencias que se presentan en la ejecución de los diferentes Proyectos y en la operación de los equipos.

- Buscando fomentar la homologación, entre las áreas de Ingeniería y SGM – Mantenimiento, se han estandarizado los requisitos técnicos mínimos que deben ser cumplidos por las Celdas GIS en todos los Proyectos, con miras a lograr el mejor desempeño en el Ciclo de Vida, y los requisitos específicos se generan de acuerdo con las condiciones particulares.
- Los diseños específicos de subestaciones nuevas, ampliaciones y los correspondientes a los Planes de Optimización de Activos – POA, se realizan buscando el mejor desempeño de los equipos existentes y de los nuevos a ser instalados, y para esto se consideran niveles óptimos de repuestos que prevean posibles fallas durante el montaje y la posterior operación de los Equipos.
- Para prestar un servicio integral, el personal designado a las actividades de Diseño, conoce a fondo las Especificaciones Técnicas, acompaña todas las etapas del Proyecto y se le da continuidad en los procesos siguientes, de forma que se mantienen el flujo de información, se garantiza la aplicación de los mismos criterios y se logra contrastar el cumplimiento de las especificaciones técnicas a medida que fluyen las etapas, minimizando las desviaciones.

### 5.1.3 Compras

- Se aplica una metodología de precalificación y segmentación de proveedores (a nivel de fábrica específica), a partir de análisis de documentación y la realización de inspecciones (auditorías) periódicas presenciales con personal interno y externo (con gran reconocimiento en el mercado), con el objetivo de determinar la capacidad técnica real para diseñar, fabricar y probar las Celdas GIS, para prestar los Servicios de Supervisión del Montaje, y establecer el alcance comercial (logística, prestación del servicio postventa, nivel de competitividad) de cada fabricante que es invitado a participar en los procesos de contratación.
- Alineado con el Sistema de Gestión de ISA y sus filiales, se incluye en la precalificación de proveedores y contratistas, criterios como la certificación en las normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y criterios de responsabilidad social y ambiental, según sea el caso.
- El suministro de Celdas GIS (con sus respectivos repuestos) y la prestación de los servicios asociados, se contratan con proveedores y contratistas precalificados, siguiendo fielmente las Especificaciones Técnicas definidas por ISA, minimizando los riesgos de incumplimiento y optimizando los tiempos y montos de contratación.

- Para garantizar que el proveedor preste su servicio postventa de forma ágil y atienda todas las reclamaciones por garantía que se le notifiquen dentro de los cinco (5) años siguientes a su suministro; para ello, en cada Contrato se definen claramente los mecanismos que se deben aplicar para presentar una reclamación durante y después del suministro, los tiempos de respuesta acordados entre las partes y las responsabilidades frente a las acciones que se deben implementar.
- Se respalda con pólizas de garantía, la calidad y el correcto funcionamiento de los equipos y sus accesorios.
- Como complemento, se contrata con el fabricante del equipo, el suministro de personal técnico idóneo para la prestación del servicio de montaje y de las pruebas de puesta en servicio, y el entrenamiento.
- Las personas que gestionan la categoría de Celdas GIS desde el proceso de abastecimiento, agregan valor al proceso por medio de la toma de decisiones basado en el análisis de costos en todo el Ciclo de Vida y en el análisis de todas las variables comerciales, que permiten la contratación óptima y con los precios más competitivos.
- Para validar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas en el diseño y fabricación de las Celdas GIS por parte del fabricante, Ingeniería realiza la revisión y aprobación del Diseño y de los resultados de las pruebas de aceptación, con el acompañamiento de personal de las áreas de SGM - Mantenimiento, o incluso con el apoyo de un proveedor externo que sea referente técnico en el mercado.
- Cuando en la etapa de revisión y aprobación del Diseño relativo a un Proyecto, se requiere aprobar la desviación del fabricante frente a las Especificaciones Técnicas definidas, se escala la consulta al grupo responsable por su edición, quien determina su aceptación puntual y la necesidad de replicar dicha modificación para Proyectos futuros.
- Adicionalmente se tienen definidos procedimientos para realizar control y seguimiento durante la fabricación de las Celdas GIS, que permiten validar el cumplimiento de las Especificaciones Técnicas por parte del fabricante, que incluyen entre otros las siguientes:
  - Análisis de los controles de calidad aplicados por el fabricante sobre sus subcontratistas de materias primas, accesorios y empaques.
  - Validación del control metrológico y su nivel de actualización, sobre los equipos de pruebas.
  - Con el objetivo de homologar el suministro de Celdas GIS, se realizan acuerdos de estandarización (sin modificar las Especificaciones Técnicas) con los proveedores recurrentes y se documentan como “Reglas de Negocio Técnicas” que son replicadas en todos los Proyectos sucesivos (cuando aplica).

### 5.1.4 Montaje, puesta en servicio y entrega a operación

Para garantizar el desempeño de las Celdas GIS y la validez de la Garantía de Fábrica, el montaje y puesta en servicio se realiza de acuerdo con los siguientes lineamientos:

- Se aplica el Manual de Montaje suministrado por el fabricante,
- Se cuenta con la supervisión de personal idóneo del fabricante para los casos de Proyectos de Concesión o Ampliaciones, quien se encarga de validar que los Equipos al momento de ser montados, cumplan con las condiciones de diseño y fabricación.
- Se atienden los Protocolos de Puesta en Servicio definidos (incluyendo la validación frente a los estudios eléctricos),
- Se cumple con los requisitos técnicos y parámetros mínimos definidos por REP, y que se han documentado en las GAN para este tipo de procesos.

De esta forma se logra que en el montaje y puesta en servicio de los Equipos, se garanticen las condiciones para las cuales fueron diseñados y fabricados, y por lo tanto se asegura la correcta operación, la menor cantidad de intervenciones antes de los primeros 6 años desde su energización y el cumplimiento de la vida útil estimada.

El montaje de los equipos se realiza con personal idóneo, para lo cual se utiliza personal interno o se subcontrata con empresas que tienen la capacidad y experiencia certificada para realizar dicha actividad.

El personal de la fábrica (supervisores) demuestra antes de iniciar las labores, su capacitación y certificación para realizar trabajos en altura, cumpliendo con la normatividad legal peruana. Para el caso de personal extranjero, que no tengan estos certificados desde su país de origen, cumplen con el procedimiento definido por REP y en consecuencia presentan una carta de la fábrica en la que se certifica que las personas tienen la competencia técnica y capacitación suficiente para trabajar en alturas. (Esto se debe validar con las personas de Seguridad de REP).

El entrenamiento prestado por el fabricante, en los componentes básicos del equipo (accesorios, relés, protecciones, mecanismos, entre otros) y en las recomendaciones de mantenimiento, es coordinado por Gestor del Proyecto y se atiende con el personal interno certificado que se encargará de realizar los Estudios Eléctricos, operar el equipo en la subestación (Operador del Equipo), ejecutar maniobras, realizar mantenimiento y con el personal en formación.

Para garantizar la eficacia del Montaje, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se definen los protocolos para la atención de emergencias.
- Se definen los protocolos para realizar la capacitación en sitio al personal seleccionado, en función de los procedimientos.



- Se tiene un procedimiento documentado para realizar el reporte interno de anomalías y reclamaciones de forma inmediata, el consecuente análisis de dichas fallas entre el Proyecto y el área de Mantenimiento de Subestaciones para determinar las acciones correctivas y preventivas que aseguren la mejora continua (proceso de garantía).

## 5.2. Operación de activos

Para asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los interruptores y evitar impactos sobre las personas y medio ambiente, la operación de estos debe cumplir con los siguientes criterios y consideraciones:

- Las maniobras operativas y no forzadas se realizan desde el nivel de control 3, es decir desde el Centro de Control, con el fin de agilizar los mantenimientos y recuperación de las instalaciones y no afectar la seguridad del personal operador y de mantenimiento de la subestación.
- Evaluar el estado del interruptor por corte de corrientes de cortocircuito durante las fallas.
- Utilizar adecuadamente los manuales de operación de los equipos en las contingencias y mantenimientos.
- Acordar estrategias para disminuir tiempos de respuesta ante eventos de falla en celdas GIS.
- Aplicar los planes de contingencia para eventos de falla de las celdas GIS.

## 5.3. Mantenimiento de Activos:

### 5.3.1. Planear el Mantenimiento

Como consigna primordial del Mantenimiento en la Empresa, se privilegia el Mantenimiento Predictivo que no genere interrupciones a la Operación, a través del monitoreo continuo al Sistema y de la intervención oportuna de los equipos cuando realmente se requiere.

A las Celdas GIS se les realiza un mantenimiento periódico definido en la aplicación de las Rutinas Estándar de Mantenimiento (REM) con criterios de diagnóstico normalizados (estandarizados) y con la Información Operativa (número de maniobras, corrientes de corto, tiempos de operación, etc), de forma que reflejen la disponibilidad operativa (e incluso las restricciones para su operación) y el nivel de riesgo para el Sistema.

La definición de las frecuencias se establece de acuerdo al ambiente y desempeño operacional de los equipos definidas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para las modificaciones en la frecuencia se debe realizar mediante el uso de las herramientas DST.

En función de los resultados obtenidos en el mantenimiento, se plantea la necesidad de realizar las intervenciones y su nivel de profundidad, y se realiza la priorización de las actividades a partir de su criticidad sobre la disponibilidad.



Para el caso de los Interruptores de las celdas GIS, se enfatiza el monitoreo continuo al desempeño de las principales variables: Presión SF6 y para los interruptores con mando sincronizado se debe monitorear la operación de los mismos.

Como estrategia del mantenimiento para el control de las fugas de SF6 se realizará mantenimiento mayor a juntas entre los aisladores y parte metálica del equipo (Efecto rayos UV, corrosión y humedad) y sellos de acuerdo a condición (Overhaul). Para el desarrollo de estas actividades se debe contar con la experiencia del personal de la compañía y en algunos con la asesoría de los fabricantes y especialistas locales o internacionales en temas como hidráulica y lubricación. Para dichas asesorías se debe garantizar el canal de comunicación permanente con fabricantes y expertos.

El mantenimiento de los Equipos y sus accesorios se planea en función de la Regulación Eléctrica vigente en el país y se retroalimenta luego de que se presentan cambios en dicha regulación.

Adicionalmente se hace referenciamiento periódico con empresas líderes (nacionales e internacionales) del sector, en metodologías de mantenimiento, modos de falla y desempeño de equipos.

Se tiene definidos los criterios para realizar los Planes de Mantenimiento en función de las siguientes variables:

- Edad de los equipos.
- Vigencia de garantías de fábrica.
- Lugar de instalación del Equipo.
- Tecnología (Mecanismo hidráulico, resorte).
- Operación del equipo.

Se han documentado y estandarizado los tiempos requeridos para las principales actividades de mantenimiento, en función de la cantidad de equipos, estado de los activos, recursos, entre otros.

Para garantizar la eficacia del trabajo de mantenimiento, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se recopila toda la información documental e histórica de los equipos a ser intervenidos (planos, pruebas, manuales, etc) y son analizados para planear correctamente las actividades.
- El personal calificado realiza previamente una inspección en sitio, con el objetivo de determinar la condición real de los equipos y sus accesorios, la cual

incluye el monitoreo de los sistemas de control, de forma que se tenga información confiable para la toma de decisiones.

- Se han analizado alternativas para realizar inspecciones “no invasivas” en los Equipos y que no se requiera abrir los Equipos.
- Se potencia la utilización de sistemas de información para la recopilación en línea de la información del desempeño de los equipos y obtener el reporte de fallas presentadas en tiempo real.
- Se realiza un Plan de Trabajo detallado en el que se incluye el listado de actividades que se van a realizar, los recursos humanos que van a participar y el listado de herramientas que se van a utilizar,
- Para garantizar la correcta operación de los Equipos, durante el mantenimiento de los Equipos se ponen en práctica las siguientes directrices que aplican a las herramientas que serán utilizadas:
  - Se cuenta con equipos para manipulación y análisis del gas SF6 de manera que se puedan realizar buenas prácticas de operación y mantenimiento para mitigar el impacto ambiental del gas SF6.
  - Las grúas cumplen con la normatividad legal vigente, en especial los temas relacionados con el mantenimiento periódico.
  - El operador de la grúa, tiene el conocimiento y experiencia probados para trabajar en subestaciones energizadas (cuando aplica), y por lo tanto son certificados una vez por año en coordinación con los Analistas del Sistema Integrado de Gestión.
  - Los equipos de medición y las herramientas de verificación (vacuómetros y torquímetros) están bajo un control metrológico que garantiza su actualización y precisión.

Las tareas de mantenimiento en REP para los interruptores está definida de la siguiente manera:

## A. INTERRUPTORES

### *Tareas predictivas*

- Inspección Operativa mensual en servicio a cargo del asistente.
- Inspección de conexiones de PAT 6A

### *Mantenimiento basado en frecuencia*

- Reapriete de borneras en gabinetes 6A
- Medida resistencia contactos 6A.
- Revisión del mecanismo de accionamiento 6A.
- Medición de calidad del gas SF6 6A
- Medida tiempos de operación 12A

### *Mantenimiento correctivo a condición*

- Cambio de empaques en gabinetes.
- Mantenimiento mayor en interruptores.
- Llenado de gas SF6.
- Cambio de empaques por fugas de SF6 en las envolventes.
- Cambio de conos en las envolventes.

## **B. SECCIONADORES**

### *Tareas predictivas*

- Inspección Operativa mensual en servicio a cargo del asistente.
- Mantenimiento del mecanismo de accionamiento 6A.

### *Mantenimiento basado en frecuencia*

- Medición de resistencia de contactos 6A
- Medición de tiempos y corriente de motor 6A
- Lubricación de partes móviles 6A
- Revisión de enclavamientos 6A

## **C. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE**

- Revisión caja de secundarios 6A
- Medición de aislamiento en el secundario 6A

## **D. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN**

- Revisión caja de secundarios 6A
- Medición de aislamiento en el secundario 6A

## **E. COMPARTIMENTOS GIS**

### *Tareas predictivas*

- Termografía en conectores de tensión 1A

### *Mantenimiento basado en frecuencia*

- Siliconado o limpieza del aislamiento de aisladores bushing en costa 3A/1A
- Medición de calidad de gas SF6 de compartimentos 6A
- Verificación de operación de los densímetros SF6 6A
- Medición de descargas parciales 15A
- Medición de malla a tierra de la Subestación 12A

### *Mantenimiento correctivo a condición*

- Cambio de empaques en gabinetes.
- Reemplazo de conectores de tensión por punto caliente.
- Llenado de gas SF6.
- Cambio de empaques por fugas de SF6 en las envolventes.
- Cambio de conos en las envolventes

A continuación, se detallan los puntos por mejorar:

1. Se debe contar con un Plan de Formación y capacitación que contemple las personas idóneas para el mantenimiento de los equipos GIS para que asistan a

sesiones de entrenamiento que realizan los fabricantes y/o expertos en diferentes temas asociados a la tecnología GIS.

2. Participación activa del personal especialista durante los procesos de montaje y puesta en servicio en nuevos proyectos de Celdas GIS.
3. Normalizar los procedimientos para realizar el overhaul de los equipos GIS y su seguimiento se realiza a partir de Listas de Chequeo, de forma que todas las intervenciones se planeen y se ejecuten de acuerdo con los mismos criterios, cumpliendo con las recomendaciones de seguridad definidos.
4. Culminar con la catalogación de los repuestos que se ingresan al inventario, para cada Equipo y/o marca (cuando aplica), unificando los códigos y las descripciones de los repuestos en el Maestro de Materiales de SAP, lo que permite conocer exactamente el inventario disponible y reducir el valor almacenado.
5. Generación de plan de simulación de planes de contingencia de manera sistemática.
6. Revisión/actualización/sistematización de protocolo de diagnóstico de equipos ante alarmas y equipos cuestionados (ejemplo fugas de SF6)

### 5.3.2. Ejecutar el Mantenimiento

Para garantizar la eficacia del trabajo de mantenimiento y la disponibilidad de los Equipos, se ponen en práctica las siguientes directrices:

- Se siguen los procedimientos normalizados para controlar todas las actividades que se desarrollan.
- Se ejecutan los controles a los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo y Gestión Ambiental que se definieron en las correspondientes matrices.
- Se cumplen las directrices de mantenimiento suministradas por los fabricantes de los Equipos.
- El personal calificado para ejecutar el Mantenimiento, completa su Plan de Formación y Capacitación mediante las siguientes acciones:
  - La asistencia a las sesiones de Entrenamiento y/o capacitaciones que realizan los fabricantes de los equipos GIS durante el montaje de los mismos,
  - La aprobación de los cursos para obtener y mantener su habilitación para Trabajar en Alturas de acuerdo con la legislación vigente,
  - El estudio de la documentación asociada a la ejecución de las tareas de mantenimiento.
  - El conocimiento detallado de la información técnica de los Equipos, sus accesorios y su historial de desempeño.
  - La asistencia a las sesiones de capacitación internas y externas, en temas especializados en Seguridad y Salud en el Trabajo, y Gestión Ambiental.

- Una vez terminado el Mantenimiento, se documentan las lecciones aprendidas y se determina la necesidad de modificar o completar los procedimientos. Adicionalmente se registran en SAP, los valores de condición del Equipo registrados en los puntos de medida.

### 5.3.3. Evaluar el Mantenimiento

- Dado que uno de los objetivos primordiales del Mantenimiento es que ningún equipo quede “cuestionado” para seguir en operación de acuerdo con su criticidad para el Sistema, se realizan pruebas para validar la calidad del Mantenimiento ejecutado. Adicionalmente, se determina la aplicación de los procedimientos homologados, el cumplimiento de las listas de chequeo, la correcta utilización de los recursos, la manipulación de equipos y herramientas calibradas, entre otros.
- Como medida de seguimiento, se tienen implementados Indicadores de Gestión para validar el cumplimiento de los Planes de Mantenimiento.
- Si alguna actividad definida en el Plan no se realiza, se reprograma para otra intervención planeada, en función de su criticidad (riesgo) y se crean en SAP los avisos de dicha actividad faltante para efectos de seguimiento.
- Cuando se van a realizar intervenciones que no están documentadas en los Planes de Mantenimiento, se sustentan en función de los análisis operativos y de condición.
- Se determina el índice de calificación de cada equipo, con lo cual se definen los requerimientos de mantenimiento correctivo. La actualización de la calificación se realiza cada vez que se tienen nueva información para diagnosticar la condición. Adicionalmente, se calcula el Índice de Salud de cada interruptor, con el cual se definen los equipos candidatos a ser renovados.
- Cuando se presenta una falla de alto impacto según la Guía se realiza el análisis de Eliminación Causa de Riesgo –ECR– con el fin de evaluar la causa y prevenir potenciales fallas en otros Equipos. Adicionalmente, se estructura un plan de acción con su respectivo seguimiento de implementación.

### *Condición de los activos*

En REP se cuenta con una calificación de la condición del estado en una escala Licker:

- 5 Buen estado
- 3 Seguimiento

- 2 Cuestionado
- 1 Crítico
- 0 Equipo fallado

Los criterios para la evaluación de la condición de los activos se encuentran detallados en el **Anexo I**

## 5.4. Renovación

### ➤ Aspectos limitantes de la vida útil de una Celda GIS:

De acuerdo a la experiencia que se ha desarrollado en REP y con las recomendaciones realizadas por los diferentes fabricantes de equipos GIS, los siguientes factores son considerados como las principales causas que llevan a un equipo al de fin de su vida útil:

- Decremento de la confiabilidad, disponibilidad o mantenibilidad.
- Cambios en la configuración de la red que requieran mayor esfuerzo de interrupción.
- Degradación excesiva de los componentes del interruptor, hasta el punto de que es más viable económicamente renovar el equipo que realizar un mantenimiento mayor/ Overhaul/ Upgrade.
- Consideraciones técnicas dadas por el fabricante del equipo (Edad del Interruptor, número máximo de operaciones, sumatoria máxima de corriente despejada).
- Debido a que las celdas GIS son instalados típicamente en el exterior, las condiciones ambientales adversas contribuyen de manera significativa a las tasas de severidad de su degradación de salud. Los siguientes factores representan la degradación ambiental de los interruptores:
  - ✓ Corrosión de las cajas de mando o de las partes metálicas.
  - ✓ Potencial ingreso de humedad entre las bridas y en los mecanismos de operación.
  - ✓ Deterioro del aislamiento bajo la influencia de la humedad, sal, niebla, hielo, etc.
  - ✓ Deterioro de las partes mecánicas, accionamientos de seccionadores de tierra e interruptor.

Conociendo las principales causas del porque un equipo GIS llega al fin de su ciclo de vida y como, el medio ambiente afecta drásticamente la condición de los equipos, la valoración de la condición general de los equipos GIS, puede hacerse a través de la evaluación de la condición de los siguientes componentes críticos:

a) Cámara de interrupción, incluyendo contactos y la calidad del SF6.

- b) Componentes del mecanismo de operación en interruptores, seccionadores de tierra y seccionadores de tierra de cuchilla rápida.
- c) Sellamientos y empaques que impacten la integridad del aislamiento y/o medio de extinción SF6.
- d) Degradación de los componentes de control, dispositivos electromecánicos y cables.
- e) Deterioro de los aisladores de soporte.
- f) Corrosión de las cubiertas y gabinetes de control.

Aunque todos los componentes listados anteriormente pueden impactar la operación de la celda GIS y la falla de alguno de dichos componentes puede inducir a la falla de los equipos, los primeros cinco aspectos son de importancia crítica y pueden llevar a la falla repentina de la celda GIS.

➤ **Estableciendo un índice de salud, índice de criticidad y prioridad de replazo.**

El objetivo principal del índice de salud es poder cuantificar técnicamente, el grado de deterioro de sus componentes y poder estimar un plan de inversión a corto y largo plazo con los equipos que se determinen que están cerca de su fin de ciclo de vida.

Para hacer el cálculo del IH se tuvo que hacer una clasificación de las variables determinantes que afectan la vida del equipo (Según estrategia actual solo se calcula Índice de Salud para Interruptores y equipos Inductivos).

Los criterios para seleccionar estas variables fueron las siguientes:

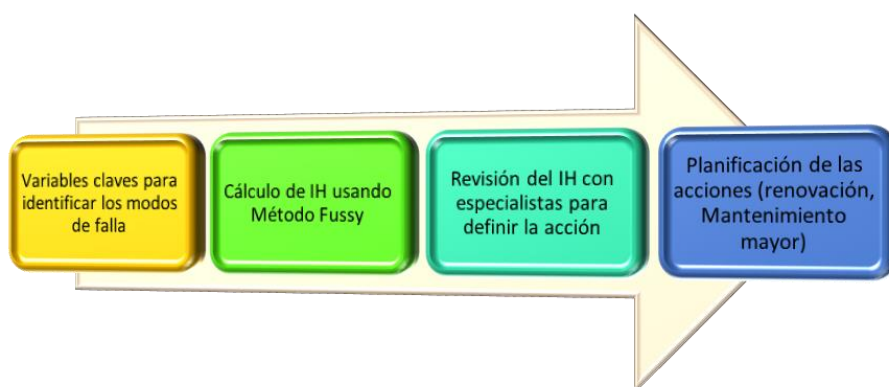
- Mayor cantidad de data ingresada al sistema SAP
- Son variables que impactan en el estado de salud del interruptor

Variables seleccionadas y parametrización triangular Fuzzy para interruptores GIS:



FamiliaEquipo	Variable	Descripcion	Nivel	X1	X2	X3	Und
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Mbueno	0	15	20	años
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Bueno	15	25	40	años
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Pobre	35	45	55	años
INT-GIS	EDAD	Edad del Interruptor	Mpobre	50	60	100	años
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Mbueno	3	4	5	Und
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Bueno	2	3	4	Und
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Pobre	1	2	3	Und
INT-GIS	HI	Indice de Salud	Mpobre	0	1	2	Und
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Mbueno	0	100	150	ppmv
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Bueno	100	200	300	ppmv
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Pobre	250	350	450	ppmv
INT-GIS	HUM	Humedad de SF6	Mpobre	400	600	1000	ppmv
INT-GIS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Bueno	0	1	2	Und
INT-GIS	OBSTEC	Obsolescencia Tecnologica	Pobre	1	2	3	Und
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Mbueno	98	99	101	%
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Bueno	96	98	99	%
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Pobre	94	96	97	%
INT-GIS	PUR	Pureza de SF6	Mpobre	0	94	95	%
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mbueno	0	170	200	uohm
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Bueno	170	250	300	v
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Pobre	280	400	600	
INT-GIS	RCC	Resistencia de Contactos Camara	Mpobre	400	600	5000	
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mbueno	0	1	2	ppmv
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Bueno	1	3	5	ppmv
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Pobre	4	12	20	ppmv
INT-GIS	SO2	Partículas de SO2 en Gas SF6	Mpobre	12	36	1000	ppmv

### Flujograma del ciclo de cálculo del IH:



Después del proceso de cálculo se validan los resultados con los especialistas de campo para definir acciones, estas se definen en una columna según la tabla siguiente.



DECISIONES	CARACTERÍSTICA
POA	Reemplazo de equipos según el indicador de calculo
M-MAYOR	Realizar Mantenimiento mayor según el indicador de cálculo y proceder hacer reinicio de reloj
CAMBIO PARTES	Realiza el cambio de la parte dañada y proceder hacer reinicio de reloj
SEGUIMIENTO	Realizar pruebas según el indicador de calculo

Los niveles de Índice de salud determinados por el proyecto de Gestión de Activos los cuales serán utilizados para calificar cada criterio son:

HI. Nivel de Índice Salud	Condición	Tiempo de reemplazo	Color
1	Muy Pobre	0-2 años	Rojo
2	Pobre	2-5 años	Marrón
3	Bueno	5-10 años	Amarillo
4	Muy bueno	>10 años	Verde

Donde los tiempos de intervención no consideran los tiempos durante el proceso de adquisición, compra y entrega del equipo en Sitio.

Los modos de falla que no puedan ser monitoreados mediante una prueba o inspección, o fallas repentinas como explosión o daño inminente del activo, serán considerados como índice de salud 1 y son equipos que deben reemplazar de inmediato y no entran dentro de un análisis de índice de salud.

Otros factores que desencadena un análisis de reemplazo de activos y no hacen parte del alcance del índice de salud para los equipos GIS son mantenibilidad, oportunidad tecnológica, requisitos normativos, reducción de ingresos, restricciones operativas, imagen o intangibles entre otros.

Para la determinación del índice de salud bajo el criterio de condición técnica, se debe tener en cuenta el preámbulo que los equipos son reparables y la decisión de cambiar un equipo GIS por su condición debe involucrar variables adicionales como el inventario de repuestos y costos de reparación.

Partiendo de los modos de falla de un equipo GIS por los cuales se deba cambiar un componente o equipo completo se podría realizar el

análisis técnico-económico si el equipo GIS se repara o se renueva por uno nuevo.

## 5.5. Disposición final de activos

Luego de realizar las actividades de haber cambiado el equipo GIS por otro equipo nuevo o con mejor condición, el grupo de mantenimiento responsable de los trabajos debe solicitar mediante un memorando al Departamento de Logística la baja de los materiales, indicando cual es la condición de los equipos desinstalados y proponiendo su disposición.

Los equipos y repuestos que deben ser dados en disposición final son:

- Los repuestos y materiales desmontados que, de acuerdo con el concepto del grupo Ejecutor de Mantenimiento respectivo, no tienen reparación, son obsoletos o no garantizan el servicio.
- Los equipos GIS que según su condición técnica no son aptos para el servicio.
- Los repuestos y materiales que se encuentran en los almacenes, obsoletos, deteriorados, que no tienen equipos instalados a soportar o que por renovación tecnológica ya no sirvan de respaldo a los equipos montados.

Una vez el equipo haya sido dado de baja el personal de Mantenimiento debe coordinar con el Coordinador de Almacén, la entrega de los materiales para su respectivo manejo y disposición final de acuerdo con la decisión que se haya tomado para tal equipo (custodia, venta comercial, venta como chatarra, donación, devolución al MEM, etc), para el caso de los elementos, equipos, materiales o repuestos que constituyan excedentes industriales.

En el caso de que los equipos en trámite de baja contengan aceite o algún material altamente contaminante, se procede a aplicar las normas ambientales requeridas para garantizar una adecuada disposición final.

## ANEXO I: Reglas de diagnóstico de equipos GIS

### Calificación de interruptores de potencia

#### CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UNIDAD	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIENTO)	2 (CUESTIONADO)	1 (CRITICO)	
1. CALIFICACIÓN POR GESTIÓN DE LA OPERACIÓN						
Falla Mando Eléctrico	SI/NO	NO	NA	NA	SI	
Corriente de falla despejada	kA	suma ((I. falla)^2*#oper) <=18000	suma ((I. falla)^2*#oper) <=19000	suma ((I. falla)^2*#oper) <=20000	suma ((I. falla)^2*#oper) >20000	
Cantidad operaciones en falla					V >1000	
Operación en condiciones anormal	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
2. CALIFICACIÓN POR INSPECCIONES OPERATIVAS						
Número de arranque continuo bomba/ Compresor por día	# Arranques/ Día	<4	4-10	10-14	>14	
Ingreso de animales	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Cantidad de gas SF6 adicionado	Cantidad /llenados	NO	V <=(( V. REF- V. min)*0.7)+vmin) ó llenado >2 meses, leve	V <=(( V. REF- V. min)*0.4)+vmin) ó llenado >1 mes, moderada	V <=(( V. REF- V. min)*0.2)+vmin) ó llenado <1 mes, alarma	Rango(R)=presion nominal (PN)- Presión Alarma (PA) ó frecuencia de llenado
Fuga aceite medio actuador hidráulico	Cantidad	NO	Leve	Moderada	Alarma	
Fuga aire medio actuador neumático	Cantidad	NO	Leve	Moderada	Alarma	
Resistencia de calefacción defectuosa	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Fuga aceite amortiguador	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	
Resorte descargado	SI/ NO	NO	NA	NA	SI	

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UNIDAD	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIENTO)	2 (CUESTIONADO)	1 (CRITICO)	
Componentes eléctricos e instrumentos del sistema de control con riesgo de avería *	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	Daño o deterioro de reles, pulsadores, bobinas, interruptor auxiliar, borneras, cableado
Componentes mecánicos e instrumentos del sistema de control con riesgo de avería *	SI/ NO	NO	NA	SI	NA	Corrosión, ingreso de agua, daño porcelanas, daño cubículo, daño empaquetadura, daño manija, ductos abiertos
Presión medio de extinción	Unidad	$V \geq V.REF$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.7) + V.min$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.4) + V.min$	$V \leq ((V.REF - V.min) * 0.2) + V.min$	Presión según la lectura
Presión sistema de accionamiento	Unidad	$V \geq V.min$	NA	NA	$V < V.min$	Presión según la lectura
Pureza de SF6 polo	%	V (100-98%)	V ( 98-97%)	V ( 97-95%)	$V < 95\%$	
Humedad de SF6 polo	ppm	$V \leq 200$ ppm	$V \leq 300$ ppm	$V \leq 400$ ppm	$V > 400$ ppm	
# Partículas en SF6 (SO2 ppm)	ppm	<2	<5	<12	>12	
Rigidez Aceite dieléctrico	KV	$V > 40$	$V < 40$	$V < 30$	$V < 20$	LABORATORIO
Porcentaje Saturación H2O/Oil	%	$V < V.REF$	$V \leq V.REF * 1.5$		$V > V.REF * 1.5$	LABORATORIO
Estado de Aceite Hidráulico	Estado	Bueno		regular	malo	LABORATORIO / INSPECCIÓN
3. CALIFICACIÓN POR PRUEBAS ELÉCTRICAS						
Capacitancia Cámara	Picofaradi os	$V < 105\% V.REF$	$V < 108\% V.REF$	$V < 110\% V.REF$	$V \geq 110\% V.REF$	si $V < 95\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"
Factor de potencia	% PF	$V < 200\% V.REF$	$V < 250\% V.REF$	$V < 300\% V.REF$	$V \geq 300\% V.REF$	si $V < 70\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"
Corriente alimentación motor	Amperios	$V < 1.2 V.REF$	$V < 1.3 V.REF$	$V < 1.4 V.REF$	$V > 1.4 V.REF$	si $V < 70\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"
Resistencia de Contactos Cámara	Microhmi os	$V < 1.5 V.REF$	$V < 2 V.REF$	$V < 3 V.REF$	$V \geq 3 V.REF$	si $V < 80\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"
Tiempo de Apertura Cámara	ms	$V \leq V.REF + 5$	$V \leq V.REF + 7$ O $V < 0.8 * V.REF$	$V \leq V.REF + 10$	$V > V.REF + 10$	si $V < 80\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"

CALIFICACIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA						
VARIABLE	UNIDAD	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIENTO)	2 (CUESTIONADO)	1 (CRITICO)	
Tiempo de Cierre Camara	ms	$V \leq V.REF+8$	$V \leq V.REF+12$ O $V < V.REF - 10$	$V \leq V.REF+16$	$V > V.REF+16$	si $V < V. REF-10$ "Valor mal ingresado"
Discrepancia Máxima apertura	ms	$V \leq 2.5$	$V \leq 3.5$	$V \leq 5$	$> 5$	
Discrepancia Máxima al cierre	ms	$V < 5$	$V \leq 8$	$V \leq 10$	$> 10$	
Tiempo Cierre Resistencia Cam	ms	$V < V.REF+7$	$V < V.REF+9$	$V < V.REF+12$	$V \geq V.REF+12$	si $V < V. REF-10$ "Valor mal ingresado"
Medida resistencia preinser Cam	ohmios	$V < 1.25 V.REF$	$V < 1.50 V.REF$	$V < 1.75 V.REF$	$V \geq 1.75 V.REF$	si $V < 70\% V.REF$ . "Valor mal ingresado"
Severidad_termografia	Unidad	5	3 (prioridad año)	2 (prioridad semestre)	1 (prioridad mes)	Uso de MTN-M-G02.00-003-P calificación 0 equipo fuera de servicio
Contador de operaciones	# Maniobras	$V < V. REF*0.7$	$V < V. REF*0.8$	$V < V. REF*0.9$	$V > V. REF*0.9$	
Calificación del equipo	Unidad	5	3	2	1	Se tomará como calificación del equipo la más baja calificación individual de estos criterios que tenga el equipo
<b>NOTA:</b> 1) La calificación es igual a 9 cuando no se cuenta con información suficiente para calificar el equipo (Faltan documentos de medida) 2) La calificación es igual a cero (0) cuando el equipo ha fallado. Este equipo se debe pasara a status BAJA o REPA.						

CALIFICACIÓN SECCIONADORES						
VARIABLE	Unidad	CALIFICACIÓN				OBSERVACIONES
		5 (BUENO)	3 (SEGUIMIENTO)	2 (CUESTIONADO)	1 (CRITICO)	
CALIFICACIÓN POR INSPECCIONES OPERATIVAS						
Ingreso de animales	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
Falla Mando Eléctrico	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
Resistencia de calefacción defectuosa	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
Descalibración contactos principales	SI/NO	NO	NA	SI	NA	
Componentes electricos e instrumentos del sistema de control con riesgo de averia *	SI/NO	NO	NA	SI	NA	Daño o deterioro de reles, pulsadores, bobinas, interruptor auxiliar, borneras, cableado
Componentes mecánicos e instrumentos del sistema de control con riesgo de averia *	SI/NO	NO	NA	SI	NA	Corrosión, ingreso de agua, daño porcelanas, daño cubículo
CALIFICACIÓN POR PRUEBAS ELÉCTRICAS						
Corriente a la apertura	Amperios	V <=1.2 V.REF	V <=1.3 V.REF	V <=1.4 V.REF	V >1.4 V.REF	si V <30% V.REF. "Valor mal ingresado"
Corriente al cierre	Amperios	V <=1.2 V.REF	V <=1.3 V.REF	V <=1.4 V.REF	V >1.4 V.REF	si V <30% V.REF. "Valor mal ingresado"
Resistencia de Contactos	Micro ohmios	V <= 3 V.REF	V <= 4 V.REF	V <= 5 V.REF	V >5 V.REF	si V <80% V.REF. "Valor mal ingresado"(Valor teorico)
Tiempo de Apertura	Segundos	V <= V.REF+2	V <= V.REF+3	V <= V.REF+4	V > V.REF+5	si V < V. REF*0.8 "Valor mal ingresado"
Tiempo de Cierre	Segundos	V <= V.REF+2	V <= V.REF+3	V <= V.REF+4	V > V.REF+5	si V < V. REF*0.8 "Valor mal ingresado"
Severidad Termografía	Unidad	5	3 (prioridad año)	2 (prioridad semestre)	1 (prioridad mes)	Uso de MTN-M-G02.00-003-P calificación 0 equipo fuera de servicio
Aislamiento motor	Mega Ohmios	V>30Mega Ohmios	V<=30 Mega Ohmios	V<=25 Mega Ohmios	V<=20 Mega Ohmios	
Calificación del equipo	Unidad	5	3	2	1	Se tomará como calificación del equipo la más baja calificación individual de estos criterios que tenga el equipo
Nota: El punto de medida "Componentes electricos e instrumentos del sistema de control con riesgo de averia" corresponde a todas las anomalías que presentan todo los componentes como reles,						
Nota: El punto de medida "Comp/tes Mecanicos Riesgo Averia " corresponde a todas las anomalías que presentan todos los componentes mecánicos como estructura soporte, porcelanas contactos						
Nota: "V.REF" corresponde al valor teorico o esperado y "V" corresponde al valor de lectura o ingresado en el documento de medida						

MATRIZ REGLA DE DIAGNOSTICO PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ENCAPSULADOS (S-CT-E)					
No.	PUNTO MEDIDA	Nombre Pto de Med en SAP	VALOR MEDIDO		CALIFICACIÓN
4	Medida resistencia aislamiento núcleo X	Medida resistencia aislamiento núcleo 1	Valor Actual Ingresado (Registro puntual) (MΩ)	Decrecimiento R aislamiento (Valor Anterior / Valor Actual Ingresado) (veces)	
		Medida resistencia aislamiento núcleo 2			
		Medida resistencia aislamiento núcleo 3	Aislamiento ≥ 50	0 < decrecimiento ≤ 20	5
		Medida resistencia aislamiento núcleo 4	50 > Aislamiento ≥ 20	decrecimiento > 20	3
		Medida resistencia aislamiento núcleo 5	20 > Aislamiento ≥ 12.5		2
		Medida resistencia aislamiento núcleo 6	Aislamiento ≤ 12.5		1
5	Severidad por termografía	Severidad por termografía	Severidad por termografía		
			5		5
			3		3
			2		2
			1		1
6	Ingreso de animales	Ingreso animales	Cualitativa		
			No		5
			Si		3
7	Inspección visual (general)	Inspección visual general	Cualitativo		
			Bueno (Buen estado, puesta a tierra, estructura, tornillería)		5
			Regular (Regular estado porcelana, puesta a tierra, estructura, tornillería)		3
			Malo (Mal estado porcelana, puesta a tierra, estructura, tornillería)		2
8	Porcentaje desviación en relación de transformación	Porcentaje de error TTR núcleo 1	% Desviación ((Valor Teórico - Vr Actual Ingresado)/ Valor Teórico)*100		
		Porcentaje de error TTR núcleo 2	0 < Desviación ≤ 3		5
		Porcentaje de error TTR núcleo 3	3 < Desviación ≤ 5		3
		Porcentaje de error TTR núcleo 4	5 < Desviación ≤ 6		2
		Porcentaje de error TTR núcleo 5	Desviación > 6		1
		Porcentaje de error TTR núcleo 6			
9	Porcentaje desviación en resistencia ohmica	Medida de resistencia óhmica núcleo 1	% Desviación ((Valor Teórico - Vr Actual Ingresado)/ Valor Teórico)*100		
		Medida de resistencia óhmica núcleo 2	0 < Desviación ≤ 20		5
		Medida de resistencia óhmica núcleo 3	20 < Desviación ≤ 35		3
		Medida de resistencia óhmica núcleo 4	35 < Desviación ≤ 50		2
		Medida de resistencia óhmica núcleo 5	Desviación > 50		1
10	Calificación del equipo	Calificación del equipo	SE TOMARA COMO CALIFICACION INTEGRAL DEL EQUIPO LA MAS BAJA CALIFICACION INDIVIDUAL DE LAS VARIABLES ESTABLECIDAS		
NOTA a) La prueba de relación se hará exclusivamente para equipos desmontados, repuestos, almacenados o para recepción de equipos nuevos o por requerimientos especiales					
b) La prueba de resistencia óhmica se hará exclusivamente para equipos desmontados, repuestos, almacenados o para recepción de equipos nuevos o por requerimientos					
c) La prueba de curva de saturación se realizará para recepción de equipos y por requerimientos especiales como prueba de característica de cada CT y no será tenida en cuenta					

MATRIZ REGLA DE DIAGNOSTICO PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL ENCAPSULADOS (S-PT-E)					
No.	PUNTO MEDIDA	Nombre Pto de Med en SAP	VALOR MEDIDO		CALIFICACIÓN
1	Porcentaje desviación en relación de transformación	Porcentaje de error de TTR núcleo 1 Porcentaje de error de TTR núcleo 2 Porcentaje de error de TTR núcleo 3	% Desviación ((Valor Teórico - Vr Actual Ingresado)/ Valor Teórico)*100		
			0 < Desviación ≤ 3		5
			3 < Desviación ≤ 5		3
			5 < Desviación ≤ 6		2
			Desviación > 6		1
2	Severidad termografía	Severidad por termografía	Severidad por termografía		
			5		5
			3		3
			2		2
			1		1
3	Ingreso de animales	Ingreso animales	Cualitativa		
			No		5
			Si		3
4	Inspección visual (general)	Inspección visual general	Cualitativo		
			Bueno (Buen estado porcelana, puesta a tierra, estructura, tornillería)		5
			Regular (Regular estado porcelana, puesta a tierra, estructura, tornillería)		3
			Malo (Mal estado porcelana, puesta a tierra, estructura, tornillería)		2
5	Medida resistencia aislamiento núcleo X	Medida resistencia aislamiento núcleo 1 Medida resistencia aislamiento núcleo 2 Medida resistencia aislamiento núcleo 3	Valor Actual Ingresado (Registro puntual) (MΩ)	Decrecimiento R aislamiento (Valor Anterior / Valor Actual Ingresado) (veces)	
			Aislamiento ≥ 50	0 < decrecimiento ≤ 20	5
			50 > Aislamiento ≥ 20	decrecimiento > 20	3
			20 > Aislamiento ≥ 12.5		2
			Aislamiento ≤ 12.5		1
6	Calificación del equipo	SE TOMARA COMO CALIFICACION INTEGRAL DEL EQUIPO LA MAS BAJA CALIFICACION INDIVIDUAL DE LAS VARIABLES ESTABLECIDAS			

NOTA a) La prueba de resistencia de aislamiento se hará exclusivamente por requerimientos especiales



MATRIZ REGLA DE DIAGNOSTICO PARA PARARRAYOS					
No.	PUNTO MEDIDA	Nombre Pto de Med en SAP	VALOR MEDIDO		CALIFICACIÓN
1	Calificación por termografía	Severidad por termografía	Variación de temperatura ( $\Delta T$ ) con el mismo cuerpo del pararrayo, con otro cuerpo del pararrayo, con otro pararrayo similar, o bien, con la temperatura ambiente. Tener en cuenta la carga solar y/o fuentes de radiación cercanas.		
			$\Delta T \leq 1.5^{\circ}\text{C}$		5
			$1.5^{\circ}\text{C} < \Delta T \leq 3^{\circ}\text{C}$		3
			$\Delta T > 3^{\circ}\text{C}$		1
2	Ifuga resistiva corregida	Corriente de fuga resistiva corregida	% Crecimiento Ifuga resistiva (Valor actual)/(5*Valor Teórico) *100	% Crecimiento Ifuga resistiva ((Ultimo valor - Valor actual)/ Ultimo valor) *100	
			% crecimiento Ifuga resistiva $\leq 75$	% crecimiento Ifuga resistiva $\leq 150$	5
			% crecimiento Ifuga resistiva $\leq 100$	% crecimiento Ifuga resistiva $\leq 400$	3
			% crecimiento Ifuga resistiva $>100$	% crecimiento Ifuga resistiva $>400$	1
3	Inspección visual	Inspección visual general	Cualitativa		
			Bueno (Buen estado porcelana, puesta a tierra, estructura)		5
			Regular (Regular estado porcelana, puesta a tierra, estructura)		3
			Malo (Mal estado porcelana, puesta a tierra, estructura)		2
4	Ingreso de animales	Ingreso animales	Cualitativa		
			No		5
			Si		3
5	Calificación integral del equipo	Calificación del equipo	Se tomará como calificación integral la más baja calificación individual de estos criterios que tenga el equipo		