



REP
CTM
ISAP

Estrategia de Ciclo de Vida de
Equipos FACTS

Versión 6.0

Octubre 2023

Cuadro de Control				
Versión	Fecha	Elaboración	Revisión	Participación
1.0	28-12-2018	David Flores Javier Vilcas	Kernick Ruíz	
2.0	18-07-2019	David Flores Javier Vilcas	Kernick Ruíz	Jorge Ganoza Diego Giraldo Janet Tabraj
3.0	18-06-2020	David Flores Javier Vilcas	Kernick Ruíz	
4.0	06-10-2021	David Flores Félix Arroyo	Kernick Ruiz	
5.0	18-10-2022	David Flores	Kernick Ruiz	Fredy Asencios Joshly Guerra
6.0	17-10-2023	David Flores	Kernick Ruiz	

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen ejecutivo.....	4
1.1. Propósito	4
1.2. Alcance.....	4
2. Definiciones.....	4
3. Referencias	6
4. Descripción de los activos.....	7
5. Incorporación de equipos FACTS	10
6. Desempeño actual de equipos.....	11
7. Principales Riesgos actuales	12
8. Estrategia de ciclo de VIDA.....	12
8.1. Creación de los activos	12
8.1.1 Planeación.....	12
8.1.2 Diseño	13
8.1.3 Adquisiciones.....	15
8.1.4 Montaje, puesta en servicio y entrega a operación.....	16
8.2. Operación de activos.....	17
8.3. Mantenimiento de Activos	17
8.3.1. Planear el Mantenimiento	17
8.3.2. Ejecutar el Mantenimiento.....	18
8.3.3. Evaluar el Mantenimiento.....	19
8.3.3.1. Condición de los activos	19
8.4. Renovación y disposición final	20
8.4.1. Renovación	20
8.4.2. Baja de un equipo de compensación	20
8.4.3. Disposición final de equipos.....	21
9. Revisión y Mejora Continua	21

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 FACTS (Flexible AC Transmission Systems).

La estrategia de ciclo de vida busca tener en un solo documento el manejo detallado del ciclo de vida de los equipos para estos equipos.

1.1. Propósito

El propósito de este documento es describir la estrategia de ciclo de vida para manejar todos equipos FACTS instalados en las subestaciones de REP, CTM e ISAP, el cual busca dar una guía adecuada para soportar las actividades a ser optimizadas para la máxima obtención de valor manejando la eficiencia en el TOTEX, los riesgos, costos y desempeño acordes con el PEGA entregando un nivel de detalle superior al mismo en aspectos específicos de los equipos FACTS, especificando en lo posible interacciones entre las diferentes etapas del ciclo de vida.

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

1.2. Alcance

Aplica a los activos de las empresas REP, CTM e ISA Perú, de las cuales REP es la encargada de realiza la gestión de los activos durante su ciclo de vida.

- Los dispositivos FACTS dentro del alcance son:
 - Banco de condensadores (BC)
 - Compensación Serie (Fixed Series Compensation – FSC)
 - SVC (Static VAR Compensator)
 - STATCOM (Static Synchronous Compensator)
 - Compensador síncrono (CS).

2. Definiciones

ALARP	Reducir el riesgo a un nivel “As Low As Reasonably Practicable” (Tan bajo como sea razonablemente posible) e implica el balance de reducir el riesgo en el tiempo versus el costo de hacerlo.
PEGA	Plan Estratégico de Gestión de Activos acorde con la norma internacional ISO 55001: 2014 – Asset Management – Management systems – Requirements.
Innovación	Cambios que introducen alguna novedad en los procesos buscando generar valor.

Mejorabilidad	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.
ECR	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.
Matriz RACI	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).
RCM+	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 garanticen que las instalaciones cumplan el plan estratégico del negocio.
GAN	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.
REM	Los documentos REM muestran que hay que hacer a nivel de equipos comunes. Las rutinas estándares de mantenimiento, REM, busca estandarizar los requerimientos mínimos de mantenimiento a ejecutar por equipo, por ejemplo: líneas, transformadores, interruptores, controladores, bahías, barras, etc. Forman parte fundamental del gobierno corporativo del mantenimiento y el control del OPEX.
Análisis de Criticidad	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.
Ciclo de Gestión del Conocimiento	El ciclo de la gestión del conocimiento está formado por las diferentes fases por las que los datos o información tienen que pasar en una organización antes de convertirse en un activo de valor para esta.
MSDS	Hoja informativa sobre sustancias peligrosas (Material Safety Data Sheets).
SALVO	Proceso para la optimización del ciclo de vida del activo.
DST	Decision Support Tools. Herramienta para la toma de decisiones del ciclo de vida del activo.
OSINERGMIN:	Institución pública que regula la tarifa GRT, y fiscaliza a las empresas del sector eléctrico.
COES	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”.
FACTS	Sistemas Flexibles de transmisión AC. Siglas en Ingles de “Flexible AC Transmission Systems”
SVC	Compensador estático (por sus siglas en ingles “SVC - Static Var Compensator”. Dispositivo FACTS conectado en shunt para el control automático de tensión en barra compuesto principalmente de un reactor controlado por tiristores (TCR – Thyristor Controlled Reactor) y filtros capacitivos.
FSC	Compensación serie. FSC: Fixed Series Compensation
CS	Compensador Síncrono
STATCOM	Compensador síncrono estático. STATCOM - Static Synchronous Compensator
BC	Banco de condensadores

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 y renovar.
- MANOMAS
- IEEE 1031-2011 - IEEE Guide for the Functional Specification of Transmission Static Var Compensators
- IEC 60871-1 2014-05 4ED Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General
- IEC TS 60871-3 2015-06 2ED Part 3: Protection of shunt capacitors and shunt capacitor banks
- IEC 60871-4 2014-03 2ED Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 4: Internal fuses
- IEEE 1303 2011-06 - Guide for static Var Compensator Field Test
- IEC 62927 Voltage sourced converter (VSC) valves for static synchronous compensator – (STATCOM) – Electrical testing

4. Descripción de los activos

La Tabla 1 muestra el listado de equipos por nivel de tensión, sociedad, ubicación, potencia, marca y año de puesta en servicio.

Tipo	kV	Emp.	Subestación	Código	Mvar	Marca	Pta. en servicio	Calificación	Antigüedad (años)
Banco de condensadores	13.8	REP	Chimbote	BC-1	20	Toshiba	1986	3	37
Banco de condensadores	13.8	REP	Chimbote	BC-2	15	Toshiba	1980	3	43
Banco de condensadores	10	REP	Huánuco	BC-4	2.2	Westinghouse	1986	3	37
Banco de condensadores	10	REP	Tingo María	BC-6	2.2	Westinghouse	1986	3	37
Banco de condensadores	60	REP	San Juan	BC-8	30	ABB	1997	3	26
Banco de condensadores	60	REP	San Juan	BC-9	30	ABB	2002	3	21
Banco de condensadores	60	REP	San Juan	BC-10	30	ABB	2002	3	21
Banco de condensadores	60	REP	San Juan	BC-11	30	ABB	2002	3	21
Banco de condensadores	10	REP	Juliaca	BC-12	2.5	ABB	1990	5	33
Banco de condensadores	10	REP	Juliaca	BC-13	5	ABB	1990	5	33
Banco de condensadores	60	REP	Chavarría	BC-16	20	LAELC	2009	3	14
Banco de condensadores	60	REP	Chavarría	BC-17	20	LAELC	2009	3	14
Banco de condensadores	60	REP	Chavarría	BC-18	20	LAELC	2009	3	14
Banco de condensadores	60	REP	Chavarría	BC-19	20	LAELC	2009	3	14
Banco de condensadores	60	REP	Trujillo Norte	BC-20	15	Arteche	2011	5	12
Banco de condensadores	60	REP	Piura	BC-21	20	ALSTOM	2014	5	9
Banco de condensadores	60	REP	Puno	BC-24	7	Arteche	2017	5	6
Banco de condensadores	60	REP	Puno	BC-25	7	Arteche	2017	5	6
Banco de condensadores	60	REP	Zorritos	BC-26	6.7	Shreem Electric	2018	5	5
Banco de condensadores	60	REP	Zorritos	BC-27	13.3	Shreem Electric	2018	5	5
Banco de condensadores	60	CTM	La Brea	BC-30	19.05	Arteche	2021	5	2
Banco de condensadores	60	CTM	La Brea	BC-31	19.05	Arteche	2021	5	2
Banco de condensadores	60	CTM	La Brea	BC-32	18.64	Arteche	2021	5	2
SVC	138	REP	Trujillo Norte	SVC-1	+30/-20	ABB	1996	5	27
SVC	60	REP	Chiclayo	SVC-2	+/-30	ABB	1996	5	27
SVC	138	REP	Tintaya	SVC-4	+15/0	ABB	1990	2	33
SVC	220	CTM	Socabaya	SVC-5	+300/-100	ABB	2011	3	12
STATCOM	60	ISAP	Pucallpa	SVC-6	+/-50	SIEMENS	2016	5	7
Compensación Serie	220	CTM	Cotaruse	XC1	128.9	ABB	2011	3	12
Compensación Serie	220	CTM	Cotaruse	XC2	128.9	ABB	2011	3	12
Compensación Serie	220	CTM	Cotaruse	XC3	138.2	ABB	2011	3	12
Compensación Serie	220	CTM	Cotaruse	XC4	138.2	ABB	2011	3	12
Compensación Serie	500	CTM	Poroma	XC5	498.6	GE	2017	3	6
Compensación Serie	500	CTM	Poroma	XC6	673.1	GE	2017	3	6
Compensación Serie	500	CTM	Campas	XC7	131.1	Siemens	2023	5	0
Compensación Serie	500	CTM	Campas	XC8	87.4	Siemens	2023	5	0
Compensación Serie	500	CTM	Campas	XC9	170	Siemens	2023	5	0
Compensación Serie	500	CTM	Campas	XC10	113.3	Siemens	2023	5	0
Compensador Síncrono	10	REP	Independencia	CS-1	7/-10	Marelli	1973	0	50

Tabla 1. Lista de equipos de compensación de las empresas del Grupo ISA en Perú.

- **Cantidad de Equipos**

De la Tabla 1 y 2 indica que existen 39 equipos en total. REP tiene 24 equipos que representa el 61.5%, CTM tiene 14 equipos que representa 35.9% e ISA Perú tiene un equipo y representa el 2.6%. La Figura 1 muestran los equipos por sociedad y por tipo de equipos.

Sociedad	Cantidad	% del total
REP	24	61.5%
Banco de condensadores	20	51.3%
SVC	3	7.7%
Compensador Síncrono	1	2.6%
CTM	14	35.9%
Compensación Serie	10	25.6%
Banco de condensadores	3	7.7%
SVC	1	2.6%
ISAP	1	2.6%
STATCOM	1	2.6%
Total general	39	100.00%

Tabla 2. Cantidad de equipos de compensación por tipo y sociedad.

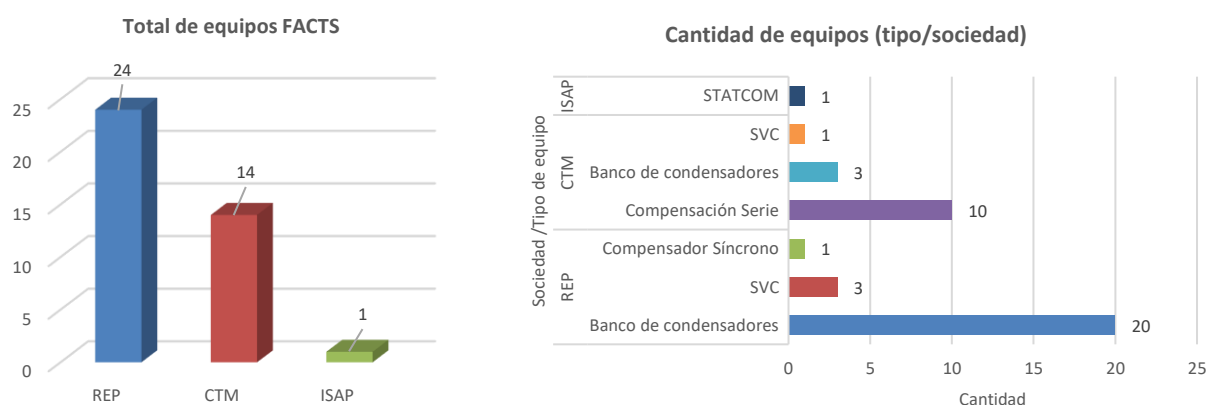


Figura 1. Cantidad de equipos de tipo y sociedad.

- **Potencia reactiva instalada**

La potencia reactiva instalada es de 3012.3 Mvar capacitivos instalados, las partes inductivas de las ramas variables no han sido considerados en el análisis.

De estos, la potencia reactiva instalada de CTM representa el 85.1%, (2564.4 Mvar), que incluyen las compensaciones serie con el 73.3% (2207.7 Mvar) y SVC con 9.9% (300 Mvar), seguidos por los Bancos de condensadores REP con el 10.5% (315.9 Mvar).

Ver Tabla 3 y Figura 2.

- **Antigüedad Instalada**

El tiempo de vida útil de un equipo de compensación reactiva es de 25 años. En la Tabla 1 y Figura 3 se muestran la antigüedad de los equipos, siendo el más antiguo el Compensador síncrono de SE Independencia con 50 años, seguido por los bancos de BC2 (43 años); BC1, BC4 y BC6 (37 años); SVC-4, BC12 y BC13 con 33 años y el SVC-1 y SVC-2 (27 años) los cuales ya han cumplido su vida útil.

- **Marcas Utilizadas**

ABB es la marca predominante tanto en banco de condensadores, compensación serie y SVC, representado el 40% de equipos FACTS instalados. Los detalles de la distribución de marcas son mostrados en la Figura 4.

Sociedad/Tipo de equipo	Porcentaje (%)	Potencia reactiva (Mvar)
ISAP	1.7%	50.0
STATCOM	1.7%	50.0
REP	13.2%	397.9
Compensador Síncrono	0.2%	7.0
SVC	2.5%	75.0
Banco de condensadores	10.5%	315.9
CTM	85.1%	2564.4
Banco de condensadores	1.9%	56.7
SVC	9.9%	300.0
Compensación Serie	73.3%	2207.7
Total general	100.0%	3012.3

Tabla 3. Potencia reactiva instalada.

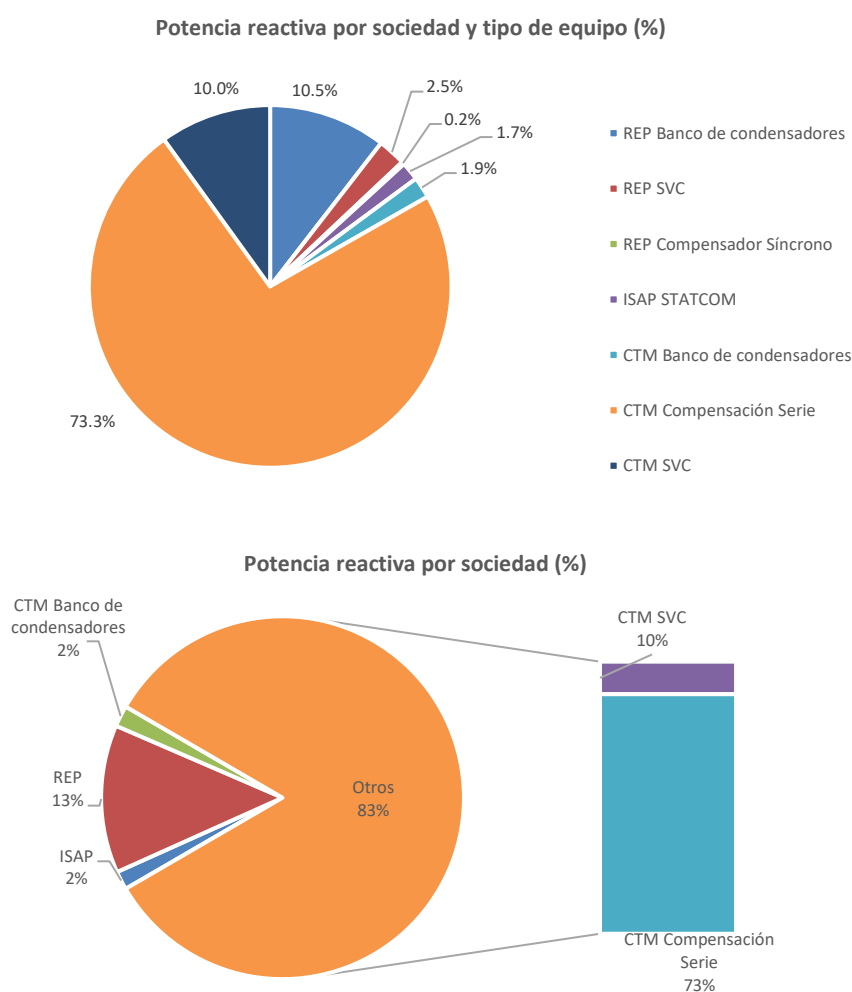


Figura 2. Potencia reactiva instalada por de tipo y sociedad.

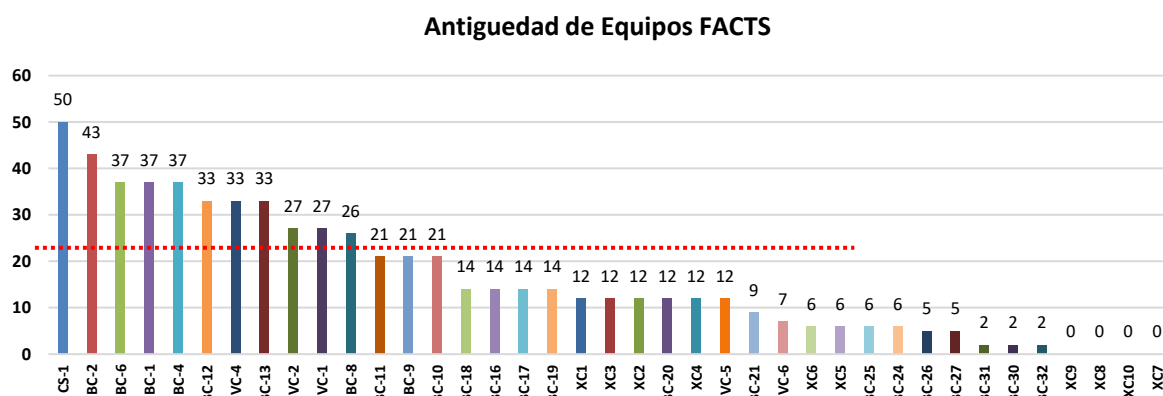


Figura 3. Antigüedad de equipos instalados.

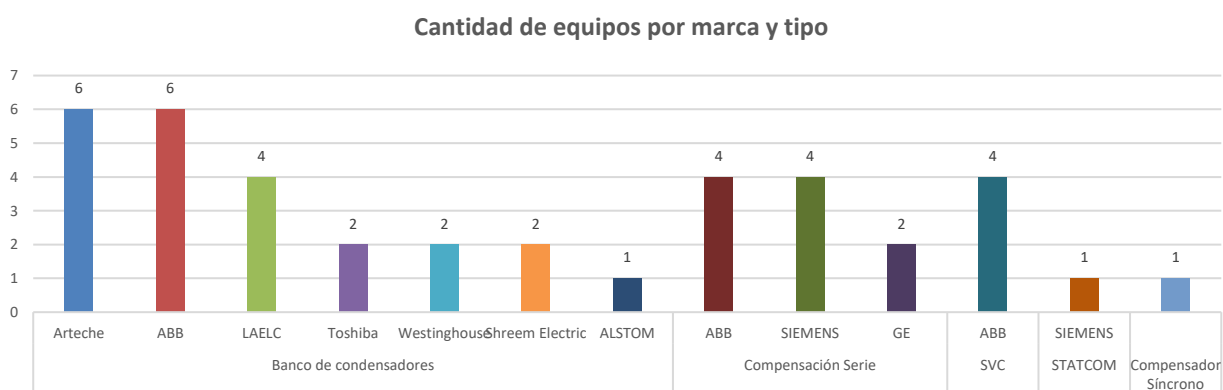
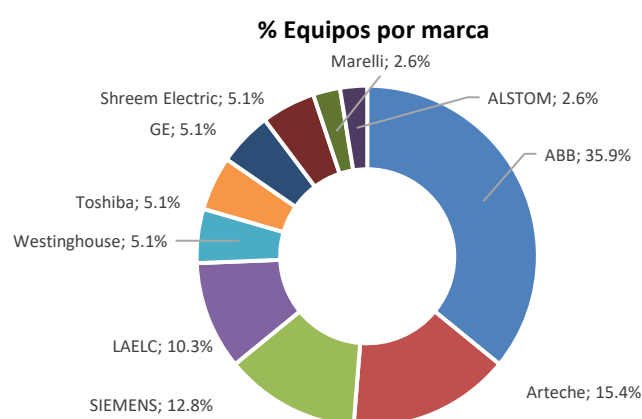


Figura 4. Distribución de marca de equipos por tipo.

5. Incorporación de equipos FACTS

En el año 2023, ingreso de proyecto "Enlace 500 kV Mantaro-Nueva Yanango-Carapongo y Subestaciones Asociadas" y "Enlace 500 kV Nueva Yanango-Nueva Huánuco y Subestaciones Asociadas", que incluyó la incorporación de 4 compensaciones serie en 500 kV ubicadas en subestación Campas, incrementando 504.22 Mvar.

Proinversión tiene previsto la adjudicación de los siguientes proyectos FACTS:

- 2023 - Cuarto trimestre:
Proyectos "Enlace 500 kV Huánuco – Tocache – Celendín– Trujillo, ampliaciones y subestaciones asociadas", y, "Enlace 500 kV Celendín – Piura, ampliaciones y

subestaciones asociadas”. Los cuales consideran las instalaciones de los siguientes equipos FACTS:

- Proyecto: Enlace 500 kV Celendín – Piura, ampliaciones y subestaciones asociadas
01 banco automático de compensación en serie de 500kV, regulación 0 - 50% o 0 - 64ohm de 1620 A
- Proyecto: Enlace 500 kV Huánuco – Tocache – Celendín– Trujillo, ampliaciones y subestaciones asociadas
01 banco automático de compensación serie de 500 kV, regulación 0 – 50% ó 0 – 31.7 ohm, de 1620 A, para el tramo Tocache – Nueva Huánuco.
01 banco automático de compensación serie de 500 kV, regulación 0 – 50% ó 0 - 52.2 ohm, de 1620 A, para el tramo Tocache – Celendín.
- 2024 - Segundo trimestre:
Proyecto “Nueva Subestación Muyurina 220kV, Nueva Subestación Ayacucho, LT 220 kV Muyurina-Ayacucho, ampliaciones y subestaciones asociadas”, que contempla la construcción de dos (02) equipos automáticos de compensación serie (EACS) en 220 kV (equipo FACTS-Flexible AC Transmission System). Estos equipos se instalarán en las salidas de línea Mayurina – Cotaruse y permitirán regular en un rango de reactancia capacitiva, entre 0% (o un valor mínimo de 5%) y un valor máximo que alcance al menos el 60% de las reactancias serie de cada uno los circuitos de la LT 220 kV.

6. Desempeño actual de equipos

Los equipos FACTS no cuentan con una calificación total de cada sistema, más sí por cada activo inscrito en SAP. A los sistemas se les ha dado una calificación en base a la información existen y juicio experto que son mostradas en la Tabla 1.

Los equipos que cuentan con baja calificación son mostrados en la Tabla 4, de los cuales se realizará una nueva evaluación de riesgos para el año 2024 con la finalidad de determinar las acciones a tomar, que pueden ser: baja, disposición y devolución al MINEM o renovación (total o parcial). Las consideraciones principales para la evaluación son los altos montos para la renovación de estos activos, la falta de definición de los procesos de baja de equipos y el requerimiento dinámico de reactivos en el sistema eléctrico.

Tipo	kV	Empresa	Subestación	Código Operativo	MVAr	Pta en servicio	Calificación
Compensador síncrono	10	REP	Independencia	CS-1	7/-10	1973	0
SVC	138	REP	Tintaya	SVC-4	+15/0	1990	2
Banco de condensadores	60	REP	San Juan	BC-10	20	2002	3
Banco de condensadores	13.8	REP	Chimbote	BC-1	20	1986	3
Banco de condensadores	13.8	REP	Chimbote	BC-2	15	1980	3

Equipos con calificación 0, 1, 2 o 3

0: Pérdida funcional (falla)

1: Crítica

2: Riesgosa

3: Seguimiento

Tabla 4. Equipos FACTS con baja calificación.

7. Principales Riesgos actuales

Los principales riesgos que se tienen actualmente:

- CS-1 Compensador síncrono, con 50 años de antigüedad, actualmente se encuentra fuera de servicio, tiene tecnología obsoleta y sin servicio post venta para reparaciones. El análisis eléctrico determina que no es necesario su uso en esta barra y es imposible su traslado para uso en otra subestación debido a la antigüedad de equipo. Se está evaluando el proceso de baja.
- SVC-4 SE Tintaya no cuenta con repuestos del sistema de control y su tecnología es obsoleta con 33 años de antigüedad. Ante falla de algún componente que no sea reparable quedaría indisponible.
Para ello se ha implementado un mando en paralelo para operar el filtro del SVC como banco de condensadores de 15 Mvar (fijo).
La modernización del sistema de control tiene un costo aproximado de 2 a 2,5 millones de dólares americanos.
- Los SVC-1 y SVC-2, con 27 años de antigüedad, cuentan con un sistema de control declarado obsoleto, sin soporte técnico ni de repuestos. Estos equipos cuentan con algunos repuestos en almacén, sin embargo, no se cuenta con los programas requeridos para el reemplazo de tarjetas programables, lo que significa un alto riesgo operativo pudiendo quedarse permanente fuera de servicio. El SVC-2 de SE Chiclayo tiene características aún más críticas en tiempo de avenida.
La modernización del sistema de control tiene un costo aproximado de 2 a 2,5 millones de dólares americanos.
- BC-1 y BC-2, de 37 y 43 años de antigüedad, ubicados en SE Chimbote. Son de tecnología obsoleta y configuración atípica. Los relés de protección son electromecánicos y los equipos de patio no cuenta con repuestos en el mercado disponible. Ante una falla de estos equipos, quedarían indisponibles hasta el reemplazo total del banco.
- Bancos de condensadores BC16, BC17, BC18 y BC19 tienen problemas de diseño de aislamiento de la distribución interno que ante fallas genera falla trifásica en el sistema. Actualmente se ha reducido el número de fallas con medidas de control realizadas como la limpieza de aislamiento y la protección de las conexiones entre las unidades capacitivas. Actualmente se encuentra en seguimiento.
- Ausencia de soporte especializado post venta en Perú. Los especialistas en FACTS de los diversos fabricantes provienen del extranjero y no tienen un adecuado tiempo de respuesta ante fallas.
- Pérdida o deterioro de repuestos y mantenimiento del stock óptimo de repuestos.

8. Estrategia de ciclo de VIDA

8.1. Creación de los activos

8.1.1 Planeación

- Los requerimientos de nuevos dispositivos FACTS pueden nacer por iniciativas de ampliaciones identificadas en el Plan de Transmisión realizada por REP o por nuevas concesiones licitadas por Proinversión identificadas en el plan vinculante del Plan de Transmisión realizado por el COES.

- La estructuración de las ofertas para convocatoria y conexiones para nuevos proyectos y de renovación se realizan con la participación de un equipo multidisciplinario (Ingeniería, ejecución de proyectos, operación, mantenimiento, entre otros), que con sus aportes logran la planeación integral del ciclo de vida del activo buscando minimizar los riesgos, optimizar los costos y potenciar el desempeño en el sistema.
- El plan de transmisión elaborado por REP incluye la revisión del desempeño de los equipos FACTS y recomendará la baja de los equipos que ya no se requieran en el sistema. Esta entrada definirá su renovación o baja de la concesión de acuerdo con el PR-20 del COES.
- 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 define 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 los equipos de compensación.
- Con el objetivo de garantizar la transferencia interna de conocimiento, el personal más capacitado de las áreas de SGM y mantenimiento de las STs serán los responsables del entrenamiento de personal nuevo para la operación y el mantenimiento de las subestaciones donde se encuentran estos equipos.
- En el grupo ISA se comparten las mejores prácticas y lecciones aprendidas y gestión de FACTS en su ciclo de vida a través de los grupos técnicos y comunicación directa entre especialistas de las filiales.

8.1.2 Diseño

Las especificaciones técnicas y términos de referencia de los equipos FACTS son desarrollados según la necesidad por tipo de tecnología y deben estar de acuerdo con los estándares vigentes del grupo ISA.

Los documentos son desarrollados por Ingeniería Corporativa del grupo ISA para cada nuevo requerimiento y tienen como finalidad garantizar un sistema confiable maximizando su disponibilidad de servicio.

En caso de proyectos de ampliación de concesiones o refuerzos serán conceptualizada por REP con los lineamientos de Ingeniería Corporativa ISA.

El uso de equipamiento en los sistemas FACTS tendrán que ser considerando los criterios de diseño estándar del grupo. Los cuales consideran los siguientes aspectos:

- Requerimientos del cliente final.
- Detalle suficiente del Alcance del Proyecto.
- Diseño básico del equipamiento
- Criterios de Operación y Mantenimiento.
- 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 definen 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, pruebas de puesta en servicio y entrenamiento.
- Dichas especificaciones son actualizadas para cada requerimiento nuevo, siguiendo los procedimientos definidos para la edición y modificación de estas desarrollada por Ingeniería Corporativa ISA o Ingeniería REP en caso de ampliaciones y refuerzos, los cuales son consultadas con el área de SGM -Mantenimiento y en las lecciones aprendidas de la ejecución de proyectos, operación y mantenimiento.
- Los diseños de los dispositivos FACTS son a medida y son desarrollados por el fabricante. Estos deben cumplir los estándares vigentes para su fabricación y pruebas en fabrica según corresponda para cada equipo tales como:
 - IEEE 1031-2011 - Guide for the Functional Specification of Transmission Static Var Compensators.
 - IEC 60871-1 2014-05 4ED Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 1: General.
 - IEC TS 60871-3 2015-06 2ED Part 3: Protection of shunt capacitors and shunt capacitor banks.
 - IEC 60871-4 2014-03 2ED Shunt capacitors for AC power systems having a rated voltage above 1 000 V – Part 4: Internal fuses.
 - IEC 62927 Voltage sourced converter (VSC) valves for static synchronous compensator – (STATCOM) – Electrical testing.
- En el caso que los sistemas FACTS adquiridos aún no cuenten con una norma de aplicación, se deberá utilizar los requisitos y consideraciones del fabricante y validados por ISA para su implementación.
- Los diseños específicos de subestaciones nuevas, ampliaciones y los correspondientes a las renovaciones, 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.
- Para la medición de tensión de barra a conectar se debe utilizar los transformadores de tensión inductivos con la finalidad de realizar una medición real de armónicos en la etapa de diseño, puesta en servicio y operación del equipo de compensación en lado sistema y lado carga.
- Los sistemas de control, protección, servicios auxiliares y repuestos deben garantizar los niveles de disponibilidad requeridos los cuales se sustentan a través de un estudio RAM (Reliability, Availability and Maintainability) de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.
- Requerimiento de transferencia tecnológica brindada por parte de los fabricantes deber ser realizada a través de un programa de entrenamiento especializado y dirigido tanto a personal de operación, mantenimiento y otro a nivel especializado, tomando como mínimo los tópicos de diseño, estudios, operación y mantenimiento de equipamiento tanto el software y hardware para los sistemas de control, protección comunicaciones y servicios auxiliares.
- Para el caso de los bancos de condensadores y compensación serie que cuenten con cerco perimétrico, estos deben contar con un bloqueo de ingreso asociadas al

sistema de control que garantice que el ingreso solo pueda realizarse después de la descarga de los capacitores.

8.1.3 Adquisiciones

- 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) 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 los equipos FACTS, 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. Para los SVC, STATCOM y FSC lo realiza el grupo de Ingeniería y Abastecimiento corporativo de ISA con participación de personal ingeniería y mantenimiento de REP. Para el caso de banco de condensadores es realizado por Ingeniería REP.
- 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 los sistemas FACTS, sus 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 tres (3) años siguientes a su puesta en servicio; 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 personal técnico idóneo para la prestación del servicio de montaje y de las pruebas de puesta en servicio, y el entrenamiento en fábrica y campo.
- Las personas que gestionan desde el proceso de abastecimiento agregan valor al 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 los equipos FACTS por parte del fabricante, Ingeniería ISA y REP, los especialistas de mantenimiento y de sistemas de potencia participarán en la revisión y aprobación de los estudios eléctricos de dimensionamiento, diseño básico de equipamiento, arquitecturas de control y protección, sistemas auxiliares, dimensionamiento de MOV, redundancias requeridas, entre otros.
- En la etapa de revisión y aprobación del diseño relativo a un proyecto, cuando se requiera aprobar alguna desviación del fabricante frente a las especificaciones

técnicas definidas, se escala la consulta al grupo de ingeniería responsable por su edición, quien determinará su aceptación puntual y la necesidad de replicar dicha modificación para proyectos futuros.

8.1.4 Montaje, puesta en servicio y entrega a operación.

- Para garantizar el desempeño de los equipos FACTS y la validez de la Garantía de Fábrica, el montaje y puesta en servicio se realiza de acuerdo con los siguientes lineamientos:
 - Se ejecuta de acuerdo con el Manual de Montaje suministrado por el fabricante,
 - Se cuenta con la supervisión de personal especialista 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),
 - Cumplimiento las normativas y recomendaciones IEC e IEEE según el tipo de equipo.

De esta forma se logra que, durante el montaje y puesta en servicio se garanticen las condiciones para las cuales fueron diseñados y por lo tanto su correcta operación.
- El montaje de los equipos se realiza con personal idóneo, para lo cual se utiliza personal especialista en los equipos FACTS definido por el fabricante.
- El personal de la fábrica (supervisores) antes de iniciar las labores contratadas, deben de evidenciar su capacitación y certificación para realizar trabajos en altura para el caso de los FSC, 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 del equipo FACTS (Sistema de control, protección, comunicaciones, servicios auxiliares, equipamiento de patio, válvulas, sistema de enfriamiento, banco de capacitores, entre otros), en estudios eléctricos y en las recomendaciones de mantenimiento, es coordinado por Gestor del Proyecto y se atiende con el personal especialista del fabricante.
- Para garantizar la eficacia del Montaje, se ponen en práctica las siguientes directrices:
 - Los protocolos para la atención de emergencias.
 - Capacitación en sitio al personal seleccionado, en función de los procedimientos.
 - Procedimiento documentado para realizar el reporte interno de anomalías y reclamaciones de forma inmediata, el consecuente análisis de dichas fallas entre el Proyecto y Mantenimiento para determinar las acciones correctivas y preventivas que aseguren la mejora continua (proceso de garantía).
- Para el caso del SVC, las pruebas en sitio deben estar de acuerdo con el estándar IEEE 1303 2011-06 - Guide for Static Var Compensator Field Tests.

8.2. Operación de activos

Para garantizar la disponibilidad de los dispositivos FACTS durante la operación debemos tener en cuenta:

- Mantener el stock óptimo de repuestos definidos en los estudios RAM del fabricante, análisis DST Inventory o lo identificado como juicio experto por el especialista de equipos de compensación de REP o ISA.
- Definir metodología de participación en los análisis de Mejorabilidad, Criticidad, ECR, MCC plus, REM, GAN, entre otros.
- Responder con celeridad ante cualquier señal de alarmas en nivel 3. Esto garantizaría poder controlar oportunamente una eventualidad mayor.
- Actualizar el Sistema de lecciones aprendidas ante eventos de fallas.
- Definir planes de contingencia para los sistemas FACTS.
- Definir la metodología para el reporte de calificación de los Sistemas FACTS.
- Acordar estrategias para disminuir tiempos de respuesta ante eventos de falla en los equipos FACTS.
- Cumplir con las fechas y horarios establecidos en las consignaciones para mantenimientos preventivos y correctivos de los sistemas FACTS.
- Garantizar que las maniobras para mantenimiento se realicen de forma segura.

8.3. Mantenimiento de Activos

8.3.1. 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. Las actividades de mantenimiento periódico se encuentran registrados y reportados en SAP.

A los Sistemas FACTS se les realiza un mantenimiento periódico definido en la Estrategia de Mantenimiento y en la aplicación de las Rutinas Estándar de Mantenimiento (REM) con criterios de diagnóstico normalizados (estandarizados) y en concordancia con las recomendaciones del fabricante.

Las estrategias de mantenimiento se dan por equipamiento, y se encuentran actualizadas en el siguiente portal,

- [Enlace de Estrategias de Mantenimiento Subestaciones](#)

La definición de las frecuencias se establece de acuerdo con el ambiente y desempeño operacional de los equipos definidas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o en Juicio Experto basado en recomendación del fabricante y experiencia en equipos similares, para las modificaciones en la frecuencia se debe realizar mediante el uso de las herramientas DST o Juicio experto si no se evidencia datos históricos para su análisis.

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.

Las estrategias se basan principalmente en mantener el aislamiento, inspecciones periódicas general de los equipos y la revisión de alarmas de los sistemas de control y protección.

Para los FSC de la SE Poroma, cuentan con garantía Evergreen con el fabricante General Electric (GE) por 30 años, para lo cual se deben realizar actividades adicionales a las descritas en la estrategia de mantenimiento del interruptor de potencia común, las cuales se gestionan con avisos diferentes.

Las empresas del grupo ISA, hace referenciamiento periódico con empresas líderes (nacionales e internacionales) del sector, en metodologías de mantenimiento, modos de falla y desempeño de equipos. La información obtenida contribuye a la mejora continua en la organización.

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, entre otros) 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 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:

8.3.2. Ejecutar el Mantenimiento

La ejecución de mantenimiento es realizada por personal propio. Si los correctivos son de mayor complejidad, estos serán realizadas por el fabricante.

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

- Seguir los procedimientos normalizados para controlar todas las actividades que se desarrollan.
- Ejecutar los controles a los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo y Gestión Ambiental que se definieron en las correspondientes matrices.
- Cumplir las directrices de mantenimiento de la estrategia de mantenimiento y/o las 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:

- Entrenamiento y/o capacitaciones realizadas al ingreso del equipo de nuevas tecnologías.
- Entrenamiento de personal nuevo en las instalaciones con FACTS.
- La aprobación de los cursos para obtener y mantener su habilitación para Trabajar en Alturas de acuerdo con la legislación vigente, para realizar actividades en plataforma de compensación serie y equipos de patio.
- El estudio de la documentación asociada a la ejecución de las tareas de mantenimiento como REM, GAN e Instructivos.
- 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.

8.3.3. 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 calcula el Índice de Salud de cada equipo, con el cual se definen los equipos candidatos a ser renovados.
Actualmente este índice solo se determina para los Interruptores y transformadores de potencia.
- 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.

8.3.3.1. 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 Fuera de servicio

Los equipos de compensación no cuentan con esta calificación, más sí sus componentes principales inscritos en SAP.

8.4. Renovación y disposición final

8.4.1. Renovación

- Las renovaciones de los sistemas FACTS serán y tendrán que ser evaluadas utilizando las herramientas DST para su factibilidad los cuales tendrán que ser sustentados con análisis eléctrico, de ser necesarios.
- Para el caso de la renovación parcial individual de los equipos y sistemas como los equipos de patio, protecciones y servicios auxiliares, deben realizarse según la estrategia del propio equipo independiente del sistema FACTS donde está instalado, solo considerando que no sea cercano a la baja del sistema.

Aspectos limitantes de la vida útil de los elementos de los FACTS:

Para el caso de Banco de condensadores, se puede realizar renovaciones parciales sin inconveniente, ya que sus componentes (capacitores, reactor de núcleo de aire, transformador de corriente de desbalance, relés de protección) pueden ser comprado a diferentes fabricantes y adaptados para su operación.

Para los demás equipos FACTS, su principal limitante es la tecnología, el cual queda obsoleta en un tiempo corto sin soporte post venta, y con lleva a analizar las modernizaciones o rehabilitaciones parciales de estos sistemas.

Los aspectos para considerar para la rehabilitación parcial o total son:

- Obsolescencia tecnológica existente.
- Relevancia para el sistema de transmisión.
- Criticidad y mejorabilidad de la celda de compensación.
- Antigüedad del sistema de compensación.
- Tasas de falla en los últimos 3 años.
- Repuestos disponibles en almacén.
- Soporte post venta del fabricante.
- Costo de las modernizaciones.
- Penalizaciones y multas por indisponibilidad.
- Aumento de nivel de cortocircuito.
- Deterioro físico del equipamiento y sus partes como, corrosión, desgaste mecánico, fugas de sistema de refrigeración, anomalías en sistema de enfriamiento.
- Deterioro eléctrico como bajo aislamiento de cables de conexión, deterioro de tuberías aislantes, anomalías en cables de sistema de control, entre otros.

8.4.2. Baja de un equipo de compensación

A medida que los sistemas eléctricos crecen y cambian su topología, también van modificando los requerimientos de reactivos en cada barra del sistema de potencia, siendo necesaria la evaluación periódica de las capacidades y ubicación tanto para las compensaciones de tipo serie o paralela.

Debido a esto, para cada equipo de compensación debe analizarse su impacto en el sistema especialmente cercano al fin de su vida útil o cuando ocurren grandes cambios topológicos en la red de transmisión, con la finalidad de tomar una adecuada decisión para renovar o gestionar la baja.

En caso se demuestre su impacto sea mínimo o nulo, se debe solicitar al Ministerio de Energía y Minas la desincorporación de equipos del sistema de acuerdo con los procedimientos legales vigentes, esta última solo para el caso de banco de condensadores.

La disposición de la baja de equipos se encuentra descrita en el procedimiento COES PR-20.

8.4.3. Disposición final de equipos

Los equipos desmontados de los sistemas de compensación son dispuestos como baja por el personal de mantenimiento quienes deben gestionar la entrega de los materiales a almacenes 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 MINEM, etc).

Para el caso de los elementos, equipos, materiales o repuestos que constituyan excedentes industriales, estos deben ser adecuadamente identificados, embalados para su disposición según las directivas vigentes.

En caso de que sus partes y componentes sirvan de repuestos a otros sistemas similares de la misma tecnología, estos deben ingresar a almacén de costo cero indicando en su código de material las características necesarias de identificación.

9. Revisión y Mejora Continua

La estrategia de los equipos FACTS se revisa anualmente bajo la responsabilidad de SGM-MSE de la Gerencia de Operación y Mantenimiento de REP.

En dicha revisión se consideran los siguientes aspectos: cambios en la estrategia de Gestión de Activos (PEGA), oportunidades para la innovación, mejora en las capacidades de Gestión de Activos (tales como mejoras en los sistemas de información), retroalimentación de las partes interesadas, informes de auditoría y revisiones por los interesados.