



1



Del RCA al RCE: Metodología para eliminar fallas recurrentes cuando la causa no es detectable

Leonardo Morales B.
MBA – Ingeniero Electricista



2

Muchos **Análisis Causa Raíz (ACR)** concluyen sin definir acciones efectivas para controlar el problema, especialmente cuando la causa o sus síntomas no son detectables. Resulta de interés cómo pasar del **Root Cause Analysis (RCA)** al **Root Cause Elimination (RCE)**

#CMCChile2025



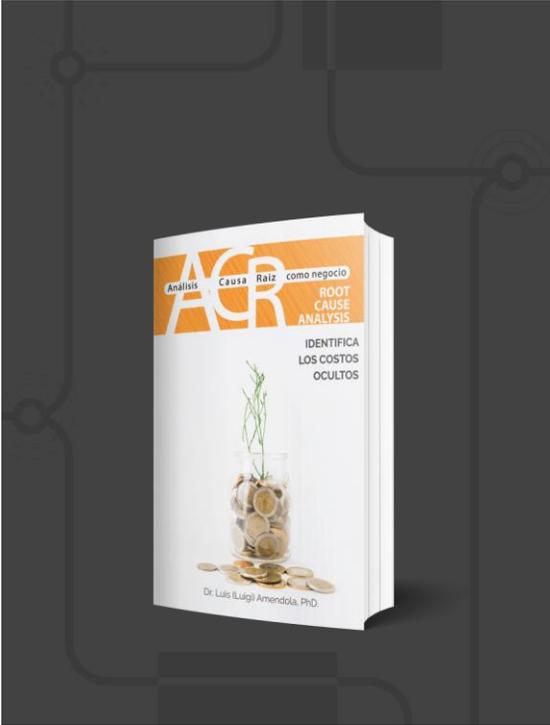
3

Root Cause Analysis (RCA)

#CMCChile2025



4



5

Análisis Causa Raíz (ACR)

Es una metodología disciplinada que permite **identificar las causas físicas, humanas y latentes** de cualquier tipo de falla o incidente que puedan ocurrir u ocurran una o varias veces permitiendo **adoptar las acciones proactivas o correctivas** que aseguren conseguir el ciclo de vida útil de los activos, además **de mejorar la seguridad y la confiabilidad de los procesos** y del negocio.



6

¿Dónde y Cuándo se debe aplicar?

Equipos (activos) y/o Sistemas que disponen de un alto coste de mantenimiento correctivo.



Si existe una data de fallos de equipos con alto impacto en costes de mantenimiento o pérdidas de producción.



En forma proactiva para evitar fallos recurrentes de alto impacto y costos de operación y mantenimiento.



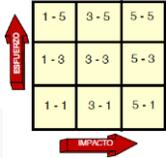
En forma reactiva para resolver problemas complejos que afectan a la organización.



Análisis de errores humanos en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y de supervisión.



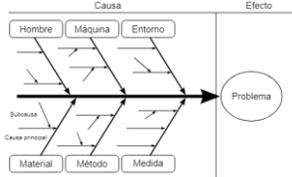
Herramientas y Metodologías en ACR



Criterios de Criticidad

Nombre Equipo	Modo de Falla
2110-CHK01-C01	Falla en Lógica de Control DCS
2110-HE002-C01	Falla de Validador de Frecuencia
2110-SM002-C01	Sig. Estante Notificación
2110-CV003-C01	Falla Comunicación
2110-CV003-C01	Sobre Corriente Motor
2110-CV003-C01	Falla de Reductor del motoreductor
2110-CHK01-C01	Falla sistema lubricación
2110-CR002-C01	Falla accionamiento Safeset
2110-CHK02-C01	Falla en Lógica de Control DCS
2110-CV007-C01	Sobre Corriente Motor
2110-CHK03-HP1-C01	Falla Comunicación (ASRI bus, F. O/RG 485, Ethernet IP, Modbus)

AMEF



Ishikawa

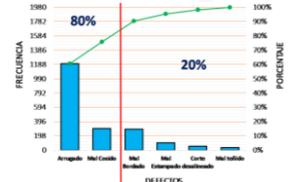


Diagrama de Pareto



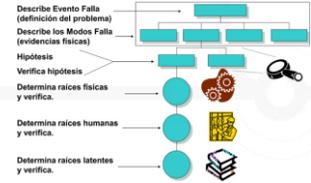
5 Por qué



Línea de Tiempo (secuencia lógica del evento)



5 P's

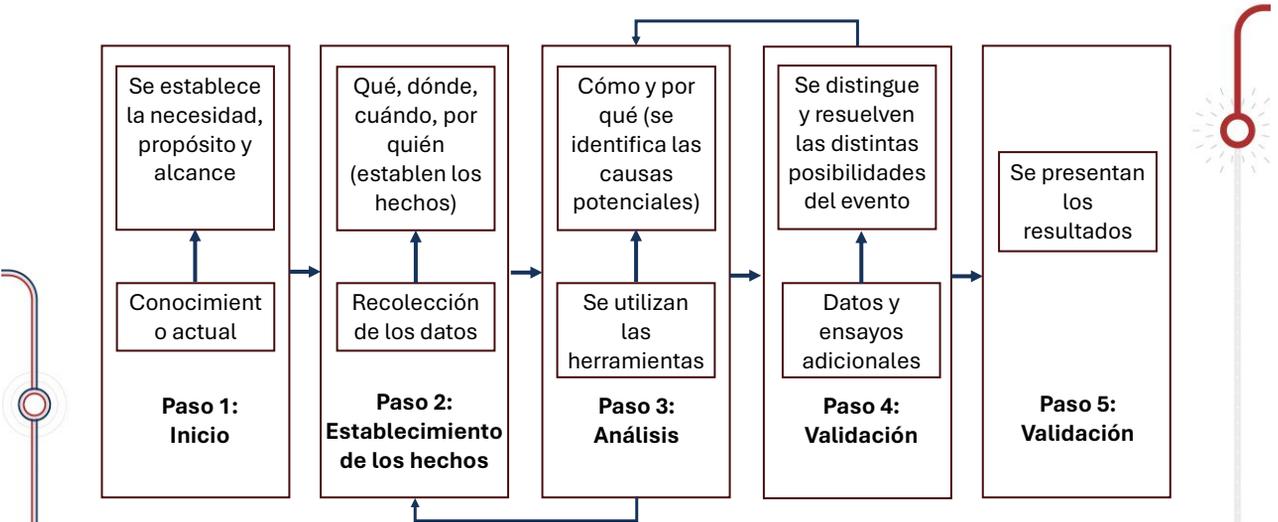


Árbol Lógico

#CMCChile2025

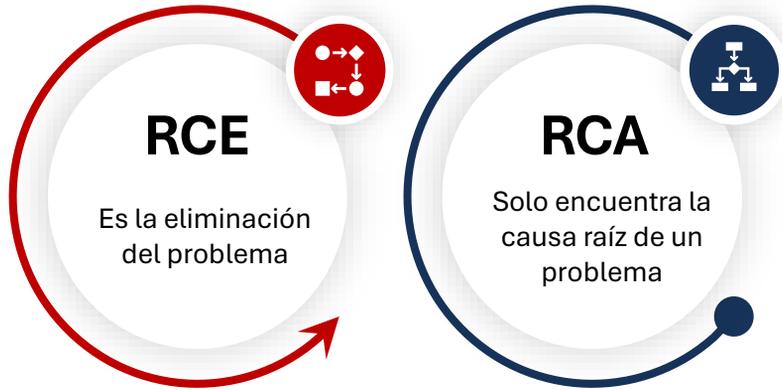


Pasos del ACR (UNE-EN 62740)



#CMCChile2025



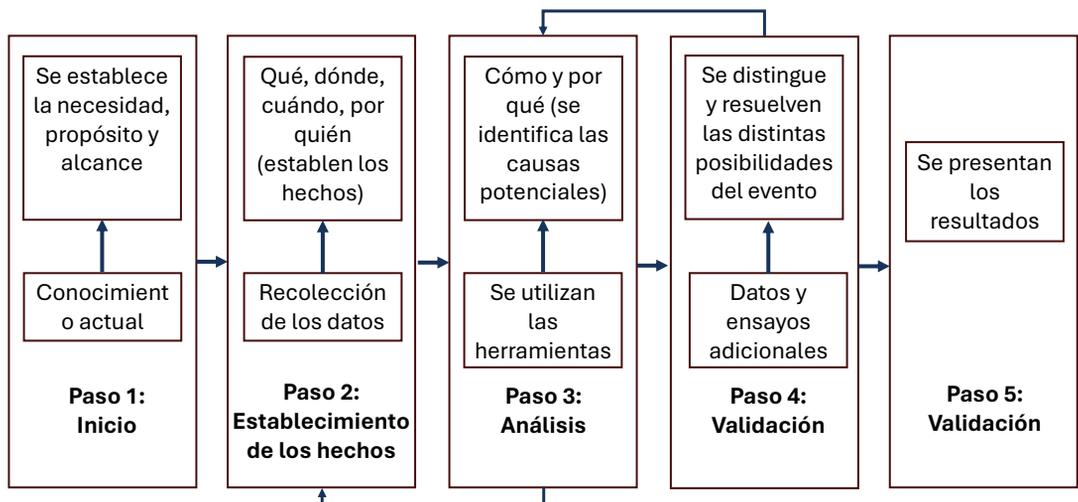


Si solo hace **Análisis Causa Raíz** habrá encontrado la raíz del problema, pero no da el siguiente paso para **Eliminar Causa Raíz**, acaba de tener un ejercicio interesante, pero sin resultados.

#CMCChile2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6^a EDICIÓN

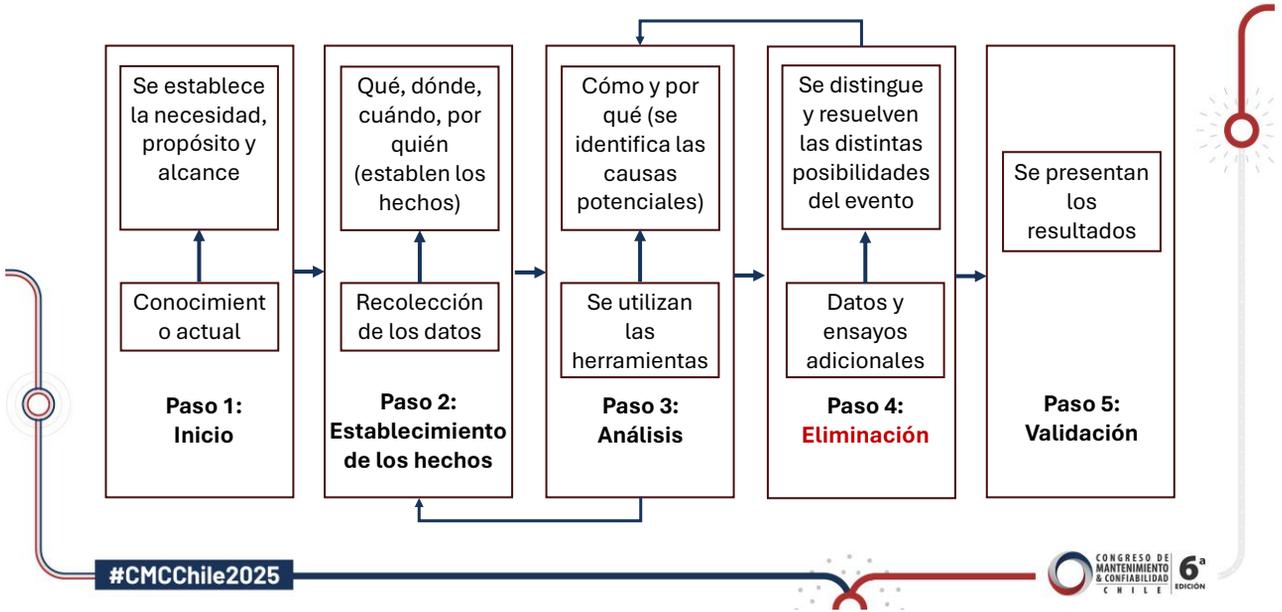
ACR + ECR



#CMCChile2025

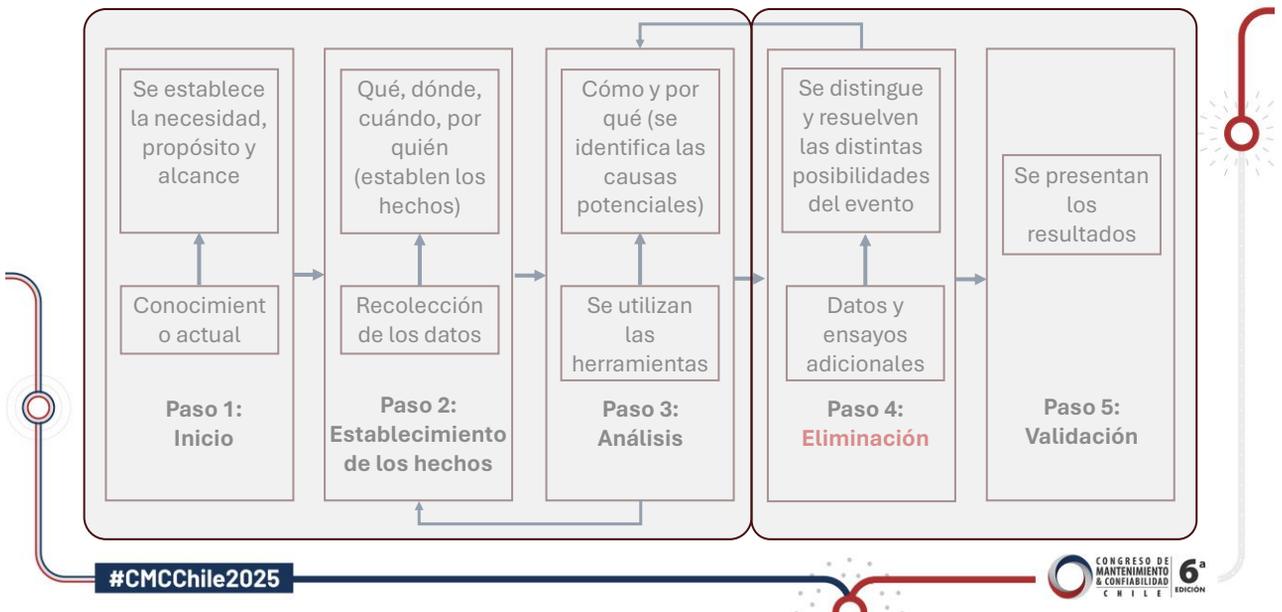
CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6^a EDICIÓN

ACR + ECR



11

ACR + ECR



12

Root Cause Elimination (RCE)

#CMCChile2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª
EDICIÓN

13

Convirtiendo los Problemas en Oportunidades (Eliminación de la Causa)

Lo primero que se debe hacer es identificar los **problemas específicos**:

1

PROBLEMAS ESPORADICOS:

Aquellos que muy rara vez se presentan cuando ocurren causan una cantidad considerable de problemas técnicos y económicos.

2

PROBLEMAS CRONICOS:

Aquellos que ocurren causan una y otra vez y casi siempre por las mismas razones. Ocurren tan frecuentemente que son aceptados como algo inevitable.



#CMCChile2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª
EDICIÓN

14

Convirtiendo los Problemas en Oportunidades

(Cambio de Paradigma)

3

Fallas Esporádicas

- Son acontecimientos dramáticos
- Demandan atención urgente de toda la organización
- Ocurren con poca frecuencia
- Consumen mucho tiempo para restaurar
- Son eventos únicos que tienen alto impacto

4

Fallas Crónicas o Recurrentes

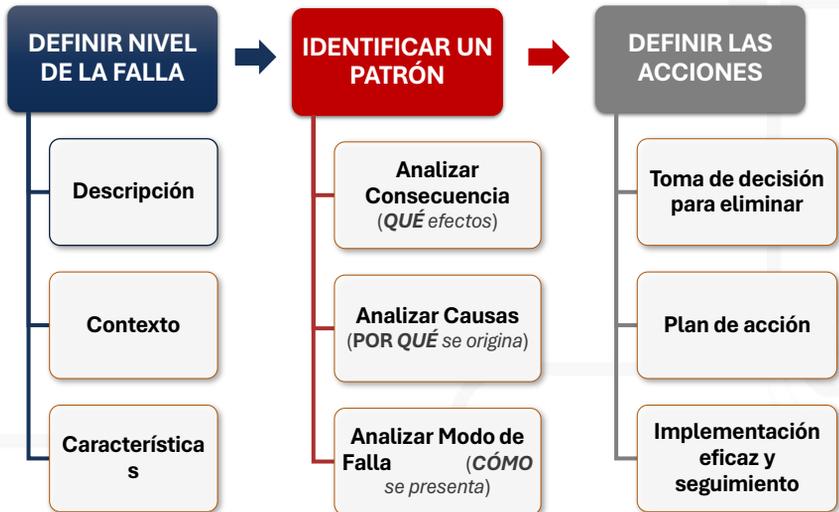
- Aceptados como parte de la rutina
- Demandan atención
- Ocurren con alta frecuencia
- Implican poco tiempo para restaurar
- Son eventos individuales que tienen bajo impacto

#CMCChile2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6ª EDICIÓN

RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

OBJETIVO:
“Tomar acciones para prevenir, mitigar y/o eliminar el modo de falla y la causa raíz”



#CMCChile2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6ª EDICIÓN

Caso

#CMCChile2025


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª
EDICIÓN

17

Activo: Línea de Transmisión



ACR Análisis de Causa Raíz de Fallas



Fallas Funcionales:

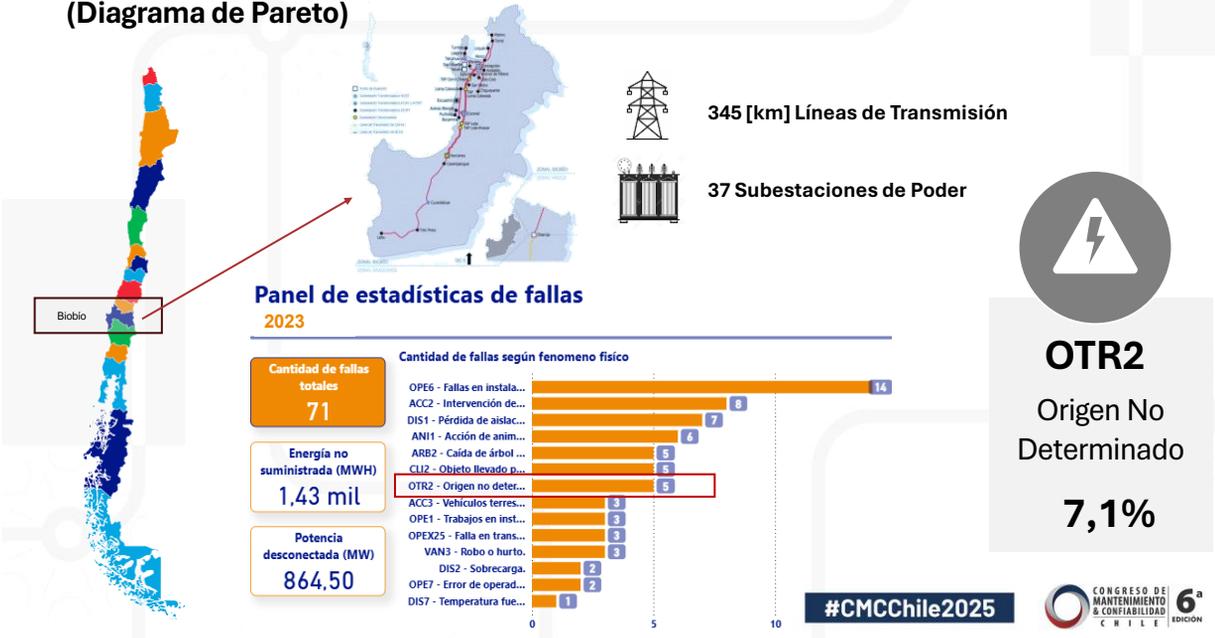
¿De qué forma puede fallar?

- 1 Fallas por **Error Humano** en la Operación y Mantenimiento
- 2 Interrupción del suministro eléctrico por eventos relacionados al **clima** o evento natural
- 3 Operación de los esquemas de protección por **sobrecarga** en la red
- 4 Fallas relacionadas por algún **elemento** del activo
- 5 Fallas relacionadas con **animales** o aves
- 6 Fallas de instalaciones de **terceros**


 CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE 6ª
EDICIÓN

18

Fallas en Líneas de Transmisión en la Región del Biobío (Diagrama de Pareto)



19

7,1% de las causas o sus síntomas no son detectables

#CMCChile2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6ª EDICIÓN

20

¿Cómo **identificar** el problema?

#CMCChile2025

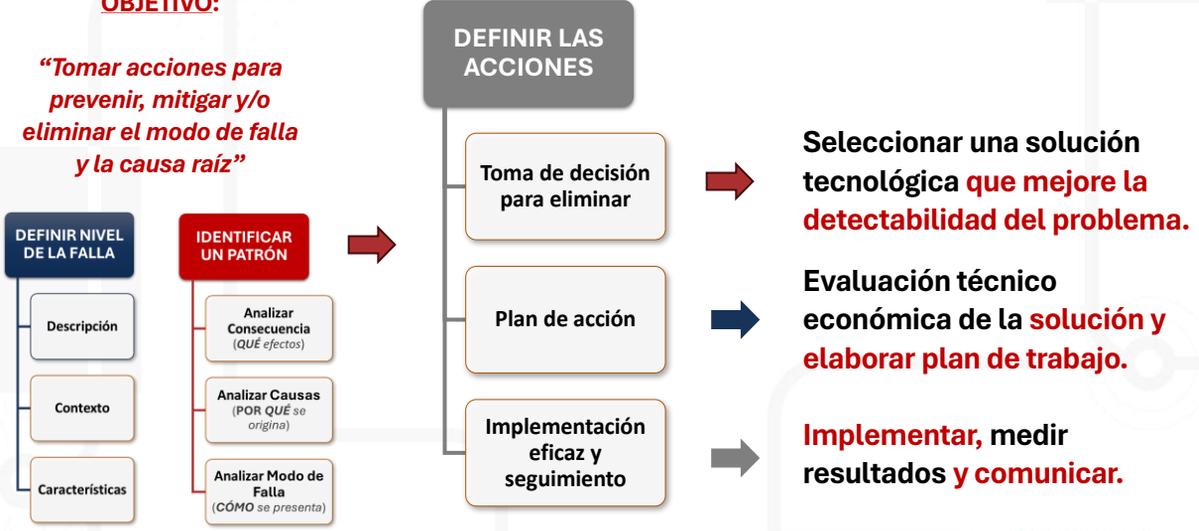


21

RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

OBJETIVO:

“Tomar acciones para prevenir, mitigar y/o eliminar el modo de falla y la causa raíz”



#CMCChile2025

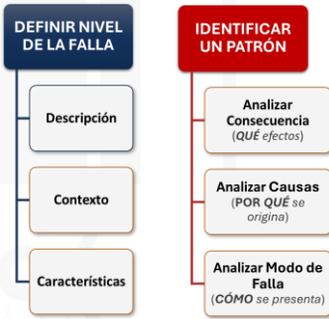


22

RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

OBJETIVO:

“Tomar acciones para prevenir, mitigar y/o eliminar el modo de falla y la causa raíz”



PROBLEMA:



Fallas que se presentan en Líneas de Transmisión cuyas causas **no se detectan**, por tanto se categorizan con modo causal denominado OTR2: Origen No Determinado

CAUSAS A ELIMINAR:

Fallas de Baja Impedancia:

Provocan un aumento significativo de la corriente, lo que hace que los sistemas de protección detecten y reaccionen rápidamente.

Fallas de Alta Impedancia:

Estas fallas no producen una corriente de cortocircuito grande, lo que dificulta su detección por los sistemas de protección tradicionales.

#CMCChile2025



RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

CAUSAS A ELIMINAR: Fallas de Alta Impedancia

Características:

Alta impedancia: La falla ocurre a través de una superficie o un objeto que ofrece una gran resistencia, limitando la corriente de falla.

No linealidad: La relación entre el voltaje y la corriente es muy compleja y cambia constantemente.

Naturaleza intermitente y aleatoria: La falla puede ser intermitente (se activa y desactiva) y su magnitud y forma cambian con el tiempo debido al cambio en la impedancia de la trayectoria.

Componentes de baja y alta frecuencia: Debido a su no linealidad y naturaleza intermitente, la corriente de falla contiene componentes de baja y alta frecuencia, a diferencia de las fallas de baja impedancia.

Difícil Detección: Las fallas de alta impedancia son difíciles de detectar para los sistemas de protección tradicionales porque la corriente de falla es baja y no siempre activa las protecciones.

#CMCChile2025



RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

CAUSAS A ELIMINAR: Fallas de Alta Impedancia

Riesgos:

Pérdida de sincronismo: Las fallas de alta impedancia pueden desestabilizar el sistema eléctrico, a veces provocando la pérdida de sincronismo e inestabilidad del sistema pudiendo afectar la estabilidad del sistema eléctrico como un efecto en cadena.

Daños en el equipo: La falla puede dañar el objeto que la causa, modificando su resistencia y, potencialmente, evolucionando a una falla de menor impedancia.

Riesgo de electrocución: Si un conductor energizado toca el suelo, puede causar la muerte por electrocución si las protecciones no actúan rápidamente.

#CMCChile2025



25

RCE: Metodología de Eliminación de Causas de Falla

CAUSAS A ELIMINAR: Fallas de Alta Impedancia

Causas:

Caída de árboles: Un árbol ubicado fuera de franja de seguridad de la línea que cae sobre los conductores eléctricos en tensión.

Elemento llevados por el viento: Elementos extraños que se alojan en la línea y generar un camino conductor a tierra.

Quema de vegetación: El humo o las brasas generadas por incendios en vegetación colindante a las líneas de transmisión, pueden generar un camino conductor a tierra.

Conductor cortado: Un cable eléctrico que se rompe o una hebra que se suelta y que al caer al suelo o a una estructura genera un camino conductor a tierra.

Averías en equipos: Fallas en el aislamiento o herrajes de la línea, a menudo por contaminación o envejecimiento.

#CMCChile2025



26

¿Cómo **eliminar** la causa raíz?

#CMCChile2025



27

Implementar solución tecnológica que detecte y localice fallas de alta impedancia que los relés de protección no pueden detectar

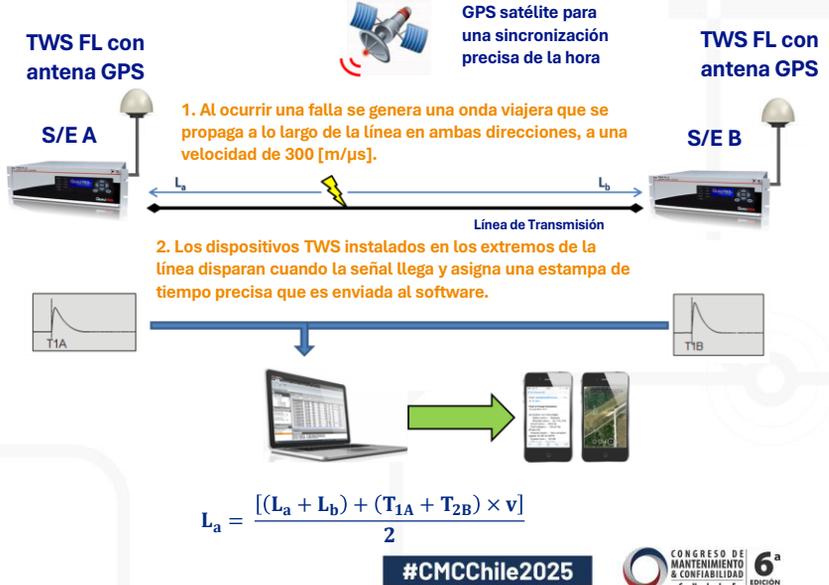
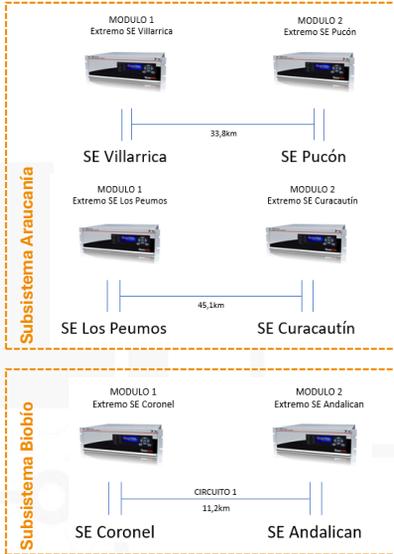
#CMCChile2025



28

Solución: Modelo de detección de fallas en LLTT

2023 → Localizadores de Falla por Onda Viejera (TWS FL) Principio de Operación



29

Solución: Modelo de detección de fallas en LLTT

2023 → Localizadores de Falla por Onda Viejera (TWS FL) Principio de Operación

El sistema ha demostrado un nivel de sensibilidad que **permite localizar fallas georeferenciadas reportando correctamente vía correo electrónico la localización y estructura más cercana.**

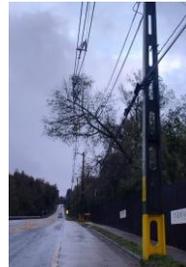
Se ha demostrado con casos de éxito de **aviso de fallas incipientes y de alta impedancia** en redes de transporte donde los relés digitales y de programación numérica en esquemas de protección complejos no reportan corrientes de falla, ni activación del umbral de la función de protección, ni trip.

Se ha demostrado además que cuando **el alcance de una perturbación en la red está fuera del alcance del esquema de localización**, el dispositivo informa vía correo electrónico la distancia en negativo localizándola fuera de su zona de monitoreo, **permitiendo adoptar acciones más ágiles para la recuperación del servicio en esquemas redundantes no radiales.**

TWS DTF Results Fault(s) occurred on Coronel-Andalican_1

IQ.Redes.Digitales@cgce.cl
 Para: Victor Sandoval Baeza; Leonardo Antonio Morales Bustamante; Cristián Antonio Vera Maluenda; Erwin Eduardo Sandoval Jimenez; y 2 usuarios más
 jue 15-05
 Traducir mensaje a: Español | No traducir nunca del: Inglés | Preferencias de traducción

Fault Time	DTF-X	DTF-Y	Segment	Structure	Structure Link	Map
2025-02-04T17:09:46.225248-03:00	0.23Km	10.89Km	from	Coronel_Andalican1 59		View Map
			Andalican	CORONEL		



TWS DTF Results Fault(s) occurred on LT69VillarricaPucón

IQ.Redes.Digitales@cgce.cl
 Para: Juan Sepúlveda Cherez; Alexis Rodrigo Sepúlveda Alvarez; Leonardo Antonio Morales Bustamante; James Leon Quiles; y 4 usuarios más
 sáb 17-05
 Traducir mensaje a: Español | No traducir nunca del: Inglés | Preferencias de traducción

Fault Time	DTF-X	DTF-Y	Segment
2025-05-17T14:38:36.104568-04:00	34.24Km from SE	-0.44Km from	LT69VillarricaPucón
			VILLARRICA

#CMCChile2025

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 6ª EDICIÓN

30

Resultados:

Panel de estadísticas de fallas

2024



OTR2
Origen No Determinado
6,6%

Panel de estadísticas de fallas

2025



OTR2
Origen No Determinado
2,9%

#CMCChile2025



31



iGracias!

Leonardo Morales B.

leo8mb@gmail.com

SESIÓN
21

**ESCANEA EL
CÓDIGO QR**



**RESPONDE UNA
BREVE ENCUESTA**

32