

## Metodología para el diagnóstico de fallas potenciales en activos eléctricos críticos de Centrales de Generación Hidráulica mediante ensayos predictivos eléctricos

Jorge Armando Plazas Martinez  
Celsia Colombia S.A. E.S.P.  
Calle 15 No. 29B – 30 Autopista Cali – Yumbo  
E-mail: [japlazas@celsia.com](mailto:japlazas@celsia.com)  
Yumbo – Colombia

### Resumen

Este trabajo presenta la metodología implementada para realizar el diagnóstico y evaluación de la salud de los activos eléctricos críticos y especificar los mantenimientos requeridos en generación hidráulica de Celsia. La metodología consolida los criterios de aceptación para las diferentes pruebas predictivas y preventivas que se realiza a los activos críticos de generación y entrega un plan de acción que permite prolongar, mantener o recuperar la vida útil de los activos.

### Introducción

El diagnóstico, evaluación y planes de acción de cada activo crítico de generación se realiza en cinco pasos:

- 1- Definición de ensayos a ejecutar y frecuencias estipuladas;
- 2- Definición de criterios de aceptación para los diferentes ensayos eléctricos y técnicas predictivas; los cuales están soportados en las normas adoptadas y experiencia de registros históricos.
- 3- Análisis de resultados en el comité predictivo eléctrico, los datos obtenidos se tabulan para decidir si son aceptables o inaceptables de acuerdo con los criterios definidos, luego se hace la comparación de resultados entre activos similares y se calculan sus tendencias con valores históricos de cada activo estableciendo la salud del activo;

- 4- Determinación del plan de acción, el cual se realiza de acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente. Se estableció códigos de acción para cada caso.
- 5- Socialización de los resultados obtenidos y gestionar solicitud de avisos de avería de falla potencial que apliquen para garantizar la ejecución del plan de acción.

Esta metodología se ha implementado en CELSIA de manera exitosa en los últimos años a los activos críticos de generación, dando como resultado la intervención de mantenimiento preventivo o actualización antes de falla de los activos críticos ubicados en las centrales hidráulicas como:

- Transformadores de potencia,
- Generadores,
- Cables de potencia,
- Interruptores de potencia,
- Bancos de baterías,
- Entre otros.

Esto indica que la metodología establecida ha entregado herramientas y criterios unificados para mantener en buenas condiciones los equipos.

### Ensayos y técnicas predictivas definidas

La identificación de fallas potenciales en activos eléctricos es esencial para intervenir antes que se presenten fallas funcionales para garantizar la confiabilidad operativa de las unidades de generación, Celsia tiene definido ejecutar los ensayos eléctricos y técnicas predictivas en las centrales de generación hidráulica que se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Ensayos eléctricos de rutina y frecuencias establecidas para los activos eléctricos de generación en Celsia.

ACTIVOS ELECTRICOS	Frecuencia (años)	Caída de tensión	Inductancia	Resistencia aislamiento	Resistencia óhmica	Factor de potencia	SFRA	Corriente excitación	TTR	DFR	Tiempos de operación	Resistencia de contactos	Impedancia	Corriente de fuga
Estator	1			•	•	•								
Rotor	1	•	•	•	•									
Transformador de potencia	1			•	•	•	•	•	•	•				
Bujes capacitivos del transformador	1					•								
Interruptor de unidad	1			•		•					•	•		
TP Transformador potencial	2			•		•			•					
TC Transformador corriente	2			•		•			•					
Condensadores	2			•		•								
DPS	2			•		•								•
Transformador de excitación	1			•	•	•	•	•	•	•				
Transformador servicios auxiliares	2			•	•	•	•	•	•	•				
Transformador neutro	3			•					•					
Resistencia del neutro	3				•									
Cables de potencia	5			•		•								
Banco de baterías	1	•											•	

Tabla 2. Técnicas predictivas y frecuencias establecidas para los activos eléctricos de generación en Celsia

Activos	Transformador de potencia		Todos									
Frecuencia de técnicas predictivas	AFQ Físicoquímico	DGA Gases disueltos	DBDS Dibencil disulfuro	Contenido Inhibidor	Contenido de Furanos	Cuantitativo PCB	Termografías	Coronografía UV	Ultrasonido	Descargas parciales		
Semestral		•					•					
Anual	•	•		•	•							
Quinquenal			•									
Por condición	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

Ningún ensayo por sí solo se toma como indicador aisladamente confiable para tomar decisiones sobre la salud del activo, los ensayos y técnicas predictivas se complementan entre sí.

Celsia dispone de manuales de ensayos donde se tiene consolidado los ensayos de rutina y especiales que se pueden realizar a los activos de

generación. Los manuales contienen para cada uno de los ensayos la teoría, objetivo, precauciones, preparación, procedimiento, criterios de decisión, bibliografía y formatos.

### Criterios de aceptación

En la tabla 3 se indica los ensayos y técnicas predictivas definidas, donde se presenta las referencias o guías para la ejecución y criterio de aceptación, tipo de ensayo, los activos o espécimen que aplican, el objetivo y ejecutor de los mismos.

El total de activos al cual se le ejecuta ensayos asciende a más de 650 espécimen, en promedio en el año se ejecutan un total de más de 2000 ensayos eléctricos y predictivos, estos representan una gran cantidad de datos para procesar y evaluar. Con lo anterior Celsia ha diseñado cuadros de resumen de ensayos donde cada uno de los activos y ensayos contiene: Ubicación, Ensayo, Variable medida, resultado anterior, resultado actual, criterio de aceptación específico y evaluación de Condición.

Tabla 3. Ensayos eléctricos de rutina con la recomendación de ejecución y aceptación.

Ensayo	Recomendación	Tipo	Espécimen	Objetivo	Ejecutor
Resistencia óhmica	IEEE std 115	Rutina	Generador Transformador	Detectar cortocircuito entre espiras, conexiones defectuosas y circuitos abiertos.	Celsia
Resistencia de aislamiento	IEEE std 43	Rutina	Generador, TP, DPS, Interruptor, Tx, Cable, Capacitor, TC.	Detectar el estado del aislamiento desde el punto de vista de humedad, limpieza e imperfecciones.	Celsia
Factor de potencia	IEEE std 286	Rutina	Generador, TP, DPS, Interruptor, Tx, Cable, Capacitor, Buje, TC.	Detectar presencia de humedad, contaminantes, efecto corona, vacíos en el aislamiento e imperfecciones.	Celsia
Descargas parciales	IEC 60270	Especial	Estator	Medir la actividad de descargas parciales e indicar la cantidad de huecos en el aislamiento.	Contratista
Caída de tensión	IEEE std 115	Rutina	Rotor	Detectar posibles cortocircuitos entre espiras, verificar número de vueltas o conexiones defectuosas.	Celsia
Medición de inductancia	IEEE std 142	Especial	Rotor	Detectar posibles cortocircuitos entre espiras, verificar número de vueltas o conexiones defectuosas.	Celsia
Caída de tensión e impedancia	IEEE 450	Rutina	Banco de baterías	Determinar el valor de la impedancia y tensión flotante en las celdas de los bancos de baterías.	Celsia
Tiempos de operación	IEEE C37.04	Rutina	Interruptores	verificar los tiempos de cierre y apertura del interruptor de potencia.	Celsia
Resistencia de contactos	IEC 60512-2-1	Rutina	Interruptores	Verificar el valor de la resistencia de los contactos del seccionador de potencia.	Celsia
Corriente de fuga	IEC 60099-5 B2	Rutina	DPS	Medir la corriente de fuga resistiva y tercer armónico.	Celsia
SFRA	IEC 60076-18	Rutina	Transformador	Evaluar la integridad mecánica y eléctrica de los conjuntos de núcleo y bobina de transformadores.	Celsia
Corriente de excitación	IEEE C57.152	Rutina	Transformador	Detectar defectos en el núcleo o fallas de aislamiento que afecte la reluctancia del circuito magnético.	Celsia
TTR-Relación de transformación	IEEE C57.12.90	Rutina	Transformador	Identificar cortos entre espira, daños en el cambiador de derivaciones y/o posiciones incorrectas.	Celsia
DFR Espectroscopía	IEEE C57.161	Rutina	Transformador	Determinar el porcentaje de agua en papel aislante.	Celsia/ Contratista
AFQ Analisis Fisicoquímicos	ASTM D-923 IEEE C57-106 S.D Myers	Rutina	Transformador	Diagnosticar el estado del aceite del transformador.	Contratista
DGA Contenido gases disueltos	ASTM D-923 IEEE C57-104	Rutina	Transformador	Diagnosticar el estado del transformador y detectar posibles fallas.	Contratista
DBDS Dibencil disulfuro	IEC 62697-1	Especial	Transformador	Identificar o confirmar la presencia de azufre corrosivo en el transformador.	Contratista
Contenido Inhibidor	ASTM D4768-11 Morgan Schaffer	Rutina	Transformador	Validar la cantidad de inhibidor presente en el transformador.	Contratista
Contenido de Furanos	ASTM D-5837-15 Chendong Doble	Rutina	Transformador	Determinar el estado del papel aislante del transformador y estimar la vida útil.	Contratista
Contenido de PCB	ASTM D4059-00	Especial	Transformador	Identificar o confirmar la ausencia de PCB en el transformador.	Contratista
Termografías	ANSI/NETA ATS	Rutina	Todos	Detección temprana de anomalías, identificación de puntos calientes y la prevención de fallos catastróficos.	Contratista
Coronografía	EPRI	Especial	Subestación	Detectar descargas corona antes de que se empiece a generar degradación del material aislante.	Contratista
Ultrasonido	ISO 29821	Especial	Subestación	Detectar problemas por efecto Corona, Tracking y Arco, por medio de ultrasonido.	Contratista

El 70% de los ensayos rutinarios los ejecuta personal propio y con equipos de Celsia, logrando obtener el conocimiento técnico de cada activo, esto permite tener mayores argumentos y bases para determinar cada uno de los criterios de aceptación soportados en la norma, históricos y contexto operacional específico, con esto se ha realizado la transición de pasar de criterios de aceptación generalizados a criterios de aceptación específicos para cada activo.

### Diagnóstico y determinar la salud de activos

Para cada uno de los ensayos ejecutados, son documentados y diligenciados en el formato de protocolo de ensayos (figura 1), el cual alimenta los registros históricos (figura 2) y el cuadro de resumen de ensayos (figura 3), se elabora informe de evaluación de ensayos, se evalúa cada central en un comité de expertos del equipo de predictivo eléctrico para definir la condición de cada activo y plantea el código de acción definidos (figura 4) que aplique para cada activo, finalmente se diligencia el cuadro de planeación y seguimiento de salud de activos (Figura 5), el cual por código de colores indica la condición del activo y se planea los ensayos a ejecutar en el siguiente mantenimiento.

En el caso de las técnicas predictivas las cuales son ejecutadas por Contratistas, una vez se recibe los informes, estos son documentados en la base de datos históricos (Figura 6), se evalúa los datos y se define el plan de acción de acuerdo con la salud que arroja los resultados, finalmente se diligencia el cuadro de salud del activo con el código de colores (Figura 7).

Todo plan de acción y condición de posible falla potencial que arroje el diagnóstico de los activos, son documentados y gestionados en el Sistema de Gestión de Mantenimiento SAP, con esto se garantiza una oportuna gestión de las acciones que se deban implementar para normalizar la condición del activo.

C E L S I A		MEDIDA DEL FACTOR DE POTENCIA Y TIP-UP									
Central:	Río Piedras	Grupo N°:	ESTATOR U1								
Orden de Servicio No:	400723934	Norma/Dcto:	IEEE STD 286								
Fecha de realización:	DD MM AA 18 08 24	Hora inicio:	hh mm ss 13 00 00	Razón:							
Fecha última inspección:	16 08 24	Después de mantenimiento									
1. CIRCUITO DE PRUEBA EMPLEADO		2. INSTRUMENTO		4. AISLAMIENTO BOBINA							
		Equipo MEGGER Delta 4000 Serie: 17891114		ASFALTO POLIESTER EPOXICO X OTRO							
		3. FORMULA Tip - Up = FP(100%) - FP(25%)		5. CONDICIÓN DEL ROTOR							
				PUESTO X FUERA							
6. MEDICIONES											
Temperatura ambiente (°C)		29,9		Temperatura de la maquina (°C)							
Humedad relativa (%)		78									
Lecturas equivalentes a 10 kV											
Prueba	Modo GST (GND)			V	I	P	C	FP	TIP-UP	Aislamiento medido	
	Tensión	Tierra	Guarda	(kV)	(mA)	(W)	(pf)				
1				2,00	445,29	54,83	117299,20	1,23			
2	R	S,T		4,00	448,15	59,27	118065,30	1,32	0,50	Cr+CrS+CrT	
3				6,00	449,55	66,12	118334,80	1,47			
4				8,00	449,08	77,57	118217,30	1,73			
5				2,00	452,04	55,33	118876,60	1,22			
6	S	T,R		4,00	453,11	61,04	119096,50	1,35	0,56	Cs+CsR+CsT	
7				6,00	453,88	68,95	119251,00	1,52			
8				8,00	452,95	80,89	119017,20	1,79			
9				2,00	453,27	55,98	119042,90	1,24			
10	T	R,S		4,00	454,05	60,91	119290,40	1,34	0,51	Ct+CtS+Cr	
11				6,00	454,39	67,81	119398,70	1,49			
12				8,00	453,09	79,01	119101,90	1,74			
Lecturas equivalentes a 10 kV											
Prueba	Modo UST			V	I	P	C	FP	TIP-UP	Aislamiento medido	
	Tensión	UST	Guarda	(kV)	(mA)	(W)	(pf)				
1				2,00	4,20	3,32	1100,90	7,91			
2	R	S	T	4,00	4,21	3,61	1103,50	8,58	2,12	Crs	
3				6,00	4,22	3,92	1105,80	9,30			
4				8,00	4,23	4,25	1109,00	10,03			
5				2,00	4,43	3,82	1159,50	8,62			
6	S	T	R	4,00	4,44	4,15	1162,30	9,33	2,15	Cst	
7				6,00	4,46	4,47	1164,80	10,03			
8				8,00	4,47	4,81	1169,10	10,77			
9				2,00	4,00	3,28	1047,30	8,20			
10	T	R	S	4,00	4,01	3,55	1049,80	8,86	2,10	Ctr	
11				6,00	4,02	3,85	1052,50	9,56			
12				8,00	4,04	4,16	1055,80	10,30			
7. OBSERVACIONES						Los resultados se consideran satisfactorios. Conforme a registro histórico.					
Se utilizó inductor resonante marca DOBLE, con número de serie 292 y ajustado en 120											
Firma:						Fecha: DD MM AA					
Realizó: F. Cruz / S. Londoño						18 08 24					
Revisó: Ing. Jorge Armando Plazas M.						Se registra en SharePoint 19 08 24					
Responsable: Ing. Jorge Armando Plazas M.						Se registra en SharePoint 19 08 24					

Figura 1. Ejemplo protocolo de ensayos eléctricos.

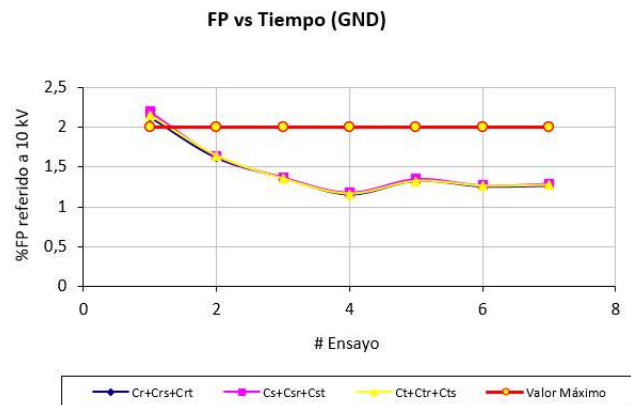


Figura 2. Ejemplo de registros históricos.



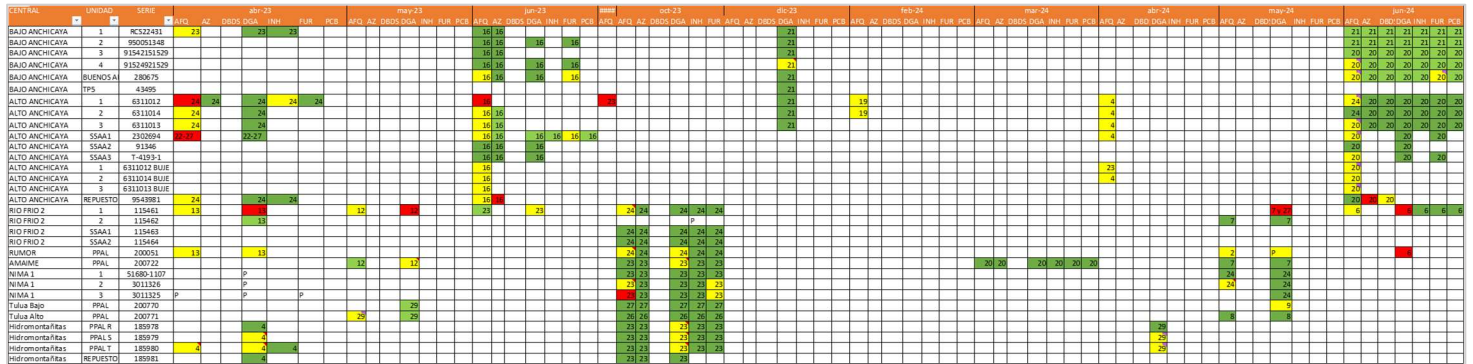


Figura 7. Ejemplo cuadro de salud de activos.

### Casos de éxitos

En la tabla 4 se muestra la cantidad de activos y ensayos que se realizan para determinar la salud, dando como resultado detectar fallas potenciales tempranas para realizar seguimiento y definir plan de mantenimiento preventivo programado antes que se genere la falla funcional.

Tabla 4. Activos intervenidos y fallas potenciales detectadas.

ACTIVOS ELECTRICOS	Cantidad de activos	Total de ensayos eléctricos	Total de análisis de aceites	Fallas potenciales detectadas (año)
Estator	44	132		1
Rotor	44	176		5
Transformador de potencia	35	245	155	23
Bujes capacitivos	78	78		0,5
Interruptor de unidad	44	176		3
TP Transformador potencial	264	792		2
TC Transformador corriente	396	1188		1
Condensadores	264	528		1
DPS	264	528		1
Transformador de excitación	17	102		1
Transformador servicios	20	120		2
Transformador neutro	17	34		0,1
Resistencia del neutro	17	17		1
Cables de potencia	132	264		1
Banco de baterías	19	38		2
<b>Total</b>	<b>1655</b>	<b>4418</b>	<b>155</b>	<b>45</b>

Gracias a la metodología implementada para realizar los diagnósticos y determinar la salud de los activos, los planes de acción más relevantes de mantenimiento preventivo programados implementados en los últimos años se mencionan a continuación:

- Cambio de papel aislante de 2 transformadores de potencia.
- Cambio de aceite dieléctrico de 1 transformador de potencia.
- Tratamiento de aceite dieléctrico de 10 transformadores.
- Cambio de aislamientos del devanado de campo de 1 rotor.
- Limpieza y secado de aislamiento de 5 rotores.
- Actualización tecnológica y cambio de 9 bujes capacitivos.
- Actualización tecnológica y cambio de 3 interruptores de potencia.
- Cambio de 9 condensadores.
- Retiro y cambio de 1 DPS.
- Reparación de soportes de ductos de ventilación a 7 transformadores secos de excitación.
- Actualización tecnológica de 6 bancos de baterías.
- Reparación de aislamiento en 2 cables de potencia.

Tabla 5. Planes de acción implementados más relevantes.

ACTIVOS INTERVENIDOS	Año fabricación	RESULTADOS DE ENSAYOS ELECTRICOS Y TECNICAS PREDICTIVAS													PLAN DE ACCION IMPLEMENTADO									
		Caida de tensión	Inductancia	Resistencia aislamiento	Resistencia óhmica	Factor de potencia	SFRA	Corriente excitación	TTR	DFR	Tiempos de operación	Resistencia de contactos	Impedancia	Corriente de fuga		AFO Fisicoquímico	DGA Gases disueltos	DBDS Dibencel disulfuro	Contenido Inhibidor	Contenido de Furanos	Cuantitativo PCB	Termografías		
Polos de rotor generador 18MVA 6,6kV	1971	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Limpieza y secado de aislamiento
Rotores de generadores hasta 120MVA 13,8kV	>1971	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Cambio de aislamiento
Transformador 6,25MVA 6,9/34,5kV	1994	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Inspección interna y cambio de papel aislante
Transformador 3MVA 6,6/ 34,5kV	1957	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Cambio de papel aislante y bujes
Transformador 3MVA 4,16/13,8kV	1999	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Cambio de aceite, corrección de punto caliente interno, habilitar intercambiador
Transformadores hasta 120MVA 13,8/230kV	> 1972	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Filtrado, regeneración, termovacio y adición de inhibidor al aceite
Bujes capacitivos hasta 115kV	1994	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Actualización tecnológica y cambio
Interruptores de potencia hasta 34,5kV	>1998	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Actualización tecnológica y cambio
Condensadores hasta 10kV	>1997	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Actualización tecnológica y cambio
DPS 11kV	1994	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Retiro y cambio
Transformadores secos excitación hasta 570kVA 13,8/0,2kV	>2005	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Reparación de soportes de ductos de ventilación
Resistencia del neutro 38,10hm 6,6kV	1971	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Reparación
Cables de potencia hasta 15kV	2010	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Reparación de aislamiento
Banco de baterías	>1998	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	Retiro y cambio
EVALUACION DE CONDICION:		⊗	Resultados dentro de los límites permisibles y/o conforme a registro histórico.																					
		⊗	Resultados fuera de límites permisibles o históricos. Requiere seguimiento para determinar la causa y definir plan de acción a largo plazo.																					
		⊗	Resultados fuera de límites permisibles e históricos. Requiere plan de acción a mediano o corto plazo.																					

La identificación de fallas potenciales en activos eléctricos es esencial para intervenir antes que se presenten fallas funcionales para garantizar la confiabilidad operativa de las unidades de generación.

En la tabla 5 se indica un resumen de los planes de acción implementados de acuerdo con los resultados de ensayos eléctricos y técnicas predictivas.

### Conclusiones

La metodología se ha implementado en el área de generación hidráulica de Celsia en los últimos años, dando como resultado la intervención de mantenimiento a tiempo del 3% de los activos eléctricos de generación antes de que fallen, esto evita las pérdidas económicas que implica la materialización de una falla funcional.

Se tiene plan de seguimiento a las características de los activos eléctricos mediante el mantenimiento predictivo y ensayos eléctricos que permite implementar acciones para mantener la condición y vida útil de los activos de generación.

El análisis de fallas potenciales de los activos eléctricos de Celsia ha demostrado cómo la aplicación de metodologías avanzadas de diagnóstico y estrategias de mantenimiento predictivo y preventivo permite adelantarse a las fallas funcionales para tomar acciones preventivas antes que se materialice la falla funcional. Los planes de acción implementados evidencian que un enfoque estructurado y la adopción de tecnologías predictivas innovadoras, contribuye significativamente a reducir tiempos de inactividad, minimizar costos operativos y prolongar la vida útil de los activos.

Finalmente, la planificación por frentes de trabajo y la incorporación de una cultura de mejora continua han sido factores determinantes en el éxito de las intervenciones, demostrando que el fortalecimiento de competencias técnicas y el trabajo en equipo son esenciales para la gestión eficiente de activos estratégicos en el sector energético.

### Bibliografía

- J. [1] Oslinger J., *Ensayos de Mantenimiento de Generadores Síncronos de Polos Salientes*. Cali: Celsia Colombia S.A. E.S.P., 2002.
- [2] Gallo Ernesto. *Diagnóstico y mantenimiento de transformadores en campo*. Colombia.
- [3] Ramirez L. Horacio. *Manual de procedimientos de ensayos a equipos eléctrico*. Cali: Celsia Colombia S.A. E.S.P., 2009.
- [4] Jaimes Ruben, Plazas Jorge. *Documento de criterios y métodos de mantenimiento para transformadores de la gerencia de generación*. Cali: Celsia Colombia S.A. E.S.P., 2012.
- [5] *Registro de histórico de ensayos predictivos*. Cali: Celsia Colombia S.A. E.S.P., 2024
- [6] *Cuadro de análisis de resultados predictivos de transformadores de la Gerencia de Generación*. Cali: Celsia Colombia S.A. E.S.P., 2024

Jorge Armando Plazas Martinez: Ingeniero Electricista con un magíster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad del Valle y especialista en Gerencia de Mantenimiento y Confiabilidad de Activos de la Universidad Autónoma de Occidente. Actualmente se desempeña como líder de mantenimiento predictivo eléctrico para la generación hidráulica y eólica en Celsia.

Su formación y experiencia están enfocadas en la gestión y confiabilidad de activos eléctricos, con un enfoque en el mantenimiento predictivo para garantizar la eficiencia y continuidad en las operaciones de generación de energía renovable.

Celsia Colombia S.A. E.S.P.

Calle 15 No. 29B-30 Autopista Cali –Yumbo

E-mail: [japlazas@celsia.com](mailto:japlazas@celsia.com)

Cali - Colombia