
Título: Del problema a la solución en el Mantenimiento 4.0.

Erol Isaac Zabicki Duardo.

Circuito Alcatraz, No. 128, Colinas de Sur, Corregidora, Querétaro

Resumen

La Industria 4.0 y el Mantenimiento 4.0 han transformado el análisis de fallas, pasando de relaciones causales simples a sistemas complicados (según el Modelo Cynefin de Dave Snowden^[1]) con múltiples factores interconectados. Hoy, herramientas avanzadas como la Metodología ACR de Sologic y la plataforma Causelink permiten abordar este tema. Este trabajo presenta dos ejemplos prácticos, desde la identificación del problema hasta acciones correctivas y preventivas, aplicando la lógica causal y los principios de la norma UNE-EN 62740:2015 para prevenir recurrencias y optimizar procesos.

Introducción.

La Industria 4.0 transformó la resolución de problemas debido a la creciente complejidad de los procesos. El Mantenimiento 4.0 evoluciona para responder a estas demandas y abordar las relaciones causales de eventos y fallas operacionales. Hace 30 años, las fallas seguían relaciones lineales y simples, facilitando la identificación de la causa raíz con herramientas básicas. Hoy, lo complicado exige métodos estructurados, como el desarrollado por Sologic LLC, para enfrentar estos desafíos de manera eficaz.

Contexto y Justificación.

Múltiples factores causales originan fallas en sistemas productivos, vinculados a procesos, controles automáticos, protecciones y dispositivos que permiten detectar, decidir y actuar ante desviaciones o eventos no deseados. La investigación y análisis de causa raíz (ACR) evolucionan mediante la lógica causal aplicada a las relaciones de fallas y sus efectos.

El presente trabajo expone dos ejemplos resueltos con la Metodología ACR de Sologic® y la plataforma Causelink®, abordando “lo complicado” del Mantenimiento

4.0. Parte de la evidencia para definir soluciones correctivas y preventivas que eviten recurrencias.

Los eventos analizados muestran relaciones transversales con varios sistemas de gestión. Aunque el enfoque principal es el mantenimiento de equipos y sistemas productivos, también aborda causas relacionadas con seguridad y procedimientos específicos.

Objetivo del Trabajo.

Demostrar cómo la metodología de ACR de Sologic®, junto con la plataforma de gestión Causelink®, pueden ser efectivamente aplicadas para resolver problemas complicados en el contexto del Mantenimiento 4.0. En un entorno industrial que se caracteriza por la interconexión y automatización avanzada de sistemas productivos y de seguridad. Este trabajo busca responder a la evolución del análisis de fallas, desarrollar la aplicación de la lógica causal avanzada y proporcionar ejemplos prácticos de casos resueltos con la metodología de ACR de Sologic®.

Alcance y limitaciones.

Se abordan ejemplos de eventos en equipos de industrias de alto riesgo y su impacto en causas raíz para seguridad, procesos y mantenimiento. Se aplica la Metodología ACR de Sologic® y la plataforma Causelink®, que cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 62740:2015.

Por motivos de confidencialidad, no se revelan los nombres de las empresas ni detalles técnicos específicos, pero esto no afecta la comprensión de los ejemplos técnicos presentados.

Fundamentos teóricos.

La Industria 4.0 ha transformado la producción, aprovechando al máximo los equipos y el talento humano mediante tecnologías avanzadas.^[2] La adopción de sensores IoT, análisis predictivo y sistemas ciberfísicos ha revolucionado el mantenimiento, permitiendo la

detección temprana de fallas y la optimización del rendimiento de los activos.^[3]

El Mantenimiento 4.0 ya no solo se enfoca en reparar fallas, sino en predecirlas, mitigarlas y optimizar el desempeño mediante el análisis de datos.^[2]

Definición y Características.

Las principales definiciones y características a desarrollar en este trabajo son:

- a) **Análisis de Causa Raíz:** Describe los principios básicos para identificar las causas raíz de un evento.^[4]
- b) **Falla:** pérdida de la capacidad de un ítem para cumplir una función requerida.^[5]
- c) **Resolución de Problemas:** Identificar un problema, desarrollar posibles vías de solución y tomar el curso de acción adecuado.^[6]
- d) **Industria 4.0:** Modelo de producción que se basa en la integración de tecnologías digitales en los procesos industriales y la fabricación.^[7]
- e) **Mantenimiento 4.0:** Enfoque moderno para la gestión del mantenimiento que utiliza tecnologías para optimizar los procesos y reducir los costes.^[2]

Se garantiza la optimización de procesos, la mejora de la calidad del producto con tecnologías avanzadas y la toma de decisiones basada en datos.^[8]

Las tecnologías de la Industria 4.0 y el Mantenimiento 4.0 ha revolucionado los ACR, permitiendo operaciones eficientes, seguras y rentables, con una mejora continua ágil.

Análisis de Causa Raíz (ACR).

El objetivo del ACR es entender la causa del problema para implementar soluciones que eviten su recurrencia.^[4] Esto requiere investigar y analizar cómo ocurrió el evento, utilizando diversas técnicas y herramientas que responden a la pregunta: ¿Por qué?

El ACR es clave en la Resolución de Problemas, ya que permite encontrar soluciones efectivas para reducir o eliminar la recurrencia. La evolución de los métodos de investigación,

análisis de datos y el uso de plataformas digitales e Inteligencia Artificial (IA) ha transformado los ACR, pasando de herramientas simples a procesos estructurados y más efectivos.^[9]

Evolución del ACR.

Lo complicado de las relaciones de fallas ha impulsado el uso de la lógica causal como criterio para vincular este criterio con acciones y condiciones existentes, cambiantes y coexistentes en el tiempo. Este criterio es clave en la evolución actual y afecta los procesos de mantenimiento, seguridad y operación, entre otros, por lo que se integra al Método ACR de Sologic®.^[9]

Se establece un marco de referencia sobre los problemas, que va desde situaciones simples hasta los “cisnes negros”. Lo complejo de un evento puede depender de su origen, los sistemas productivos, los impactos, la severidad, el modo o las variables involucradas, así como la frecuencia y los criterios tecnológicos.^[10]

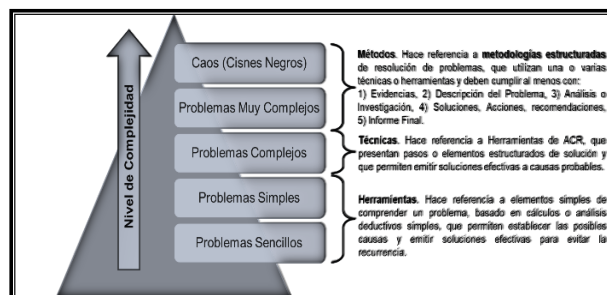


Fig 1: Relación del Nivel de Complejidad^[1] y la selección del Método de ACR.

Principios del Método Estructurado de ACR de Sologic.

El método estructurado de ACR de Sologic® emplea un enfoque lógico, visual y colaborativo para identificar tanto las causas directas como las sistémicas de un evento. Facilita el análisis de relaciones causales, evitando suposiciones y sesgos. Emplea el diagrama de causas para representar las interacciones entre causas, efectos y evidencias, prevenir su recurrencia mediante acciones correctivas/ preventivas específicas, medibles y sostenibles.

La plataforma Causelink©, gestiona problemas, recopila datos, realiza seguimiento de acciones, optimiza la trazabilidad y transparencia. Este enfoque permite tomar decisiones informadas, reducir riesgos y mejorar el desempeño global, alineando la resolución de problemas con los objetivos estratégicos del negocio.

La norma UNE-EN 62740:2015.

La norma UNE 62740:2015 establece principios y metodologías para realizar un ACR, para identificar, comprender y corregir las causas de fallos o eventos no deseados. Proporciona un enfoque estructurado que incluye la definición del problema, la recopilación y análisis de datos, la identificación de causas raíz con el uso de diagramas de Ishikawa, análisis de los cinco porqués y Análisis de Modo de Falla y Efectos (AMFE), y la implementación de acciones preventivas/ correctivas sostenibles. También enfatiza la importancia de la participación multidisciplinaria, la documentación adecuada y el aprendizaje organizacional para prevenir recurrencias.

Conceptos y Definiciones.

En la Sección 3 de la norma, se definen los principales conceptos clave para garantizar un entendimiento común de los usuarios:

1. **Evento no deseado:** Situación, fallo o desviación que tiene consecuencias negativas para la seguridad, producción, calidad o medio ambiente.
2. **Factor contribuyente:** Condición o acción que influye en el problema, aunque no sea la causa raíz.
3. **Acción correctiva:** Medida para eliminar una causa raíz y prevenir la repetición del problema.
4. **Acción preventiva:** Medida para evitar que un problema potencial ocurra.
5. **Datos relevantes:** Información crítica, precisa y verificable que respalda el análisis de causa raíz.

Principios Fundamentales.

La norma UNE 62740 se complementa con tecnologías emergentes, lo que permite una identificación más precisa y anticipada de las causas raíz. La integración de sensores en tiempo real y plataformas digitales facilita la recopilación automatizada de datos críticos para el análisis de fallos, reduciendo tiempos de diagnóstico y optimizando las acciones correctivas. La norma ofrece una metodología estructurada, mientras que el Mantenimiento 4.0 aporta tecnologías para una implementación más eficiente, basada en datos.

Metodología de ACR de Sologic

El Método de ACR de Sologic® es un enfoque estructurado y lógico para resolver problemas complicados. Consta de cinco pasos esenciales:

1. **Datos y Evidencias:** Recopilar y validar información sobre el evento, como registros, datos históricos, entrevistas y evidencia física o digital.
2. **Enunciado del Problema:** Formular una declaración clara y precisa del problema, respondiendo a las preguntas: ¿Qué pasó? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Cuáles fueron los impactos? El enunciado debe ser específico y verificable.
3. **Análisis Gráfico Causa-Efecto:** Utilizar un diagrama estructurado para visualizar las relaciones causales entre los factores contribuyentes, las causas inmediatas y fundamentales. Aplicar lógicas OR (causas posibles) y AND (causas combinadas necesarias).
4. **Soluciones:** Proponer acciones correctivas y preventivas viables y alineadas con los objetivos operativos. Evaluar la viabilidad y efectividad de cada solución y desarrollar un plan de implementación.
5. **Informe Final:** Documentar todo el proceso de análisis, incluyendo el enunciado del problema, el análisis causal, las acciones correctivas y preventivas, y las lecciones aprendidas.

Lógicas OR y AND en el Análisis de Causa.

La Lógica Causal, presenta tres (3) criterios que hacen que su aplicación sea más coherente respecto a la realidad. Estos criterios son: La “omisión”, la Lógica “O” y la Lógica “Y”:

La **Omisión**, representa la ausencia de algo que debería haber ocurrido o debería haber estado en su lugar. Esto implica que se esperaba que ocurriera alguna acción y no ocurrió o se esperaba que existiera algo (por ejemplo, una barrera) y no estaba. Por tanto, las omisiones pueden ser **transitorias** o **no transitorias**.^[11]

La **Lógica “O”**: La lógica “O” (**OR en inglés**) implica que para que se presente el efecto, las causas que le dan origen (Transitorias o No Transitoria), se conectan con una relación “posible que ocurra”, o sea, se presenta una u otra causa para que el efecto tenga origen. **Por ejemplo**: El automóvil no arranca porque no hay gasolina **O** no hay chispa. La importancia radica en que debo atender (emitir soluciones) en ambas cadenas causales.^[11]

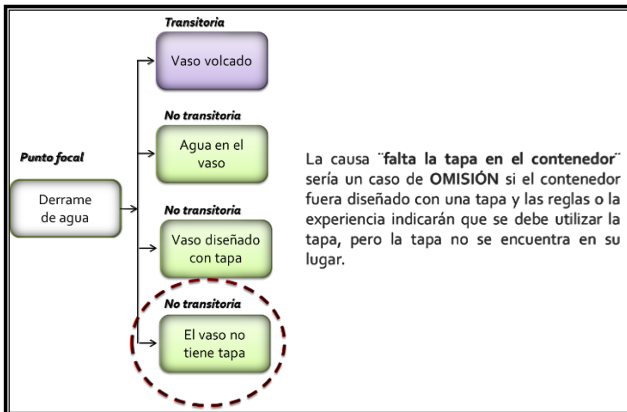


Fig 2: Ejemplo Omisión.

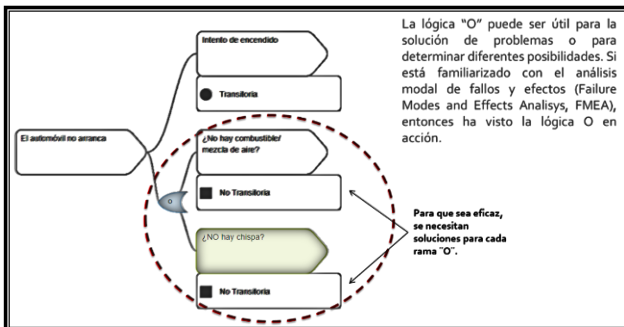


Fig 3: Ejemplo de Lógica “O”.^{[9], [11]}

La **Lógica “Y”**: La lógica “Y” (**AND en inglés**) implica que para que se presente el efecto, las

casusas que le dan origen se conectan con una relación constante, o sea, se presentan ambas causas para que el efecto tenga origen. **Por ejemplo**: Para que se produzca un incendio, se necesita: combustible **Y** aire **Y** chispa (punto de ignición). En este caso, con atender y emitir soluciones en una sola cadena causal, ya el efecto queda cubierto.

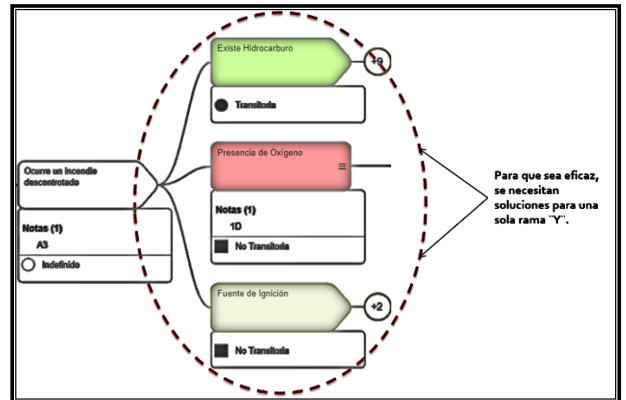


Fig 4: Ejemplo de Lógica “Y”.^{[9], [11]}

Uso de la Plataforma Causelink.

La plataforma Causelink© en la nube, basada en SaaS en *Amazon web services (AWS)*, aplica la metodología ACR de Sologic, integrando tecnología avanzada para gestionar lo complejo de eventos y fallas modernas. Permite la captura, organización y validación eficiente de datos y evidencias críticas. A través de interfaces intuitivas y herramientas visuales, facilita la creación de diagramas de causa y efecto, usando lógicas **OR** y **AND** para representar relaciones causales no lineales.

Causelink© fomenta la colaboración multidisciplinaria, permitiendo que equipos de diferentes áreas trabajen simultáneamente, mejorando la comunicación y reduciendo los tiempos de resolución. Automatiza la generación de informes detallados y personalizables, asegurando que las conclusiones y acciones correctivas sean claras y alineadas con los objetivos organizacionales. Además, facilita el aprendizaje organizacional continuo al crear una base de conocimiento dinámica con lecciones aprendidas, soluciones implementadas y patrones recurrentes,

contribuyendo a una cultura proactiva y resiliente.

Estudios de caso.

Se presentan dos estudios de caso con el Método de ACR de Sologic® y la Plataforma Causelink© para analizar fallas en equipos de procesos y proponer soluciones efectivas que eviten su recurrencia.

Caso 1: Parada de Planta por fuga de agua en línea de alta presión en generador hidroeléctrico

Descripción del Problema:

Fuga de agua en línea de alta presión en un generador hidroeléctrico ocurrió durante un mantenimiento preventivo. La fuga provocó la parada de la planta por 24 horas, dejando sin energía a varias poblaciones. La fuga se produjo al desmontar la línea sin verificar que estaba presurizada.

Aplicación del Método Sologic:

El Método ACR de Sologic se aplicó para investigar la causa de la parada de planta. En los **Datos y Evidencias**, se recopiló información sobre el evento, como la hora, ubicación, condiciones operativas e impacto económico. El **Enunciado del Problema**, se definió que la fuga ocurrió al desacoplar una brida en la válvula de control, con una presión de 250 kg/cm², no hubo daños al personal.

Se programó el mantenimiento de las válvulas de control de presión de las unidades U1, U3 y U5. El impacto económico fue de aproximadamente \$250,707 USD, siendo la mayor pérdida de producción en 5 años.

Análisis de Causas y Soluciones:

En el análisis del gráfico causa-efecto, se identificaron causas directas y sistémicas: falta de análisis de riesgo previo, ausencia de protocolo para despresurización de líneas, capacitación insuficiente del personal, y falta de verificación de la presurización, también se detectaron fallas en el diseño de la instalación.

Este evento, que paralizó la planta y afectó el suministro eléctrico a varias poblaciones, se originó por fallas en la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo. Además, no se

contaba con una línea by-pass para facilitar operaciones de mantenimiento seguras.

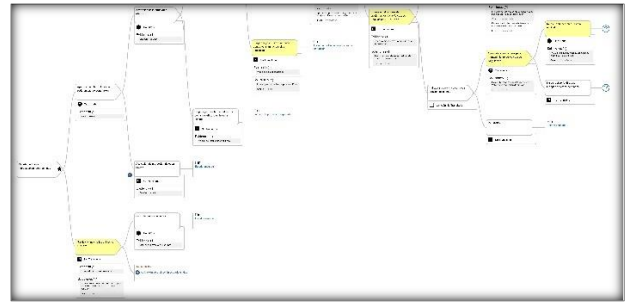


Fig 5: Gráfico Causa Efecto. Parte 1.

Otras causas principales fueron la falta de indicadores de presión por retiro indebido de este, durante mantenimientos previos y errores en la supervisión de proveedores externos. Estas deficiencias impidieron detectar la presión en la línea antes de la intervención, lo que causó una fuga significativa al intentar desmontar la brida de la válvula VC-U3-2145. La fuga provocó la caída de agua sobre paneles eléctricos, activando los sistemas de protección de las unidades y parando la planta.

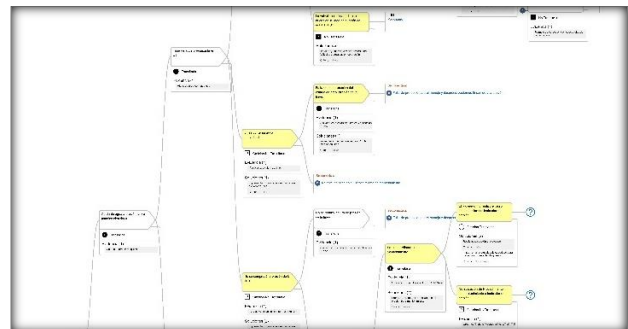


Fig 6: Gráfico Causa Efecto. Parte 2.

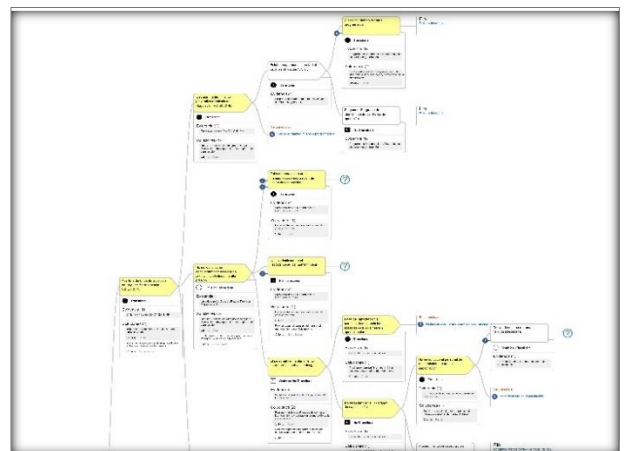


Fig 7: Gráfico Causa Efecto. Parte 3.

Las relaciones causa-efecto clave indican que la falta de verificación de presión, la falta de un Análisis de Riesgos y la planificación deficiente llevaron a una ejecución insegura del mantenimiento. Las soluciones incluyen: implementar un protocolo estandarizado para trabajos en líneas de alta presión, realizar análisis de riesgos previos, capacitar al personal en seguridad, instalar líneas by-pass para mantenimiento y asegurar la funcionalidad de los indicadores de presión. Estas acciones buscan prevenir la recurrencia y fortalecer la resiliencia operativa de la planta.

Resultados y Conclusiones.

Con 14 evidencias se validan 37 causas en el gráfico causa-efecto. La falta de listas de verificación y análisis de riesgos, implicó un impacto significativo al no existir estas para validar las causas. Se emitieron 12 soluciones: 11 preventivas y 1 correctiva, todas aceptadas y en proceso de implementación.

Las principales soluciones son Verificar presión en línea, Realizar Análisis de Riesgos entre Mantenimiento y Operación, Prohibir retirar indicadores de presión para mantenimiento, Instalar bypass para mantenimiento en válvulas de regulación de presión, Instalar protección física a paneles eléctricos, Capacitar en análisis de riesgos al personal de mantenimiento, Instalar bloqueadores de generación para evitar disparo de unidades, Implementar protocolos de seguridad en trabajos en líneas de alta presión, Realizar análisis de riesgos en etapa de diseño.

Caso 2: Incendio en la Bomba B-014 de Diésel en Área de Logística.

Descripción del Problema

Un incendio en la Bomba B-014 de diésel en el área de logística fue causado por una fuga no atendida y un posible calentamiento del motor. El incendio quedó fuera de control debido a la falla en el sistema de comunicación de detección de gas y fuego, que impidió la activación del sistema contra incendios.

Aplicación del Método Sologic

El método Sologic se aplicó para investigar el incendio, siguiendo los cinco pasos clave. En la

fase de **Datos y Evidencias**, se recopiló información detallada sobre el evento, incluyendo hora de inicio y finalización, ubicación, condiciones operativas e impacto económico y ambiental.

El **Enunciado del Problema**, se definió que el incendio fue causado por una fuga de diésel en el sello de la bomba o por falta de apriete en las bridas de succión y descarga, junto con el calentamiento del motor. La falla en la activación del sistema de detección de gas y fuego facilitó la ignición.

El impacto total del evento fue de aproximadamente \$43,205.00 (USD), donde el costo de reparación de la bomba representó el 57.86% (\$25,000.00). También se reportaron impactos ambientales por \$12,000.00 y daños psicosociales de \$5,000.00. Este evento ocurrió por segunda vez en la planta, siendo el primero con impacto ambiental significativo.

Análisis de Causas y Soluciones

En el análisis del gráfico Causa-Efecto, se identificaron causas directas y sistémicas, como la falta de mantenimiento preventivo que agravó la fuga reportada y la capacitación insuficiente del personal y proveedores en las acciones previas. El incendio en la bomba de diésel, se extendió por la falta de activación del sistema contra incendios.

Este se originó por la presencia de hidrocarburos, oxígeno y una fuente de ignición. La fuga de hidrocarburos, que alcanzó los límites inferiores de inflamabilidad, se debió a corrosión en el cuerpo de la bomba, fallas en la hermeticidad de las bridas de succión y descarga, o fallas en los sellos. La corrosión fue causada por fallas en la aplicación o incumplimiento del ciclo de protección anticorrosiva. La falta de hermeticidad de las bridas se debió a la falta de apriete post-mantenimiento o daños en las juntas. La fuente de ignición fue un arco eléctrico en el motor por sobrecalentamiento.

No se puede comprobar la falla en la activación del sistema contra incendios, ya que no existen evidencias de fallas en la detección de gas y

fuego ni en el propio sistema. La falla en el sistema de detección puede deberse a errores de calibración en los límites de inflamabilidad o fallas en la señal de activación del sistema contraincendios, causadas por fallos de comunicación o problemas de mantenimiento en la red de datos. El sistema contraincendios no recibió la señal de detección.

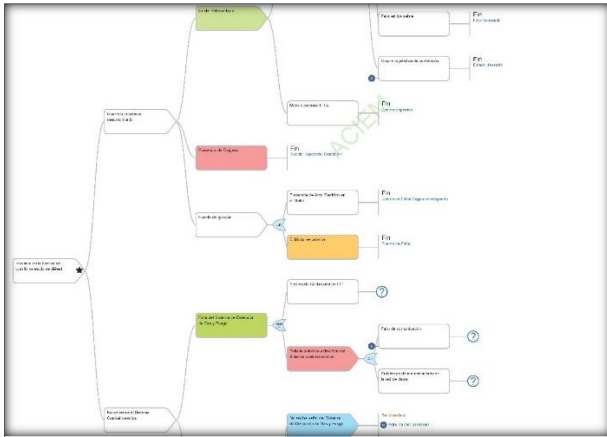


Fig 8: Gráfico Causa Efecto. Parte 1.

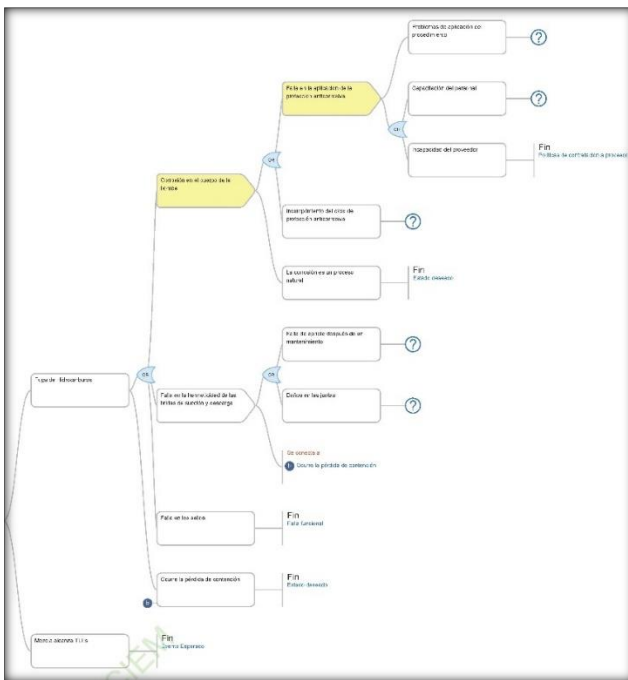


Fig 9: Gráfico Causa Efecto. Parte 2.

No se puede comprobar la falla en la activación del sistema contraincendios, ya que no existen evidencias de fallas en la detección de gas y fuego ni en el propio sistema. La falla en el sistema de detección puede deberse a errores de calibración en los límites inferiores de

inflamabilidad o fallas en la señal de activación del sistema contraincendios, causadas por fallos de comunicación o problemas de mantenimiento en la red de datos. El sistema contraincendios no recibió la señal del sistema de detección.

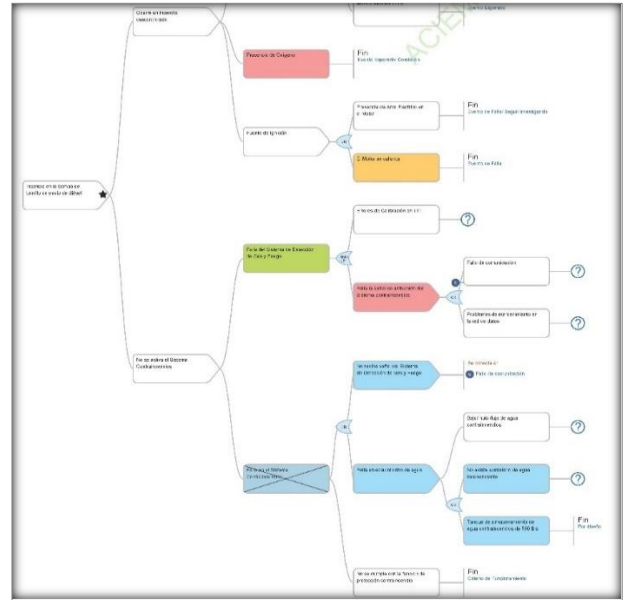


Fig 10: Gráfico Causa Efecto. Parte 3.

Resultados y Conclusiones.

Se emitieron 18 soluciones, 12 preventivas y 6 correctivas. Todas aceptadas y en proceso de implementación.

Las principales soluciones preventivas/correctivas son: Mejorar el procediendo y la frecuencia de aplicación de protección anticorrosiva (PAC), Generar programa de capacitación relativa a la aplicación de PAC, Recolectar Hidrocarburo derramado, Realizar estudio de corrosión relativa a las condiciones ambientales y del producto manejado y Evaluar la calidad de los sellos, Instalar controles de temperatura a los motores eléctrico, para evitar puntos de ignición, Revisar todo el sistema de señal y alarma, Independizar el sistema de agua contraincendios de la red de agua de consumo social, Revisar el procedimiento de aplicación de la protección anticorrosiva, Realizar evaluación de proveedores en protección anticorrosiva, Realizar calibraciones periódicas con doble comprobación.

Los resultados destacan un ACR con 16 evidencias que validan las 33 causas en el gráfico causa-efecto. Dos evidencias fueron utilizadas para rechazar la línea de investigación sobre la falla del sistema contraincendios. Se emitieron 18 soluciones, 12 preventivas y 6 correctivas, todas aceptadas y en proceso de implementación.

Principales soluciones y tareas:

Se propone mejorar el procedimiento de aplicación de protección anticorrosiva, ajustando el tipo de protección y su frecuencia de aplicación, además de implementar un programa de capacitación especializado en este ámbito. Se sugiere recolectar hidrocarburos derramados y verificar la disponibilidad de ASC/I en todas las plantas.

Es necesario realizar un estudio de corrosión enfocado en las condiciones ambientales y el producto manejado, instalar controles de temperatura en motores eléctricos para prevenir puntos de ignición, y evaluar la calidad de los sellos en función de los resultados del estudio de corrosión.

Se recomienda revisar el sistema de señal y alarma, verificando las pruebas de funcionamiento, y separar el sistema de agua contraincendios de la red de agua de consumo social. Finalmente, se debe revisar el procedimiento de protección anticorrosiva, evaluar proveedores relacionados y realizar calibraciones periódicas con doble comprobación.

Conclusiones

Los resultados revelan causas raíz relacionadas con la fuga de diésel, la protección anticorrosiva y fallas en la hermeticidad de las bridas y sellos. Estas causas, combinadas con la falla en el sistema de detección y respuesta contraincendios, y la insuficiencia del sistema de suministro de agua contraincendios, junto con el calentamiento del motor eléctrico, generaron el incendio y destrucción de la bomba.

Las causas principales se vinculan con fallas en el mantenimiento preventivo y correctivo,

deficiencias en la capacitación, problemas en la protección anticorrosiva y fallos en los sistemas de detección y respuesta contra incendios. Estas deficiencias revelan errores técnicos y oportunidades de mejora en la gestión de activos, supervisión de procedimientos, cadena de suministro, personal, contratación y cumplimiento de protocolos de seguridad.

Ventajas del Método Aplicado

Permite establecer múltiples causas raíz para un evento, utilizando evidencias que aseguran las conclusiones basadas en datos. Facilita la identificación de causas directas y organizacionales, ofreciendo una visión integral del problema. Promueve una cultura proactiva, fortalece los procesos operativos y mejora las prácticas de mantenimiento y seguridad a largo plazo. Los equipos multidisciplinarios favorecen la comunicación y transferencia del conocimiento. Garantizar resultados para todas las partes interesadas, facilitando la implementación de acciones.

Recomendaciones en la Práctica Profesional

Se recomienda establecer una cultura organizacional orientada a la prevención y mejora continua, respaldada por el compromiso visible de la alta dirección. Integrar equipos multidisciplinarios de ACR, con personal de diversas áreas, estandarizar los procedimientos mediante la documentación y aplicación del método, utilizando el Causelink©.

Garantizar una recolección y validación exhaustiva de evidencias antes de emitir conclusiones, aplicando un enfoque basado en el árbol de causas y efectos, con diagramas visuales que detallen los problemas.

Las soluciones deben ser específicas, viables, medibles, alcanzables y con plazos definidos. Se sugiere documentar e integrar las lecciones aprendidas y revisar periódicamente el proceso de ACR para evaluar su efectividad y realizar ajustes necesarios.

Estas sirven como guía de la implementación efectiva del método, ayudando a resolver eventos y construir sistemas más robustos ante fallos futuros.

Referencias.

- [1]. Snowden, D. “Escenarios en Acción: Cynefin”. Mingamar. 1999)
- [2]. Melo, S. “El futuro del mantenimiento: una guía para la Industria 4.0”. DataScope. Diciembre 9, 2020)
- [3]. Schume, P “¿Qué es la Industria 4.0?”. IBM. 17-04-2020).
- [4]. AENOR. UNE-EN 62740:2015-Análisis de causa raíz (RCA). 2015.
- [5]. Organización Internacional de Normalización. ISO 14224: Recolección e intercambio de datos de confiabilidad. 2006.
- [6]. Boardman, B. “¿Qué es la resolución de problemas?” University of Texas at Arlington. 30-octubre-2022.
- [7]. Blanco, M. “La Digitalización y la Industria 4.0”. Secretaría de Estrategias Industriales. Madrid, España. Septiembre, 2017.
- [8]. Sánchez R., D. “El Mantenimiento 4.0: Los beneficios que aportan a la industria”. Mantenimiento Industrial. Madrid, España. 24-febrero-2022.
- [9]. Zabicki, E.I. “Del Problema a la Solución. la importancia de la definición del problema” Sologic®. 05-junio-2024.
- [10]. Constantino, A. 2023. El ACR y la Complejidad. Sologic®. 23-noviembre-2023.
- [11]. Sologic. “Manual del participante. Certificación Facilitador Nivel I, ACR de Sologic”. 2022.

Erol Isaac Zabicki Duardo, con más de 20 años de experiencia en ingeniería de mantenimiento industrial, investigaciones de eventos y análisis de riesgos, cuenta con una Maestría en Ingeniería de Mantenimiento Industrial y es Ingeniero Mecánico, ambos obtenidos en la Universidad Politécnica de La Habana. Cuenta con certificación como Facilitador Líder en ACR de Sologic LLC y Analista de Riesgos por CGE *Risk Management*, ha liderado proyectos en

Latinoamérica, como cofundador de Just-in-Time, México. Ha impartido cursos en instituciones como el Tecnológico de Monterrey y ha trabajado en gestión de riesgos y seguridad industrial en diversas industrias como Oil&Gas, Metal mecánica, Sector Eléctrico, alimenticio y de salud. Su enfoque en la mejora continua ha sido clave en sus logros.

1. **Nombre del autor(es):** Erol Isaac Zabicki Duardo
2. **Teléfono**
 - a) Residencia: +52 442 671 2381
 - b) Oficina: +52 442 136 1731
 - c) Celular: +52 993 214 9385
3. **Dirección del autor(es)**
 - a) Residencia: Circuito Alcatraz, No. 128, Colinas del Sur, Corregidora Querétaro. C.P. 76903.
 - b) Oficina: Circuito Alcatraz, No. 128, Colinas del Sur, Corregidora Querétaro. C.P. 76903.
 - c) E. mail: erol.zabicki@sologic.com
 - d) Ciudad: Querétaro
 - e) País: México.