



## La Descripción incidente:

**Fecha del incidente:** \*\*\*\*

**Lugar donde ocurrió:** Taller de reparación

**Nombre de la falla:** Falla del aislamiento del estator del generador

Generador Caterpillar de 175 kw, 480v, 258 amp. Activo BR 8651C2320301045, Modelo SR4, serie 5EA07695.

**Equipo RCFA:**

Facilitador: William Murillo

Integrantes en investigación:.

**Secuencia de eventos:**

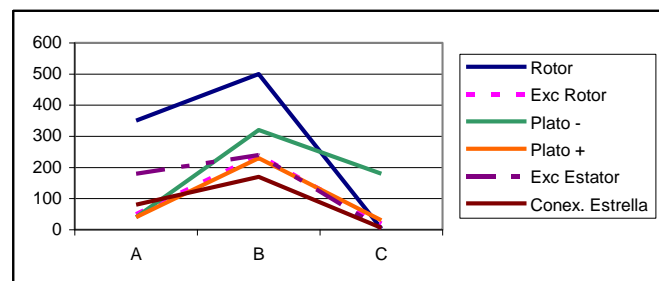
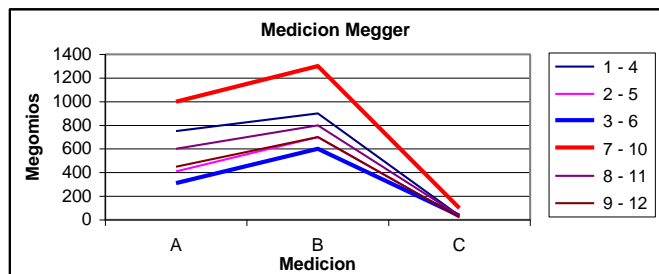
Antecedentes: Es un generador trabajo continuo, la humedad es permanente, tiene carga y esfuerzos mecanicos grandes, se encuentra accionado por un Caterpillar 3306, trabaja al 80% de la carga nominal.

**Evidencias recolectadas (Papel, Partes, Posiciones, Personas y Paradigmas):**

1. El motor se saca a mantenimiento preventivo donde se realiza limpieza de los devanados.
2. En taller se Barniza y se coloca en horno los devanados.
3. Medición realizadas: Medición A: Antes de la reparación, B después de salida del horno (caliente) y C en posición de reposo (frío)

<b>Medición megóhmetro MΩ</b>			
<b>Bobina</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1 - 4	750	900	35
2 - 5	410	700	20
3 - 6	310	600	35
7 - 10	1000	1300	100
8 - 11	600	800	35
9 - 12	450	700	22
Rotor	350	500	3
Exc Rotor	50	240	20
Plato -	40	320	180
Plato +	40	230	30
Exc Estator	180	240	3,8
Conex. Estrella	80	170	6

Medicion A      7:20 Am 27°C 28 Abril  
 Medicion B      5:52 pm 34°C 28 Abril  
 Medicion C      12:30 pm 27°C 30 Abril



La medicion con megger presenta:

La norma NEMA, en algunos fabricantes y muchas compañías, han establecido un valor mínimo de aislamiento mínimo de 1 megohm por kilovolt nominal mas 1 megohm a temperatura normal

				Fecha elaboración:	
Elaborado:	William Murillo	Revisado:		Aprobado:	
					Página 1 de 1



de 40 °C. La experiencia señala que cualquier motor mediano se tendrá una lectura del megger superior de 50 megohms si esta limpio, seco y tiene buen aislamiento. Un aumento de la temperatura disminuye la lectura en megohms (Referencia 1).

Datos en el generador

MΩ generador mínimo 0,480 kv: 1 megohm + 1 megohm. = 2 megohm.

Análisis:

Las mediciones presentan valores de aislamiento que cambian con la temperatura, a alta temperatura aumenta y a baja temperatura bajo la medición.

El valor de aislamiento en conexión estrella cambia a un valor muy bajo de aislamiento. Para este tipo de generadores el valor por experiencia debe ser mayor de 50 MΩ, pero esta midiendo 6 MΩ.

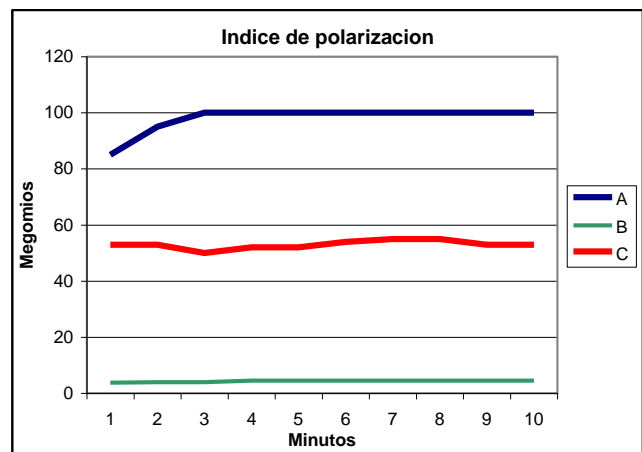
Esta medición no es garantía de una buena condición de aislamiento para el tipo de trabajo que requiere. En caso de continuar con este generador en esta condición su falla seria muy pronta.

Referencia 1: Selección, mantenimiento y reparación de motores eléctricos, Tomo 3, Robert W. Smeaton, 1995

4. Medición del Índice de polarización:

Prueba Índice de polarizacion			
Minuto	A	B	C
1	85	3,8	53
2	95	4	53
3	100	4	50
4	100	4,5	52
5	100	4,5	52
6	100	4,5	54
7	100	4,5	55
8	100	4,5	55
9	100	4,5	53
10	100	4,5	53
IP	1,18	1,18	1,00

Medicion A 7:20 Am 27°C 28 Abril  
 Medicion B 5:52 pm 34°C 28 Abril  
 Medicion C 12:30 pm 27°C 30 Abril



El IP mide el grado de acumulamiento de suciedad, humedad en el motor, edad del aislamiento, grado de deterioro del aislamiento y agrietamiento del devanado.

Con un devanado limpio y seco se obtiene valores de 1,5 y mayores, cuanto menor sea la relación, mayor es la dispersión del voltaje de prueba a tierra. Con este método se mide la propiedad del aislamiento para retener una carga capacitiva (referencia 1).

IP = MΩ ( 10 minutos ) / MΩ ( 1 minuto).

El voltaje de prueba IP es

Voltaje de prueba = 2.21 \* V + 1105.

La norma IEEE Standard # 43 recomienda mínimo IP para generadores y motores AC y DC de 2.0.

Elaborado:		Revisado:		Aprobado:		Fecha elaboración:
William Murillo						Página 1 de 1



# RCM INGENIERIA

## ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE FALLA

Versión: 2  
Mayo 2021

Richard Nailen en *Managing Motors* indica que IP entre 2 y 4 es aceptable y Inaceptable entre 1 y 1,5.

David Niño (Inesman) recomienda que:

IP	Diagnostico
< 1	Riesgoso
1,0 y 1,1	Pobre
1,1 y 1,2	Cuestionable
1,2 y 2,0	Satisfactorio
> 2,0	Buena

### Análisis:

El voltaje de prueba fue de 2,5 kv con un megger AEMC; La relación IP que tiene el devanado del estator del generador es de 1,0. Esta medición es una condición Pobre e Inaceptable para el aislamiento del generador.

No se recomienda poner en funcionamiento, su deterioro a falla seria muy rápida.

### 5. Medición con banco de resistencias

Generador	Corriente	Voltaje	Hz	KW calculado	Tiempo	Kwh nominal
G1001E	358	444	59,4	158,9	20 min	175
G1001D	266	444	59,4	118,1	20 min	175

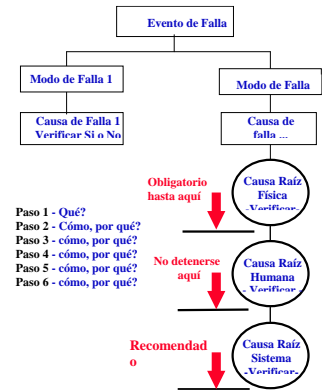
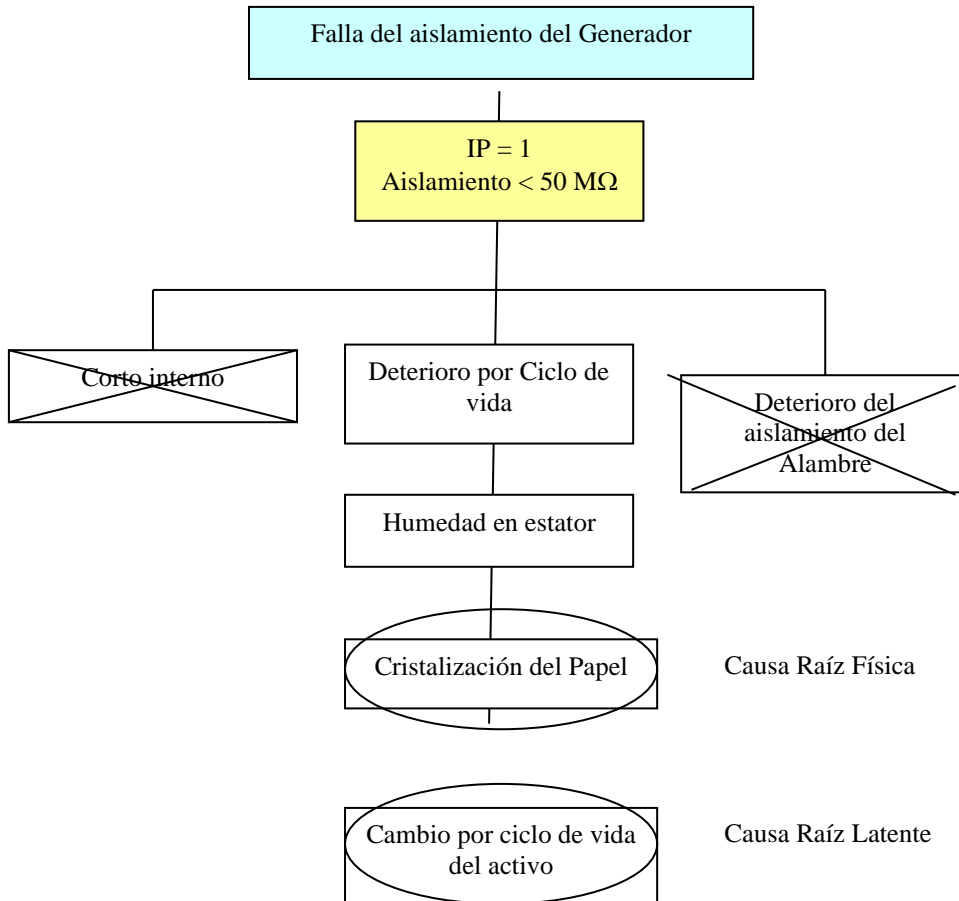
Análisis: Se encuentra que el generador E toma 92 amperios mas que el D (iguales condiciones de carga).

Esto indica que hay un problema interno en el devanado.

Elaborado:		Revisado:		Aprobado:		Fecha elaboración:
William Murillo						Página 1 de 1



## ARBOL LOGICO DE LA FALLA



### Conclusiones acerca de las Causas Físicas y Humanas

Elaborado:	William Murillo	Revisado:		Aprobado:		Página 1 de 1
------------	-----------------	-----------	--	-----------	--	---------------



# RCM INGENIERIA

## ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE FALLA

Versión: 2

Mayo 2021

**Causa Físicas (F):** Como el incidente ocurrió (lo físico del incidente) ser específico y si es evidente o no evidente.

**Cristalización del papel:**

Es EVIDENTE por:

1. Por la información que se obtiene de la medición con el megger.
2. En el desarme del devanado se comparo con otros devanados existentes en el Taller y se encontró que el papel del aislamiento estaba en avanzado grado de agrietamiento y cristalización.
3. Por medición de corriente entre generadores D y E, hay 92 amperios de consumo mayor en condiciones iguales de carga.

**Causa Humanas (H):** Que el Trabajador realizo (o no) que permitió cada causa física. y si es evidente o no evidente.

NO HAY EVIDENCIAS de fallas humanas en la investigación.

### CAUSA LATENTE (L)

Que parte de la organización falla por Políticas, cultura, procesos administrativos, diseño, procedimientos, herramientas, riegos, atajos, deficiencias y defectos en construcción.

**Cambio por ciclo de vida:**

Es EVIDENTE que por la forma de trabajo y la aplicación que tiene este generador presenta un grado de deterioro mayor.

El ciclo de vida de un generador estadísticamente es:

La rata de falla es de 8,0 f/10x6 h (Reliability Technology A. Green, 1978).

El MTBF es de 1000000 h/8 fallas = 125.000 horas/f = 5208 días/f = 14,2 años / falla. Indica que el ciclo de vida promedio de un generador es de 14,2 años en condiciones normales de operación.

### Mini Análisis Causa Raíz de Falla

## Acciones a Realizar o Recomendaciones

<b>Causas físicas:</b> Cristalización del papel	<b>Acciones a Tomar:</b> Cambio del devanado	<b>Acción para y Fecha</b> Inmediata,
<b>Causa Latente</b> Cambio por ciclo de vida:	<b>Acciones a tomar:</b>	<b>Acción para y Fecha</b> Mayo 30

				Fecha elaboración:
Elaborado:	William Murillo	Revisado:	Aprobado:	Página 1 de 1



# RCM INGENIERIA

## ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE FALLA

Versión: 2

Mayo 2021

Revisar otros generadores que se encuentran funcionando en iguales condiciones y realizar mantenimiento con revisión de su índice de polarización.

**COMO SE REALIZO LA REPARACION**  
Actualmente en reparación en Taller Bobinados

**LECCIONES APRENDIDAS**

**COSTOS DE LA IMPLEMENTACION**

### Registro fotográfico:



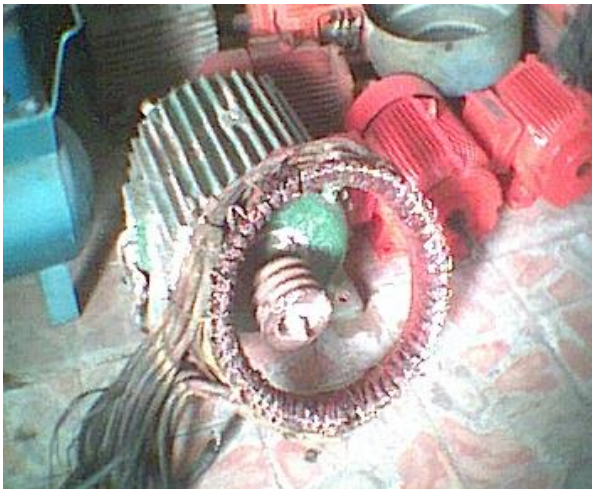
				Fecha elaboración:	
Elaborado:	William Murillo	Revisado:		Aprobado:	
					Página 1 de 1



# RCM INGENIERIA

## ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE FALLA

Versión: 2  
Mayo 2021



				Fecha elaboración:	
Elaborado:	William Murillo	Revisado:		Aprobado:	Página 1 de 1