

Informe de Análisis de Causa Raíz

Titan II Accidente de misiles



Enunciado del Problema

Número de informe	Propietario del ACR	Augusto Constantino
	Facilitador de ACR	Augusto Constantino

Punto Focal: 1 fatalidad, 21 heridos

Cuándo

Event Start Date: 17/9/1980 Event End Date: 18/9/1980

Hora de inicio del evento: approx 6:30 pm Finalización del evento hora: approx 3:00 am

Dónde

Otro 3.3 miles NNE of Damascus, Arkansas

Otro Missile Complex 374-7
U.S. Air Force - 308th Strategic Missile Wing - 374th Strategic Missile Squadron
LGM-25C Titan II ICBM cargado con una cabeza nuclear de 9 megaton W-53

Impacto Real

Seguridad	Seguridad del personal: 1 fatalidad, 21 heridos	
Seguridad	Seguridad nacional: complejo de lanzamiento completo de misiles destruidos	
Costo	Seguridad nacional: complejo de lanzamiento completo de misiles destruidos	
Reputación (externa)	Desconfianza	\$0.00
Frecuencia	2 times Overall	
Nota de frecuencia	Durante un período operativo de 25 años, Arkansas experimentó dos fallas relacionadas con misiles cerca de las fallas.	

Impacto Potencial

Seguridad

Detonación de la ojiva nuclear,
envenenamiento por radiación

Informe Resúmenes

Resumen ejecutivo

El 19 de septiembre de 1980, aproximadamente a las 3:00 a.m., una nube de vapor se encendió dentro de un silo en el complejo de misiles de la Fuerza Aérea 374-7 cerca de Damasco, Arkansas. La explosión ocurrió en un silo que alberga un misil balístico intercontinental, causando una explosión masiva que destruyó el silo, expulsó la ojiva del sitio y resultó en un daño generalizado en la instalación. La ojiva se recuperó intacta y no detonó.

La explosión mató a un aviador e hirió a otros 21, la mayoría de los cuales estuvieron involucrados en el esfuerzo de respuesta. The total estimated cost of destruction, including loss of the missile, damage to the complex, and cleanup efforts, exceeded \$225 million. Este incidente provocó cambios significativos en procedimientos, operativos y estratégicos dentro del programa de misiles de la Fuerza Aérea de EE. UU., Incluyendo el desmantelamiento acelerado de la flota Titan II.

Resumen de causas y efectos

Fuga de combustible: el combustible líquido escapó del tanque de primera etapa del misil porque estaba perforado. La punción ocurrió cuando una toma de 8 libras cayó aproximadamente 80 pies, golpeó y perforó el tanque de combustible de aluminio de piel delgada, iniciando una fuga de combustible de cohete altamente volátil, aerozina 50. El enchufe se desprendió de una extensión de la llave mientras el personal realizaba una tarea de depresurización de válvulas cerca de la misil. En lugar de usar la llave de par especificada, la tecnología utilizó una configuración de llave de enchufe no estándar, que carecía de un pasador de retención para asegurar el enchufe en su lugar. Esta desviación del procedimiento estándar combinado con la orientación vertical del trabajo por encima del misil condujo a la caída accidental y la posterior liberación de combustible.

Fuente de encendido: aproximadamente 8.5 horas después de que comenzara la fuga de combustible inicial, se encendió una nube de vapor dentro del silo, desencadenando una explosión masiva. En las horas previas al evento, el combustible aerozina 50 altamente volátil continuó filtrándose y acumulándose dentro del espacio confinado del silo de misiles. Creyendo que los niveles de vapor habían disminuido por debajo del límite explosivo inferior (LEL), los respondedores tomaron la decisión de activar el sistema de ventilación de escape para disipar la nube de vapor. Sin embargo, hubo dos defectos en su lógica de toma de decisiones. Primero, la nube de vapor todavía era explosiva. En segundo lugar, los componentes eléctricos dentro del sistema del ventilador, particularmente el motor y los mecanismos de conmutación, no fueron diseñados para ser a prueba de explosión o intrínsecamente seguros. Cuando se restauró la energía y el sistema se energizó, el ventilador probablemente produjo un arco o chispa que encendió la nube de vapor. La decisión de energizar al ventilador se basó en lecturas de concentración de vapor incompletas y demasiado optimistas. El monitoreo en tiempo real fue de alcance limitado, confiando en datos de solo unos pocos puntos fijos, y no pudo detectar bolsillos de vapor inflamables que persistieron en otras áreas del silo. Como resultado, una atmósfera explosiva pasó desapercibida hasta que ocurrió la ignición.

Respuesta de emergencia defectuosa: inmediatamente después del tanque de combustible,

el sistema de energía del complejo de misiles se apagó y se evacuó el complejo. Se reunió y envió un equipo de evaluación de reingreso y emergencia para evaluar las condiciones después de la fuga de combustible inicial. Su presencia fue autorizada basada en la creencia de que la atmósfera dentro del silo ya no era peligrosa. En el momento de la explosión, varios personal estaban dentro o cerca del silo de misiles, lo que resultó en 21 lesiones y una mortalidad. Su presencia se basó en lecturas de vapor limitadas y potencialmente inexactas, lo que no explicaba la posibilidad de una distribución de vapor de combustible desigual en el interior grande y confinado del silo. Aunque el personal usaba el equipo de protección personal mínimo requerido, el conjunto de protección atmosférica autónoma autónoma (escopeta), estos trajes están diseñados para proteger contra vapores químicos tóxicos y contacto de la piel, no contra riesgos relacionados con la explosión, como la sobrepresión, la fuerza conmocionada, los restos voladores o las lesiones térmicas. La decisión de volver a ingresar carecía de umbrales de procedimiento claros para determinar cuándo era seguro regresar a un entorno contaminado con vapor, lo que finalmente coloca a los respondedores de cerca a una atmósfera explosiva no detectada.

Soluciones

SO-0001 **Solución**

Solución de la Fuerza Aérea/Gobierno de los Estados Unidos: Protocolo de control de herramientas desarrollado. Protocolos de responsabilidad e inspección de herramientas más estrictas forzadas, particularmente para el trabajo de gastos generales.

Causa (s)

Llave de torque no está fácilmente disponible

Nota

Evaluación: Esta solución intenta reducir la probabilidad de otra herramienta caída mediante la introducción de controles más estrictos sobre el comportamiento individual. Si bien no asigna abiertamente la culpa, centra la respuesta en torno a la falibilidad humana y refuerza la idea de que el cumplimiento del procedimiento es la principal salvaguardia. Se pierde el punto más amplio de que el uso de herramientas informales probablemente evolucionó debido a las limitaciones ergonómicas, la mala disponibilidad de la herramienta o las presiones de tiempo, ninguna de las cuales se aborda. Aunque puede reducir una clase específica de eventos de iniciación, no tiene en cuenta los muchos contribuyentes sistémicos que permitieron que este error se intensifique. Sin contexto cultural o compromiso de primera línea, corre el riesgo de convertirse en un ejercicio de cumplimiento en lugar de una mejora significativa en la seguridad. Su valor es mayor cuando se combina con mejoras a nivel del sistema y discusiones abiertas sobre por qué las desviaciones ocurrían en primer lugar.

Asignado

Criterio Pasado

Vencimiento

Estado Identified

Término

Costo

% de efectividad estimada

Prioridad

Controlar

Tipo

SO-0002 **Solución**

Solución de la Fuerza Aérea/Gobierno de los Estados Unidos: mayor énfasis en la conciencia del riesgo durante el mantenimiento, especialmente con respecto a los combustibles hipergólicos.

Causa (s)

Trabajo continuó

Nota

Evaluación: Aumentar la conciencia de los peligros extremos de los combustibles hipergólicos es un paso razonable y evita caer en la trampa de culpar a los trabajadores individuales. Sin embargo, corre el riesgo de ser superficial si simplemente recuerda al personal que "sea más cuidadoso". La conciencia por sí sola no resuelve los impulsores sistémicos del riesgo, como la infraestructura de envejecimiento, los procedimientos ambiguos o la autoridad limitada de toma de decisiones. Cuando se hace bien, incrustados en la capacitación práctica, discusiones sobre incidentes pasados y experiencias compartidas, este tipo de énfasis puede mejorar la percepción del riesgo y contribuir a una fuerza laboral más capaz. Pero su impacto depende completamente de la profundidad de la experiencia de aprendizaje y la honestidad con la que se reconoce los contribuyentes sistémicos.

Asignado

Criterio Pasado

Vencimiento

Estado Identified

Término

Costo

% de efectividad estimada

Prioridad

Controlar

Tipo

SO-0003 **Solución**

Solución de la Fuerza Aérea/Gobierno de los Estados Unidos: Silos de Titán II restantes modernizados con sistemas de monitoreo y ventilación mejorados.

Causa (s)

Desconocido de los niveles reales de vapor

Nota

Evaluación: Esta solución se basa en la mejora del sistema en lugar de la corrección conductual. Reconoce que la decisión de volver a ingresar al silo y activar el ventilador se tomó en condiciones de incertidumbre, exacerbada por datos defectuosos o incompletos. Al mejorar las capacidades de monitoreo y garantizar una mejor ventilación, esta solución reduce directamente el riesgo sistémico y mejora la calidad de la información disponible durante los momentos críticos. También reduce la carga cognitiva colocada en los operadores al proporcionar datos más claros y confiables. Si bien no educa o empodera directamente a la fuerza laboral, sí crea un entorno más seguro y transparente en el que se toman las decisiones, lo que elimina las bases para una navegación de riesgos más reflexiva.

Asignado

Criterio Pasado

Vencimiento

Estado Identified

Término

Costo

% de efectividad estimada

Prioridad

Controlar

Tipo

SO-0004 Solución

Solución de la Fuerza Aérea/Gobierno de los Estados Unidos: introdujo requisitos de equipos eléctricos intrínsecamente seguros para entornos explosivos.

Causa (s)

Fuente de encendido: chispa, arco del ventilador de escape?

Nota

Evaluación: Esta solución se dirige a una falla crítica de diseño del sistema: la presencia de equipos eléctricos que podrían actuar como una fuente de encendido en una atmósfera peligrosa. Al requerir componentes intrínsecamente seguros o a prueba de explosiones, elimina el peligro en su raíz en lugar de depender de los trabajadores para navegar a su alrededor. Este es un ejemplo de libro de texto de un control a nivel de sistema que mejora la seguridad a través del diseño en lugar del procedimiento. No aborda ni depende del comportamiento humano, ni sugiere que los respondedores pasados tomaron malas decisiones. En cambio, reconoce la insuficiencia del entorno en sí y realiza cambios tangibles que reducen las posibilidades de fallas futuras. Si bien no educa directamente al personal, reduce significativamente el riesgo al que están expuestos.

Asignado

Criterio Pasado

Vencimiento

Estado Identified

Término

Costo

% de efectividad estimada

Prioridad

Controlar

Tipo

SO-0005 **Solución**

Solución de la Fuerza Aérea/Gobierno de los Estados Unidos: plan desarrollado para retirar el programa Titan II ICBM.

Causa (s)

Nota

Evaluación: La decisión de retirar el sistema Titan II fue quizás el más sistémico y de gran alcance de todas las acciones posteriores al incidente. En lugar de intentar mejorar incrementalmente un sistema profundamente defectuoso y envejecido, el liderazgo eligió eliminar el riesgo por completo. Esto reconoce que el incidente no fue solo un subproducto de una herramienta retirada o una decisión defectuosa, sino el resultado de un diseño frágil y anticuado que opera mucho más allá de su vida útil prevista. Si bien esta solución no mejora las capacidades de la fuerza laboral per se, representa un enfoque maduro y estratégico para la gestión de riesgos, lo que se considera que algunos riesgos se eliminan mejor que los manejados. También envía una fuerte señal de que el pensamiento a nivel del sistema, no la corrección de los trabajadores, es la forma más efectiva de gestionar la complejidad y el peligro con el tiempo.

Asignado

Criterio Pasado

Vencimiento

Estado Identified

Término

Costo

% de efectividad estimada

Prioridad

Controlar

Tipo

Equipo

Facilitador

Propietario

Augusto Constantino

Augusto Constantino

54 911 3474 1012

54 911 3474 1012

54 11 2129 5068

54 11 2129 5068

Ingeniero

Ingeniero

augusto.constantino@sologic.com

augusto.constantino@sologic.com

Evidencia

EV-0001 **Evidencia** Tamaño de llave de llave - 3 'de largo, 25 libras
Causa (s) Socket = 8lbs
Ubicación (es)
Archivos adjuntos)
Contribuyente
Tipo Other
Calidad ★★★★★

EV-0002 **Evidencia** El testimonio de los resúmenes de investigación de personal y la Fuerza Aérea sugiere que la presión para tomar medidas, incluso sin información completa, era común.
Causa (s) Presión percibida para controlar la situación
Ubicación (es)
Archivos adjuntos)
Contribuyente
Tipo Other
Calidad ★★★★★

EV-0003 **Evidencia** Los trajes de escarparate brindan protección contra los humos, vapores y contacto químico de la piel, pero no contra la sobrepresión, la fuerza de conmoción, los restos voladores o las lesiones térmicas.
Causa (s) Uso de equipo de protección - Suits Scapap
Ubicación (es)
Archivos adjuntos)
Contribuyente
Tipo Other
Calidad ★★★★★

EV-0004 **Evidencia** Ningún informe oficial posterior al incidente identificó de manera concluyente la fuente de encendido exacta.

Causa (s) Fuente de encendido: chispa, arco del ventilador de escape?

Ubicación (es)

Archivos adjuntos)

Contribuyente

Tipo Other

Calidad ★★★★★

EV-0005 **Evidencia** Esta explicación tenía precedentes. Se habían producido alarmas similares antes en condiciones de frío y generalmente se resolvieron sin problemas.

Causa (s) Investigue una lectura de baja presión en el tanque oxidante del misil

Ubicación (es)

Archivos adjuntos)

Contribuyente

Tipo Other

Calidad ★★★★★

Notas

NO-0001	Nota	El combustible hipergólico es un tipo de propelente de cohetes que se enciende espontáneamente cuando sus componentes entran en contacto entre sí.
	Fecha	6/5/2025
	Causa (s)	No hay protocolo de respuesta de emergencia para fugas de combustible hipergólico dentro de Titan II Silo

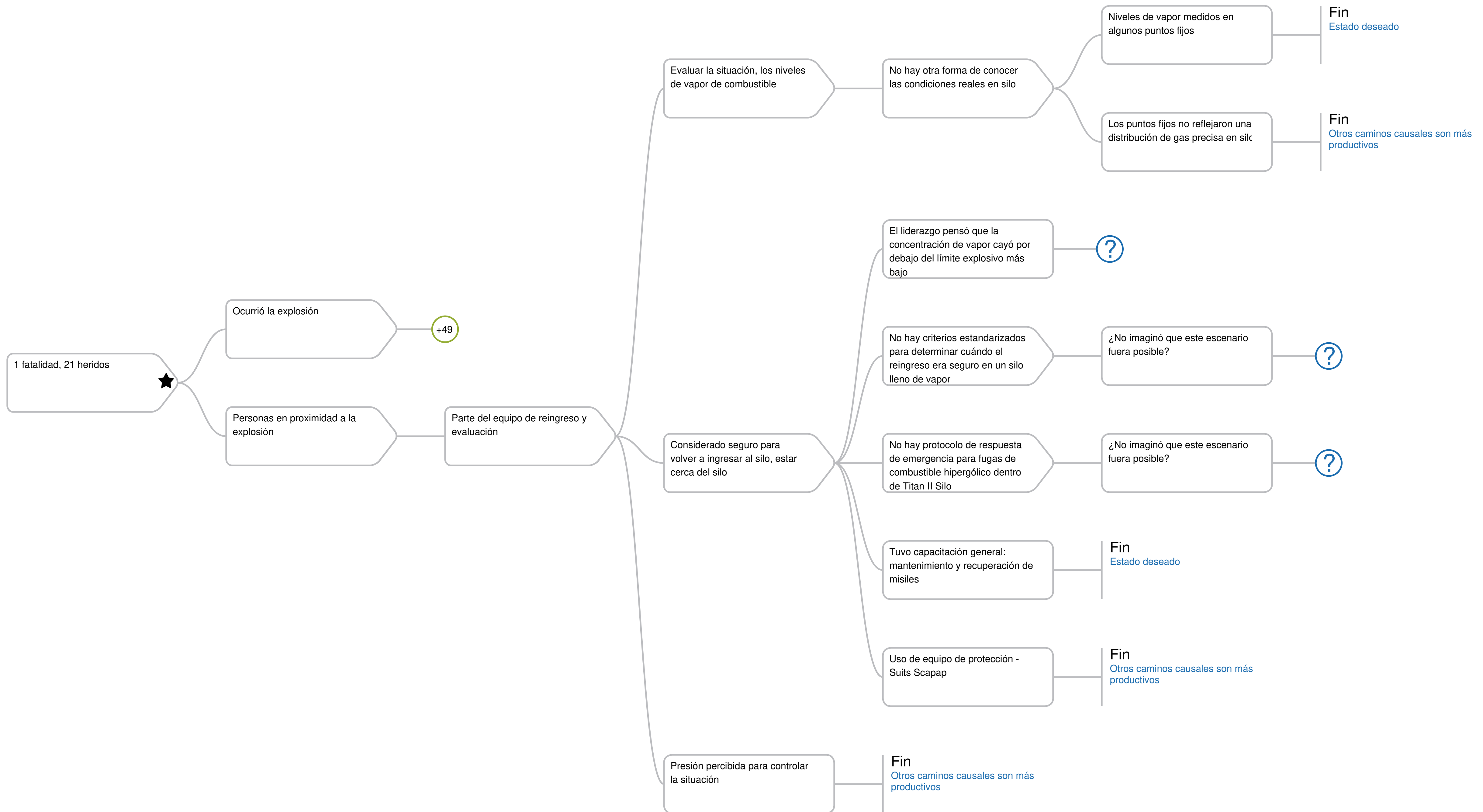
Análisis de causa raíz Línea de Tiempo

Titan II Accidente de misiles



Eventos de Línea de Tiempo

18/9/1980 18:30	Comenzó la fuga de combustible
19/9/1980 03:00	Ocurrió la explosión



1 fatalidad, 21 heridos



Ocurrió la explosión

+49

Personas en proximidad a la explosión

Parte del equipo de reingreso y evaluación

Considerado seguro para volver a ingresar al silo, estar cerca del silo

Evaluar la situación, los niveles de vapor de combustible

Presión percibida para controlar la situación

No hay otra forma de conocer las condiciones reales en silo

El liderazgo pensó que la concentración de vapor cayó por debajo del límite explosivo más bajo

No hay criterios estandarizados para determinar cuándo el reingreso era seguro en un silo lleno de vapor

No hay protocolo de respuesta de emergencia para fugas de combustible hipergólico dentro de Titan II Silo

Tuvo capacitación general: mantenimiento y recuperación de misiles

Uso de equipo de protección - Suits Scapap

Niveles de vapor medidos en algunos puntos fijos

Los puntos fijos no reflejaron una distribución de gas precisa en silo

¿No imaginó que este escenario fuera posible?

¿No imaginó que este escenario fuera posible?

Fin Estado deseado

Fin Otros caminos causales son más productivos



Fin Estado deseado

Fin Otros caminos causales son más productivos

Fin Otros caminos causales son más productivos