Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

Os grandes acidentes da indústria química começam em falhas pequenas que deixaram de ser investigadas

Los accidentes graves en la industria de procesos químicos comienzan con pequeños fallos que nunca fueron investigados.

Los grandes accidentes de la industria química comienzan con pequeñas fallas que dejaron de ser investigadas

Adriano Silva da Cruz Santos Ingenheiro

Químico del Centro Universitario Jorge Amado (UNIJORGE). Técnico em Operação de Processos pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), Departamento Regional da Bahia. Miembro del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE).

RESUMO Os

acidentes maiores na indústria química, petroquímica e energética raramente decorem de uma causa aislada e súbita. Una literatura sobre seguridad de procesos demuestra que esses eventos costumam ser precedidos por desvios operacionais, falhas de equipamentos e quase acidentes que estavam disponíveis para análise, mas que não foram investigados com profundidade suficiente. Este artículo tiene como objetivo discutir que forma una investigación sistemática de incidentes, un análisis de causa raíz, los estudios de riesgo y operabilidad (HAZOP) y una cultura de seguridad se articula en la capacidad de las organizaciones de aprender antes de la ocurrencia de eventos catastróficos. Una pesquisa adota abordagem qualitativa, com revisión narrativa da literatura científica y análisis documental de relatórios públicos de investigación dos acidentes de Flixborough, Piper Alpha, Columbia, Texas City y Buncefield. Los resultados indican que los indicadores centrados en lesões ocupacionais tienden a ocultar o riesgo de proceso, que a normalização do desvio corrói progresivamente como márgenes de seguridad y que métodos de análisis de causa raiz basados en cadeias lineales productos recomendados frágeis. Concluyendo que la prevención de accidentes mayores depende de la integración entre el tratamiento de precursores, la revalidación de dos estudios de riesgo con base en la experiencia operativa y un ambiente organizacional en la relación de falhas seja valorizado.

Palavras-chave: Seguridad de procesos; Análisis de causa raiz; HAZOP; Quase acidentes; Cultura de seguridad.

RESUMEN Los

accidentes graves en las industrias química, petroquímica y energética rara vez se deben a una única causa repentina. La literatura sobre seguridad de procesos muestra que estos eventos suelen estar precedidos por desviaciones operacionales, fallas de equipos y cuasi accidentes que, si bien estaban disponibles para su análisis, no se investigaron con la suficiente profundidad. Este artículo analiza cómo la investigación sistemática de incidentes, el análisis de la causa raíz, los estudios de peligros y operabilidad (HAZOP) y la cultura de seguridad se combinan para determinar la capacidad de una organización para aprender antes de que ocurra un evento catastrófico. La investigación sigue un enfoque cualitativo, basado en una revisión narrativa de la literatura científica y un análisis documental de informes de investigación pública sobre los accidentes de Flixborough, Piper Alpha, Columbia, Texas City y Buncefield. Los hallazgos indican que los indicadores centrados en lesiones ocupacionales tienden a ocultar el riesgo del proceso, que la normalización de la desviación erosiona progresivamente los márgenes de seguridad y que los métodos de análisis de la causa raíz basados en cadenas lineales producen recomendaciones débiles. El estudio concluye que la prevención de accidentes graves depende de la integración del tratamiento de los factores precursores, la revalidación de los estudios de riesgos basados en la experiencia operativa y un entorno organizativo en el que se valore la notificación de fallos.

Palabras clave: Seguridad de procesos; Análisis de causa raíz; HAZOP; Incidentes con riesgo de accidente; Cultura de seguridad.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

1 INTRODUCCIÓN

Los accidentes mayores de la industria de procesos químicos costumam ser lembrados en el instante em que se tornam visíveis, seja a explosão, o incêndio ou a nuvem tóxico que atinge trabalhadores e comunidades vizinhas. Una literatura especializada muestra, sin embargo, que esse instante é apenas o desfecho de uma trajetória longa, composta por desvios operacionais, falhas de equipamentos, alarmes desconsiderados e decisões gerenciais que, observadas isoladamente, pariciam toleráveis. Turner (1978) denomina esse intervalo de período de incubación, fase en que eventos discrepantes se acumulam sem serem percebidos ou correctamente interpretados pela organização. Como investigaciones oficiales informados después de los desastres de Flixborough, Piper Alpha, Texas City y Buncefield chegaram a conclusiones convergentes, ao identificar sinais precursores que estavam disponíveis antes da Tragédia, mas que não receberam tratamento compatível com a gravidade do risco que anunciavam.
Este artículo parte de esta constatação para discutir o papel da investigação sistemática de falhas, incidentes e quase acidentes na prevenção de acidentes maiores nos setores químico, petroquímico e energético. O problema que orienta o estudo refere-se às razões pelas quais organizações técnicamente sofisticadas, dotadas de procedimientos formales, sistemas de gestión certificados e indicadores de desempenho, continuam a falhar na tarefa de reconhecer e corregir os precursores de eventos catastróficos. El objetivo general consiste en analizar, com base na literatura científica e em relatórios públicos de investigaciónção, como os modelos de causalidade de acidentes, as técnicas de análisis de causa raiz, os estudios de perigo y operabilidade y cultura de seguridad se articulam na capacidade organizacional de aprender antes que o dano se materialice.
La relevancia del tema decorre do fato de que os principais referenciais regulatórios e normativos do sector, como norma de gestión de seguridad de procesos de Seguridad y Salud Ocupacional Administración (ESTADOS UNIDOS, 1992) y como diretrizes del Centro de Seguridad de Procesos Químicos (2007), já atribuem à investigação de incidentes uma função central. La existencia de requisitos formais, porém, não garante que a investigação produza aprendizagem efetiva. El texto está organizado en siete secciones de desarrollo, que tratamos de distinguir entre seguridad de procesos e segurança ocupacional, da evolução dos modelos de acidente, do significado dos quase acidentes, la normalización del desempeño, los límites del análisis de la causa raiz, la contribución de HAZOP y papel da cultura de seguridad, seguidas da conclusión.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

2 METODOLOGÍA

A pesquisa se caracteriza-se como cualitativa, de naturaleza exploratória e descritiva, e combina dos procedimientos técnicos complementarios, revisión narrativa de la literatura y análisis documental. A revisión narrativa foi escolhida por permitir una discusión crítica de un campo conceptualmente heterogêneo, no qual convivem contribuições da engenharia química, da engenharia de confiabilidade, da psicologia cognitiva e da sociologia das organizações. Diferentemente de la revisión Sistemáticamente, este tipo de revisión no pretende esgotar una producción científica sobre o tema nem. quantificar efectos, mas sim reunir as obras mais influentes y confrontar sus argumentos à luz de um problema definido, o que se muestra adecuado ao propósito de relacionar teorías de causalidad de acidentes com práticas de investigação adotadas na indústria.

El levantamiento bibliográfico realizado en las bases Scopus, Web of Science, ScienceDirect y SciELO, com o uso descriptres em inglés e em português, entre eles seguridad de procesos, accidente investigación, análisis de causa raíz, incidente evitado, HAZOP, cultura de seguridad, normalización de la desviación, seguridad de procesos y análisis de accidentes. Foro priorizado artículos publicados en periódicos revisados por pares de reconhecida relevancia na área, como Safety Science, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Journal of Hazardous Materials e Risk Analysis. Obras seminais foram incluídas independientemente de los datos de publicación, dada a sua influencia persistente sobre o campo, así como guías técnicas y normas elaboradas por entidades reconhecidas, entre ellas o Centro para la Seguridad de los Procesos Químicos, o Instituto Americano del Petróleo e Instituto Electrotécnico Internacional Comisión.

A análise documental concentrou-se em relatórios oficiais de investigação de acidentes maiores, elaborados por comisiones independientes o por órganos gubernamentales y disponibles públicamente. Forum examinados os relatórios sobre Flixborough (PARKER et al., 1975), Piper Alpha (CULLEN, 1990), a perda do ônibus espacial Columbia (JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE COLUMBIA, 2003), a refinaria de Texas City (ESTADOS UNIDOS, 2007) eo terminal de armazenamento de Buncefield (JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES GRANDES, 2008), além do relatório do Painel independiente presidido por Baker et al. (2007). O caso Columbia, embora externo à indústria química, Lo incluí porque su comisión de investigación desarrolló un análisis organizacional. ampliamente citada na literatura de seguridad de procesos. Estos documentos se utilizan como Casos ilustrativos, y no como muestra estadística.

El material reunido foi submetido a lectura analítica y organizado en categorías temáticas definidas a a partir del propio corpus, a saber, a distinção entre segurança de processs e segurança ocupacional,

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

os modelos explicativos de acidentes, o tratamento de precursores e quase acidentes, a normalização do desvio ea aprendizagem organizacional, os métodos de análisis de causa raiz, os estudos de perigo y operabilidade y cultura de seguridad. Reconhece-se como limitaciónção o caráter não exaustivo da revisión narrativa y predominio de casos ocorridos en países de lengua inglesa, cuja La documentación pública es más extensa. Estas limitaciones no comprometen el objetivo del estudio, que Es de naturaleza interpretativa, pero indica la conveniencia de investigaciones empíricas futuras en contextos. industriales distintos.

3 SEGURANÇA DE PROCESSOS E SEGURANÇA OCUPACIONAL, UMA DISTINÇÃO NECESSÁRIA

La seguridad de los procesos ocupa-se da prevención de liberações não planejadas de substâncias peligrosas o de energía capaces de provocar incendios, explosiones y exposiciones tóxicas, eventos de Baja frecuencia y consecuencias potencialmente catastróficas. O Centro para la seguridad de procesos químicos (2007) a define como um campo disciplinar orientado à integridade dos sistemas que contêm e controlam materiales peligrosos, o que involucran proyecto, operación, mantenimiento y gestión de mudanzas. A segurança ocupacional, por sua vez, concentra-se em lesões individuais corriententes de quedas, Cortes, esfuerzos y contactos con partes móviles, eventos más frecuentes y consecuencias generales. restritas à pessoa envolvida. Hopkins (2009) argumenta que la confusión entre dos dominios constituyen una de las fuentes más persistentes de falsa sensación de seguridad en las organizaciones de alto nivel risco.

El accidente ocurrió el 23 de marzo de 2005 en la refinería de Texas City, en Estados Unidos, alrededor de se a referência mais conhecida desse problema. Durante la partida de una unidad de isomerización, a torre separadora de refinado foi sobrecarregada de hidrocarbonetos, o líquido escoou para un tambor de purga com descarga para a atmosfera ea nuvem inflamável resultante encontrou uma fonte de ignição, provocando quinze mortes e cerca de 180 feridos (ESTADOS UNIDOS, 2007). oh dolor independiente presidido por Baker et al. (2007) concluye que una empresa cuenta con su empleo en segurança principalmente por meio de taxas de lesões registráveis, as quais apresentavam results favoráveis, enquanto o risco asociado aos processos permanecia sem medição adequada e sem atenção corresponsal da alta liderança.

Un análisis de la Junta de Investigación de Riesgos y Seguridad Química revela que o tambor de purga envolvido no acidente já havia registrado episódios anteriores de liberación de hidrocarbonetos, dos quais apenas uma fração foi formalmente investigada, e que partidas anormais da mesma unidade

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

também não haviam sido objeto de análisis (ESTADOS UNIDOS, 2007). Hopkins (2008) dedica un libro estudo inteiro ao caso eo intitulou, de modo significativo, como uma falha em aprender. Para el autor, a organização dispunha de informações suficientes para antecipar o cenário, mas sua estructura de incentivos, seus indicadores e sua forma de distribuir atenção gerencial privilegiavam aquilo que era fácilmente contável, en detrimento de dos sinais de deterioroção das barreiras de contenção de inventarios peligrosos.

A resposta regulatória a acidentes dessa Natureza consolidou-se nos Estados Unidos com a norma 29 CFR 1910.119, que establece requisitos de gestión de seguridad de procesos para instalaciones que manipulam produtos químicos altamente perigosos (ESTADOS UNIDOS, 1992). Entre nosotros elementos están en el análisis de los riesgos de proceso, en la gestión de mudanzas, en la integridad mecánica y investigación de incidentes, como exigencia expresa de investigar no sólo los eventos que resultarán en liberación catastrófica, pero también aquellos que podrán razoavelmente tê-la provocado. El modelo de seguridad de procesos basado en riesgo propuesto por el Center for Chemical Seguridad de procesos (2007) ahonda en esa lógica para organizar vinte elementos en cuatro pilares, um dos quais dedicado específicamente a aprender con experiencia.

La medición del desempeño en seguridad de procesos gana estructura propia con práctica API RP 754 recomendada, que distribuye los indicadores en cuatro niveles, desde eventos de muerte de contenção com consequências mais graves, nos níveis 1 y 2, até desafios aos sistemas de proteção e indicadores de disciplina operacional, nos níveis 3 e 4 (INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO, 2016). Los niveles 3 y 4 de esta clasificación tienen carácter antecedente y buscan capturar un deterioro das barreiras antes que ela se converta en liberación. Hopkins (2009) observa que o valor desses Los indicadores no residen en la distinción abstracta entre medidas antecedentes y consecuencias, mas na sua. capacidad de reflejar o estado real dos controles críticos de cada instalación. Sin investigación consistente dos eventos de menor gravidade, nenhum sistema de indicadores consegue cumprir essa función.

4 DA SEQUÊNCIA LINEAR AO SISTEMA, A EVOLUÇÃO DOS MODELOS DE ACCIDENTE

A forma como una organización investiga un accidente depende del modelo de causalidad que adota, Aún así, de modo implícito. El primer modelo de gran difusión presentado por Heinrich (1931), que describe el accidente como una secuencia de factores encadeados à maneira de peças de dominó, na qual a remoção de um elemento interromperia a Progressão do evento. El autor también

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

sustentou que a grande maioria dos acidentes teria como causa atos inseguros dos trabalhadores, propuesta que influenció por décadas a la práctica preventista. Manuele (2011) examinando Criticamente esas premisas y demostrado que ellas carecen de sustentação empírica verificable, además de conducir investigaciones voltadas à identificación de culpados. Almeida (2006) describe trayectoria similar en Brasil, onde o paradigma centrado en el error del trabajador predominante por longo tempo na análise de acidentes.

Una inflexión importante encontrada en una obra de Turner (1978), que analiza decenas de relatórios de Desastres británicos y conclusión de que estos eventos no eran fruto del incidente sin faltas técnicas. aisladas, más de procesos sociales y organizacionales. El concepto de período de incubación descreve a fase en que pequeños eventos discrepantes, contrarias a crenças y normas aceitas sobre o perigo, acumulam-sem que a organização os perceba ou consiga interpretá-los adecuadamente. essa perspectiva desloca o foco da análise do momento do acidente para o intervalo que o antecede, no qual informações relevantes circulan de forma fragmentada, são ignoradas por estarem fora dos Cuadros de referencia dominantes o são desconsiderados por chocar con metas de producción.

Reason (1990, 1997) consolidou esse deslocamento ao distinguir falhas ativas, cometidas por quem atua directamente sobre el sistema y los efectos inmediatos, las condiciones latentes, originadas en Decisiones de proyecto, de gestión, de ubicación de recursos y de organización del trabajo que podemos. permanecer adormecidas por largos períodos. O chamado modelo do queijo suíço representa as defesas de un sistema como camadas sucesivas, cada uma com falhas transitórias ou permanentes, eo acidente como o alinhamento momentâneo dessas falhas. Para el autor, o accidente organizacional resulta menos de la acción individual en la línea de frente y más de la combinación entre condiciones latentes acumuladas e circunstâncias locais desencadeadoras, o que rediriciona o objeto da investigação para os sistemas de gestão.

Perrow (1984) acrescentou uma leitura estrutural ao propor que sistemas caracterizados por Complejidad interactiva y acoplamiento rígido, condición frecuente en plantas de procesamiento. químico, están sujetos a acidentes que ele denominado normais, no sentido de que interações imprevistas entre falhas são inerentes à arquitetura desses sistemas. Rasmussen (1997), por otro lado lado, descreveu o comportamento organizacional como una deriva gradual en dirección aos limites do desempenho aceitável, impulsado simultáneamente por presiones de eficiencia económica y pela busca de reducción del esfuerzo de trabajo. Nessa formulação, as márgenes de segurança não são violadas de una vez, más consumidas progresivamente por adaptações locais que parecen racionales para quem as adota em cada momento.

Los modelos sistémicos aprofundaram esa visión. Leveson (2004, 2011) propôs tratar a segurança

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

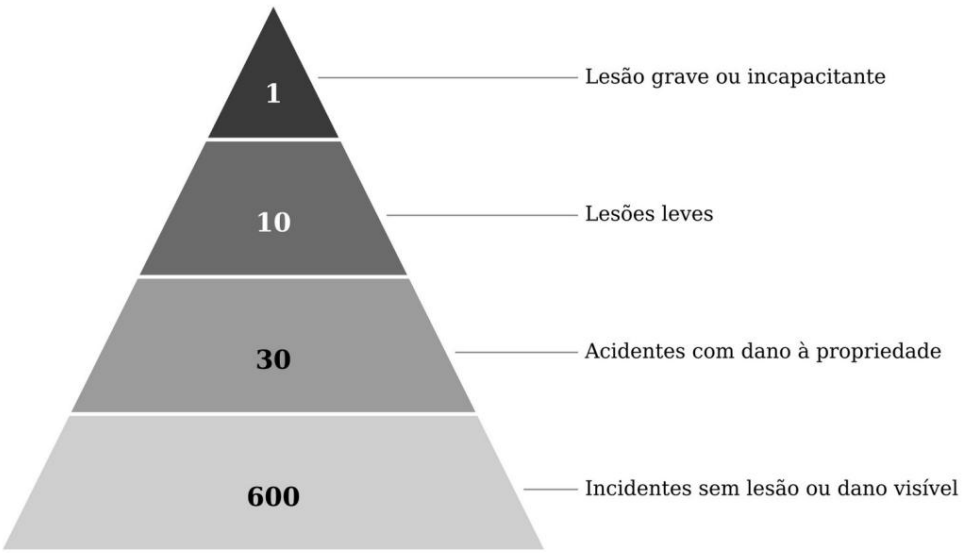
Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

como un problema de control, no qual acidentes decorem de restrições de segurança inadecuadamente impostas ao longo de uma estructura jerárquica que vai da regulação gubernamental Até o proceso físico, y no sólo de falhas de componentes. Hollnagel (2004) desenvolveu uma tipologia de barreiras e, posteriormente, defendeu que a gestão da segurança consider também a variabilidad de desempeño que permite que las operaciones funcionen en la mayor parte del tempo (HOLLNAGEL, 2014). La consecuencia práctica de estas contribuciones es que la investigación no puede Si se limita la identificación de un evento iniciador, es necesario reconstruir según las condiciones. organizacionalis que tornará aquele evento possível e provável.

5 SINAIS FRACOS E QUASE ACIDENTES, UNA BASE INVISÍVEL DA PIRÂMIDE

La relación entre eventos de diferentes gravedades para el objeto de algunas propuestas más. conhecidas da área. Heinrich (1931) presenta una proporción segundo a cual, para cada accidente com lesão grave, ocorreriam 29 acidentes com lesões leves y 300 ocorrências sem lesão. Décadas depois, Bird e Germain (1985) divulgaram uma proporção revisada, obtida a partir del análisis de cerca de 1,7 millones de relatos de acidentes provenientes de aproximadamente 300 empresas, na qual cada lesión grave o incapacitante corresponde a 10 lesiones leves, 30 accidentes con daño a la propiedad Los 600 incidentes sin lesión o daño visible. La Figura 1 representa esa proporción en la forma de Piramide, configuração que se tornou um dos instrumentos didáticos mais reproducidos na formação de profesionales de seguridad.

Figura 1 – Proporção entre eventos de diferentes gravedades segundo Bird e Germain



Fuente: elaborado por pelo autor con base en Bird e Germain (1985).

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

A leitura mais produtiva da pirâmide não son valores exatos, que variam conforme o setor, o período y criterios de registro, mas na constatação de que os eventos sem consequência são muito Más numerosos que los eventos com dano. Esse volumen representa una oportunidade de aprendizagem a custo reduzido, pois permite estudar a falha das barreiras sem que haja vítimas. Phimister et al. (2003) investigam programas de gestión de quase acidentes na indústria química e Propuseram um modelo em sete etapas, que comprende identificación, divulgación, distribución, análisis de causas directas, identificación de soluciones, difusión y resolución. Los autores observarán que muitas organizações perdem a maior parte do valor desses eventos já nas primeiras etapas, porque deixam de reconhecê-los ou de relatá-los.

Jones, Kirchsteiger y Bjerke (1999) llegan a una conclusión convergente para discutir la importancia de relación de quase acidentes para a melhoria do desempenho em segurança em instalações sujeitas ao control de riesgos de accidentes mayores. Los autores defienden que una base de eventos sin consecuencias deve ser tratado como fuente primaria de información sobre la eficacia de los salvaguardas, y no como registro secundario de ocorrências irrelevantes. Kletz (1993), en perspectiva similar, insiste en que una industria química raramente enfrenta riesgos internamente desconocidos, una vez que una parte mayor dos acidentes tumbas repiten cenários já ocorridos em otras plantas, em otras empresas o na propia instalación, em escala menor e sem desfecho trágico.

A pirâmide, entretanto, presta-se a interpretações equivocadas quando aplicada indistintamente à seguridad de procesos. La reducción del número de lesões leves não implica, necesariamente, a reducción de la probabilidad de explosiones o liberaciones tóxicas, porque estos eventos siguen trayectorias causais diferentes. Hopkins (2009) y Manuele (2011) alertan que a busca por indicadores ocupacionais favoráveis pode desviar recursos y atención dos mecanismos que efectivamente producen os accidentes mayores. El caso de Texas City ilustra esa disociación, pois a refinaria exibia taxas de lesões consideradas satisfatórias no período em que acumulava falhas de instrumentação, atrasos em estudos de sistemas de alívio e liberações não investigadas (BAKER et al., 2007).

La implicación práctica es que los precursores relevantes para la seguridad de los procesos necesarios compartilhar o mesmo percurso causal dos eventos catastróficos que se desea evitar. Pequeñas perdas de contenção, acionamentos de dispositivos de alívio, intertravamentos colocados em desvio, alarmes Recorrentes tratados como inconvenientes y operaciones para los límites del proyecto pertencem a essa. categoria e devem ser classificados conforme a gravidade potencial, e não apenas conforme o resultado efectivamente observado. O Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (2003) recomenda que a decisión sobre la profundidad de la investigación considere o que podría ter acontecido em

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

circunstancias ligeramente diferentes. Ese criterio, simple en su formulación, exige julgamento Técnico calificado y disposición organizacional para dedicar recursos a eventos que no se producen. danos.

6 NORMALIZAÇÃO DO DESVIO EA INCAPACIDADE ORGANIZACIONAL DE APRENDER

Vaughan (1996) cunhou a expressão normalização do desvio ao analisar a decisão de lancemento do ônibus espacial Challenger, en 1986. Un autor demostró que a erosão dos anéis de vedação das juntas dos propulsores laterales han sido observadas em voos anteriores y que, a cada misión concluída sem perda do veículo, o desvio em relação ao desempenho previsto em projeto era reinterpretado como riesgo aceitável. Esse proceso não decoreu de negligência individual nem de Violación deliberada de normas, pero de una secuencia de decisiones técnicamente fundamentadas. segundo os critérios então vigentes, tomados por ingenieros y gestores competentes. O resultado foi una incorporación gradual de la anomalía al repertorio de condiciones consideradas normas de operación. Una investigación de la pérdida del autobús espacial Columbia, en 2003, encontró un padrão semelhante. oh desprendimento de espuma aislante del tanque externo durante el lanzamiento havia ocorrido em diversas missões anteriores e passou a ser tratadas como questão de manutenção e de cronograma, e No hay protección para la integridad del vehículo. Una comisión de investigación concluye que como causas Las organizaciones del accidente eran tan relevantes en cuanto a causa física y apontou a semelhança entre. as falhas de cultura que contribuíram para as duas tragédias, recordando explícitamente ao conceito formulado por Vaughan (JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE COLUMBIA, 2003). O caso demuestre que a experiência de um acidente anterior não protege, por si só, uma organização contra a repetição do mesmo mecanismo.

Na indústria de armazenamento de combustíveis, o incidente de Buncefield, no Reino Unido, oferece ejemplo particularmente instructivo. El 11 de diciembre de 2005, un tanque de gasolina transbordado. Durante el recibo de producto por duto, formando una extensa nuvem de vapor que explota e originou um dos maiores incêndios registrados na Europa em tempos de paz. Una investigación constante que o medidor automático de nivel havia presentado trabajos recientes nos meses anteriores e que a chave independente de nivel alto, destinada a interromper o enchimento, encontrava-se inoperante (JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES MAYORES, 2008). Como hacen las falhas repetidas Instrumento para trabajos tratados como problema de manutenção rotineira, sin análisis de sus implicaciones. para a proteção contra transbordamento.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

Kletz (1993) sintetiza el fenómeno na afirmação de que as organizações não têm memória e de que os acidentes, por isso, se repetem. Segundo o autor, as lições extraídas de um evento grave tendem a se perderá a medida que los profesionales envolvidos cambien de función, se aposentam ou deixam a empresa, y como razones que justifican determinados procedimientos deixam de ser conhecidas por quem os ejecuta. El desastre de Piper Alpha, en 1988, que causó 167 muertes en Mar do Norte, No hay ningún sistema de permiso de trabajo y comunicación entre turnos, de modo que a información sobre la retirada de una válvula de seguridad para manutenção não chegou à equipe que Colocou a bomba corresponsal en operación (CULLEN, 1990).

A literatura sobre aprendizagem a partir de incidentes procurou explicar por que a investigação nem sempre produz mudanças duradouras. Kjellén (2000) describe la prevención como un sistema de retroalimentação da experiência, cuja eficácia depende da qualidade da coleta de dados, da análise e da implementação das medidas corretivas. Lindberg, Hansson y Rollenhagen (2010) proponen un modelo em cadeia, composto pelas etapas de relación, selección, investigación, difusión y prevención, e mostraram que a ruptura de qualquer elo compromete o conjunto. Drupsteen y Guldenmund (2014), Al revisar la literatura sobre el tema, concluíram que a aprendizagem só se completa quando há. Mudança efetiva em práticas, estruturas ou crenças organizacionalis, o que vai muito além da produção de um relatório.

7 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ, ALCANCE E LIMITES

A análise de causa raiz designa um conjunto de técnicas destinadas a identificar os factores subyacentes de um evento indesejado, de modo que as ações corretivas atuem sobre as origins do problema e não apenas sobre sus síntomas inmediatos. No contexto da segurança de processs, o Center for Chemical Seguridad de procesos (2003) orienta que a investigação avance das causas inmediatas, geralmente asociadas a falhas de equipamento ou de ejecución de tarefas, até as deficiencias nos sistemas de gestión que permitiram sua ocorrência. A diretriz reconhece que incidentes complejos raramente possuem causa única e que a expressão causa raiz, no singular, pode induzir a simplificações indevidas. el objetivo declarado é produzir recomendaciones capaces de evitar não apenas a repetição do mesmo evento, mas também de eventos análogos.

Los métodos disponibles varían considerando la estructura y la profundidad. El diagrama de causa El efecto difundido por Ishikawa (1990) organiza possíveis causas em categorías e favorece la discusión. em grupo, enquanto a técnica dos cinco porquês, asociada por Ohno (1997) al sistema de producción En Toyota, busca encontrar el origen del problema por medio de perguntas sucesivas. Sklet (2004)

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

comparar métodos de investigación más elaborados, como un análisis de barreiras, un análisis de mudanças, a árvore de falhas, o diagrama de eventos e factores causais, o método MORT ea técnica AcciMap, y muestra que los diferentes en cuanto a nivel de análisis, à capacidad de representar a dimensión temporal e inclusión de factores organizacionales y regulatorios.

La popularidad de las técnicas más simples contrasta con críticas consistentes en cuanto a su capacidad. explicativo. Card (2017) argumenta que os cinco porquês conduzem a uma única cadeia causal lineal, tornam o resultado fuertemente dependiente del conocimiento y de la perspectiva de lo que conduce a Analice, de modo que equipes diferentes podem chegar a causas distintas para o mesmo evento. Peerally et al. (2017), ao examinar a aplicação da análise de causa raiz em serviços de saúde, identificaram problemas recurrentes, como investigaciones de baja calidad, foco excesivo na identificación de una causa singular, fragilidades de la independencia y calificación de los equipos de investigação e predomínio de recomendações frágeis, tais como treinamentos adicionais, lembretes e revisiones de procedimiento, en detrimento de cambios estructurales en los sistemas de trabajo. Lundberg, Rollenhagen y Hollnagel (2009) analizan oito manuais de investigação de acidentes e demuestre que el modelo de causalidad subyacente a cada manual determina o que os investigadores procuram e, en consecuencia, o que encontram, principio que sintetizaram na expressão lo que buscas es lo que encuentras. Os autores acrescentam que aquilo que se encuentra condición, por sua vez, aquí que se corrige. Dekker (2014) contribuyó a esta discusión contrapor uma visão antiga do erro humano, que o trata como causa do acidente, a uma visão nova, que o entiende como síntoma de problemas más profundos del sistema. El autor también alerta para o viés retrospectivo, que leva o investigador a julgar decisiones pasadas con información que no Estavam disponíveis para quem as tomou.

Estas críticas no invalidan el análisis de la causa raiz, pero indican como condiciones para que ela seja útil. Investigações de eventos com potencial de acidente maior requerem equipes multidisciplinares, independencia en la relación con el área involucrada, uso de métodos capaces de representar múltiples factores Contribuintes e explicitação do modelo de acidente adotado. Leveson (2011) propone que un análisis examine por qué cada nivel de estructura de control, desde a operación até a alta gestão e os órgãos reguladores, deixou de impor as restrições de segurança necessárias. Hollnagel (2004) acrescenta que as recomendações devem ser avaliadas segundo a naturalza das barreiras que pretendem criar ou fortalecer, una vez que barreiras físicas y funcionais tendem a ser más robustas que barreiras simbólicas, como avisos e instrucciones escritas.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

8 HAZOP EA ANTECIPAÇÃO SISTEMÁTICA DE DESVIOS

Enquanto a investigação de incidentes trabalha sobre eventos já ocorridos, o estudio de perigo e operabilidade, conhecido pela sigla HAZOP, busca antecipar desvios antes que eles se manifestem. A técnica foi desenvolvida na Imperial Chemical Industries, no Reino Unido, durante una década de 1960, e teve su primera descripción ampliamente divulgada en el artículo de Lawley (1974). Kletz (1999) Dedico parte importante de su obra de difusión del método, que consiste en dividir la instalación en nós de estudo e aplicar palavras-guia, como “nenhum”, “mais”, “menos”, “reverso” e “outro que não”, además de los parámetros de proceso, por ejemplo de vazão, pressão, temperatura y nivel. resultante, a equipe identifica causas, consecuencias, salvaguardas existentes y recomendaciones. La norma IEC 61882 establece los principios de aplicación del método, incluida la composición de equipar, como atribuições do líder y do relator, una documentação de referência eo registro dos resultados (COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL, 2016). La eficacia del estudio depende de un grupo multidisciplinar que reúne conhecimento de proyecto, operación, manutenção, Instrumentación y seguridad, conducido por un facilitador con dominio de la técnica e independencia. suficiente para cuestionar las premisas. O Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (2008) situa o HAZOP entre los principales procedimientos de evaluación de perigos, al lado de técnicas como What If, a analizar los modos de falha y los efectos y el árvore de falhas, y discutir los criterios de escuela conforme a Fase del ciclo de vida y complejidad de la instalación.

A importância da avaliação sistemática de perigos tornou-se evidente após o desastre de Flixborough, Ocorrido en el 1º de junio de 1974 en Reino Unido. En una planta de oxidación de ciclo-hexano, um dos reactores de una serie retirados de operación por presentar trinca, y los reactores adyacentes en el foro interligados por una tubería provisória instalada sin proyecto de ingeniería sin evaluación de dos esforços a que seria submetida. A falha dessa conexão liberou grande quantidade de ciclo-hexano, e a explosão da nuvem resultante causou 28 mortes e destruiu a instalação (PARKER et al., 1975). oh tribunal de inquérito constatou que a modificação foi tratada como intervenção rotineira, sem que se reconhecesse a necessidade de avaliação de engenharia, eo caso tornou-se referência para a consolidación de los procedimientos de gestión de mudanças, segundo os quais alterações temporárias exigem o mesmo rigor de análisis de perigos aplicados al proyecto original.

O método possui limitacionesções reconhecidas na literatura. Dunjó et al. (2010), en revisión sobre el tema, apontaram o elevado consumo de tiempo y de recursos ea fuerte dependencia de la experiencia y de la composición del equipo, además de descreverem as diversas adaptações desenvolvidas para ampliar su alcance, inclusive con apoyo computacional. Baybutt (2015) presenta una crítica detallada del año

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

HAZOP, destacando, entre otros aspectos, que una estructura basada en desvios de parámetros no garantía de identificación de todos los escenarios relevantes y de que la calidad del resultado depende Fortemente da equipe e do facilitador. A essas limitações somam-se dificultades prácticas conhecidas, como una extensión de las sesiones, que tiende a reducir la atención de los participantes y, por consecuencia, a abrangência da análise.

La integración entre HAZOP y la investigación de incidentes constituyen un punto frecuente negligenciado. Una norma de gestión de seguridad de procesos norteamericana determina que como análisis de perigos sejam atualizadas e revalidadas pelo menos a cada cinco años (ESTADOS UNIDOS, 1992), e essa revalidação deveria incorporar sistemáticamente os eventos ocorridos no período. Um incidente cujo cenário não constava do estudo revela uma laguna na identificação de perigos, e uma salvaguarda acreditada no estudo que falhou na operação revela uma premissa que precisa ser revista. Leveson (2011) propone técnicas de análisis de experimentos fundamentados en teoría de controle como complemento de los métodos tradicionales, especialmente en los sistemas quais Las interacciones entre componentes y decisiones humanas tienen un papel determinante.

9 CULTURA DE SEGURANÇA COMO CONDIÇÃO PARA INVESTIGAR E APRENDER

Nenhum método de investigação produz resultados se os eventos não forem relatados e se as Las conclusiones no pueden ser discutidas abiertamente. Essa constatação explica a centralidade que o conceito de cultura de segurança adquiriu a partir del final de la década de 1980. Guldenmund (2000), En una revisión extensa sobre el tema, se identifica la gran diversidad de definiciones y abordajes. metodológicas, pero también un núcleo común, que associa a cultura de segurança aos valores, crenças e pressupostos compartilhados que orientam o comportamento em relação ao risco. Zóhar (1980), em estudo pioneiro realizado em organizações industriales, introduziu o conceito de clima de segurança para designar as percepções compartilhadas pelos trabalhadores sobre a prioridade efetiva atribuída à segurança pela organização.

Reason (1997) propone que una cultura de seguridad efectiva corresponde, esencialmente, a una cultura informada, na qual os responsáveis pelo sistema conhecem os fatores humanos, técnicos e organizacionalis que determinan su seguridad. Para alcançá-la, a organização precisa desenvolver uma cultura de relación, em que as pessoas se disponham a comunicar errores e quase acidentes, uma cultura justa, que distinga de modo claro os comportamentos aceitáveis dos inaceitáveis, uma cultura flexible, capaz de adaptar su estructura en situaciones de crisis, e uma cultura de aprendizaje, apta a extrair conclusiones corretas dos dados disponibles e implementar según las modificaciones necesarias. una cultura

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

justa ocupa posição central nesse arranjo, porque o receio de punição é uma das principais causas da subnotificación.

Westrum (2004) formula una tipología basada en la forma como las organizaciones tratan información. Nas organizaciones patológicas, una información é utilizada como instrumento de poder, os mensajes de más noticias são desencorajados ou punidos e as falhas são ocultadas. nas burocráticas, a informação segue canais formais, as responsabilidades são compartimentadas e as Falhas Geram Respostas Locales e Limitadas. Nas generativas, por sua vez, a información circula activamente, os mensageiros são preparados e valorizados, as responsabilidades são compartilhadas e as falhas desencadeiam investigação e reforma. El autor argumenta que la calidad del flujo de La información es un indicador confiável de seguridad de una organización, justamente porque determina. se os sinais de perigo chegam a quem pode agir sobre ellos.

Hudson (2003) desarrolló un modelo de madurez que describe la evolución de la cultura de segurança em cinco estágios, denominados patológico, reativo, calculativo, proativo e generativo. Nos estágios iniciais, a segurança é vista como problema causado por pelos trabalhadores e tratados após a ocorrência de acidentes. No estágio calculativo, predominan los sistemas de gestión formalizados e grande volume de dados, sem que haja necesariamente comprensão do que eles significam. Nos estángios superiores, a organização passa a buscar activamente los problemas antes que eles se manifestem ea tratar a segurança como parte integrante del negocio. O modelo tem sido utilizado como herramienta de diagnóstico en industrias de alto riesgo, y su lógica coincide con el pasaje de Una investigación reactiva para una gestión orientada por precursores.

El relato de la Junta de Investigación de Riesgos y Seguridad Química sobre la ciudad de Texas atribuiu parte Relevante do accidente a deficiencias na cultura de seguridad da organização, incluyendo cortes de custodios. que afetaram manutenção e segurança ea falta de supervisão efetiva da alta liderança sobre o desempenho em segurança de processos (ESTADOS UNIDOS, 2007). Panadero y col. (2007) Recomendamos que a liderança da empresa assumisse papel directo na promoción de una cultura de seguridad de procesos positivos y confiável. Hollnagel (2014) amplia essa discusión sobre sugerir que a organización aprenda también con el funcionamiento cotidiano bem-sucedido, y não apenas com as falhas, o que pressupõe proximidade entre gestores ea realidade operacionale reconhecimento do conhecimento prático das equipes de linha de frente.

10 CONCLUSIÓN

Un análisis desenvolvida neste artículo permite afirmar que os acidentes mayores da la industria química,

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

La petroquímica y la energía no surgen de forma secundaria ni resultan de una única falta. Los relatórios Oficiales examinados y literatura científica convergen en constatação de que esses eventos são precedentes por períodos prolongados de acumulación de desvios, durante los quais a informação Necessária para a prevenção estava disponível, ainda que dispersa, fragmentada ou subestimada pelas etruturas responsáveis por interpretá-la.

A distinção entre segurança de processs y segurança ocupacional revelou-se ponto de partida indispensable para una discusión. Organizações que avaliam seu desempenho exclusivamente por taxas de lesões individuais podem presentar resultados favorables enquanto as barreiras de contenção de inventários perigosos se deterioram. El caso de Texas City evidencia que indicadores inadecuados No son sólo instrumentos imperfeitos de medicina, pois também orientam a atenção gerencial ea Alocação de recursos em direções que deixam o risco principal sem tratamento.

La evolución de los modelos de acidente, desde una secuencia lineal propuesta por Heinrich até as abordagens sistêmicas de Rasmussen, Leveson y Hollnagel, muestran que a forma de comprender a causalidade condiciona directamente a la calidad de la investigación. Cuando el modelo adotado privilegios o error individual, a investigação tende a encerrar-se na identificação de um responsável e em recomendaciones de entrenamiento, sin alcançar as condiciones latentes que tornariam o mesmo erro provável em outras circunstâncias e com outras pessoas.

Los quase acidentes y los eventos de baixa consequência constituyen una fuente más abundante y menos. onerosa de conocimiento sobre el estado das salvaguardas. Seu aproveitamento, contudo, depende de que sejam classificados pelo potencial de gravidade e de que pertençam ao mesmo percurso causal dos eventos catastróficos. A pirâmide de proporções, quando interpretada sem esse cuidado, pode induzir a crença equivocada de que a redução de pequenas lesões basta para prevenir explosiones, Incendios y liberaciones tóxicas de gran puerta.

A normalização do desvio aparece como um dos mecanismos mais insidiosos identificados na revisión. Los casos Challenger, Columbia y Buncefield demuestran que anomalías recurrentes, cuando não produzem consequências inmediatas, tendem a ser reinterpretadas como condiciones aceitáveis de operación. Este proceso ocurre por medio de decisiones técnicamente justificadas en segundo lugar de los criterios. vigentes, o que o torná difícil de percibir a partir del interior de la propia organización y reforma a necesidad de mecanismos independientes de revisión y cuestionamiento.

Un análisis de causa raiz mantém valor quando aplicado con rigor metodológico, equipes multidisciplinares, independientes y explícitos del modelo de acidente adotado. Como críticas dirigidas às técnicas mais simples, especialmente quanto à produção de cadeias causais únicas e de recomendaciones frágeis, indiquen que a escolha do método debe ser proporcional al potencial de

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

gravidade do evento investigado. Investigaciones superficiales de eventos con potencial catastrófico
desperdiçam justamente as oportunidades de aprendizagem mais valiosas.
O HAZOP permanece como uma das ferramentas mais consolidadas de antecipação de desvios no
setor, mas sua eficácia depende de la calidad del equipo, de la conducción del estudio y, sobretudo, de sua
Actualización continua con base en la experiencia operativa. La integración entre la investigación de
incidentes y revalidação dos estudios de perigo transforma eventos ocorridos en información
estructurada sobre lagunas en la identificación de escenarios y sobre salvaguardas cuja confiabilidade foi
superestimada no projeto ou na operação.
Por fin, una revisión demuestra que los métodos, normas e indicadores no se producen aprendizagem em
ambientes nos quais o relación de falhas é desencorajado, a informação circula de forma restrita ea
investigação se limita a atribuir culpa. A cultura de segurança, entendida como o conjunto de valores
Las prácticas que determinan el tratamiento dado a la información sobre el riesgo constituyen una condición para que
Los demás instrumentos funcionan. Recomenda-se, para estudos futuros, a realização de pesquisas
empíricas em plantas industriales de diferentes países, con el objetivo de disponer como esos elementos
Se combinam na prática e quais arranjos organizacionais favorecem a passem de uma gestão reativa
para una gestión efectivamente orientada por precursores.

REFERENCIAS

ALMEIDA, IM de. Trajetória da análise de acidentes: o paradigma tradicional e os primórdios da ampliação da análise. Interfaz: Comunicação, Saúde, Educação, Botucatu, v. 10, n. 19, pág. 185-202, 2006.

INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO. API RP 754: Indicadores de desempeño de seguridad de procesos para las industrias de refinación y petroquímica. 2.ª ed. Washington, DC: API, 2016.

BAKER, JA et al. Informe del Panel Independiente de Revisión de Seguridad de las Refinerías de BP en EE. UU. [S. l.]: Panel Independiente de Revisión de Seguridad de las Refinerías de BP en EE. UU., 2007.

BAYBUTT, P. Una crítica del estudio de Peligros y Operabilidad (HAZOP). Journal of Loss Prevention in the Process Industries, vol. 33, págs. 52-58, 2015.

BIRD, FE; GERMAIN, GL Liderazgo práctico en el control de pérdidas. Loganville: Instituto Internacional para el Control de Pérdidas, 1985.

CARD, AJ El problema de los '5 porqués'. BMJ Quality & Safety, vol. 26, n.º 8, págs. 671-677, 2017.

CENTRO PARA LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS QUÍMICOS. Directrices para la investigación de incidentes en procesos químicos. 2.ª ed. Nueva York: Instituto Americano de Ingenieros Químicos, 2003.

CENTRO PARA LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS QUÍMICOS. Directrices para la seguridad de los procesos basada en el riesgo.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
IRCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

Hoboken: Wiley, 2007.

CENTRO PARA LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS QUÍMICOS. Directrices para los procedimientos de evaluación de riesgos. 3.ª ed. Hoboken: Wiley, 2008.

JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE COLUMBIA. Informe. Washington, DC: Oficina de Imprenta del Gobierno, 2003. vol. 1.

CULLEN, WD La investigación pública sobre el desastre de Piper Alpha. Londres: HMSO, 1990.

DEKKER, S. Guía práctica para comprender el "error humano". 3.ª ed. Farnham: Ashgate, 2014.

DRUPSTEEN, L.; GULDENMUND, FW ¿Qué es el aprendizaje? Una revisión de la literatura sobre seguridad para definir el aprendizaje a partir de incidentes, accidentes y desastres. Journal of Contingencies and Crisis Management, vol. 22, n.º 2, págs. 81-96, 2014.

DUNJÓ, J. et al. Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP): una revisión de la literatura. Journal of Hazardous Materials, vol. 173, n.º 1-3, págs. 19-32, 2010.

ESTADOS UNIDOS. Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. 29 CFR 1910.119: Gestión de la seguridad de procesos de productos químicos altamente peligrosos. Washington, DC: OSHA, 1992.

ESTADOS UNIDOS. Junta de Investigación de Seguridad Química y Riesgos. Informe de investigación: explosión e incendio en refinería, BP Texas City, Texas, 23 de marzo de 2005. Informe n.º 2005-04-I-TX.
Washington, DC: CSB, 2007.

GULDENMUND, FW La naturaleza de la cultura de seguridad: una revisión de la teoría y la investigación. Safety Science, vol. 34, n.º 1-3, págs. 215-257, 2000.

HEINRICH, HW Prevención de accidentes industriales: un enfoque científico. Nueva York: McGraw-Hill, 1931.

HOLLNAGEL, E. Barreras y prevención de accidentes. Aldershot: Ashgate, 2004.

HOLLNAGEL, E. Seguridad-I y Seguridad-II: pasado y futuro de la gestión de la seguridad. Farnham: Ashgate, 2014.

HOPKINS, A. El fracaso en el aprendizaje: el desastre de la refinería de BP en Texas City. Sídney: CCH Australia, 2008.

HOPKINS, A. Reflexiones sobre los indicadores de seguridad de procesos. Safety Science, vol. 47, n.º 4, págs. 460-465, 2009.

HUDSON, P. Aplicación de las lecciones de las industrias de alto riesgo a la atención médica. Calidad y seguridad en la atención médica, vol. 12, suplemento 1, págs. i7-i12, 2003.

COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL. IEC 61882: Estudios de riesgos y operabilidad (estudios HAZOP), guía de aplicación. 2.ª ed. Ginebra: IEC, 2016.

ISHIKAWA, K. Introducción al control de calidad. Tokio: 3A Corporation, 1990.

JONES, S.; KIRCHSTEIGER, C.; BJERKE, W. La importancia de informar sobre incidentes cercanos para mejorar

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

mejorar el desempeño en materia de seguridad. Revista de Prevención de Pérdidas en las Industrias de Procesos, vol. 12, n.º 1, págs. 59-67, 1999.

KJELLÉN, U. Prevención de accidentes mediante retroalimentación de la experiencia. Londres: Taylor & Francis, 2000.

KLETZ, T. Lecciones de los desastres: cómo las organizaciones no tienen memoria y los accidentes se repiten. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 1993.

KLETZ, T. Hazop y hazan: identificación y evaluación de riesgos en la industria de procesos. 4.ª ed. Rugby: Institution of Chemical Engineers, 1999.

LAWLEY, HG Estudios de operabilidad y análisis de riesgos. Chemical Engineering Progress, vol. 70, n.º 4, págs. 45-56, 1974.

LEVESON, N. Un nuevo modelo de accidentes para diseñar sistemas más seguros. Safety Science, vol. 42, n.º 4, págs. 237-270, 2004.

LEVESON, NG. Ingeniería para un mundo más seguro: el pensamiento sistémico aplicado a la seguridad. Cambridge, MA: MIT Press, 2011.

LINDBERG, A.-K.; HANSSON, SO; ROLLENHAGEN, C. Aprender de los accidentes: ¿qué más necesitamos saber? Safety Science, vol. 48, n.º 6, págs. 714-721, 2010.

LUNDBERG, J.; ROLLENHAGEN, C.; HOLLNAGEL, E. Lo que buscas es lo que encuentras: las consecuencias de los modelos subyacentes de accidentes en ocho manuales de investigación de accidentes. Safety Science, vol. 47, n.º 10, págs. 1297-1311, 2009.

JUNTA DE INVESTIGACIÓN DE INCIDENTES GRAVES. El incidente de Buncefield del 11 de diciembre de 2005: informe final de la Junta de Investigación de Incidentes Graves. [S. l.]: MIIB, 2008.

MANUELE, FA. Análisis de Heinrich: desmitificando dos aspectos de la práctica de la seguridad. Seguridad Profesional, vol. 56, n.º 10, págs. 52-61, 2011.

OHNO, T. El sistema Toyota de producción: además de la producción en larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PARKER, RJ et al. El desastre de Flixborough: informe del Tribunal de Investigación. Londres: HMSO, 1975.

PEERALLY, MF et al. El problema del análisis de la causa raíz. BMJ Quality & Safety, vol. 26, n.º 5, págs. 417-422, 2017.

PERROW, C. Accidentes normales: conviviendo con tecnologías de alto riesgo. Nueva York: Basic Books, 1984.

PHIMISTER, JR et al. Gestión de incidentes de casi accidente en la industria de procesos químicos. Risk Analysis, vol. 23, n.º 3, págs. 445-459, 2003.

RASMUSSEN, J. Gestión de riesgos en una sociedad dinámica: un problema de modelización. Safety Science, vol. 27, n.º 2-3, págs. 183-213, 1997.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.

Machine Translated by Google

Año VII, v.2 2026 | Envío: 15/02/2026 | aceito: 20/02/2026 | publicación: 25/02/2026

REASON, J. Error humano. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

REASON, J. Gestión de los riesgos de accidentes organizacionales. Aldershot: Ashgate, 1997.

SKLET, S. Comparación de algunos métodos seleccionados para la investigación de accidentes. Journal of Hazardous Materials, vol. 111, n.º 1-3, págs. 29-37, 2004.

TURNER, BA. Desastres provocados por el hombre. Londres: Wykeham Publications, 1978.

VAUGHAN, D. La decisión del lanzamiento del Challenger: tecnología arriesgada, cultura y desviación en la NASA. Chicago: University of Chicago Press, 1996.

WESTRUM, R. Una tipología de culturas organizacionales. Calidad y seguridad en la atención médica, vol. 13, supl. 2, págs. ii22-ii27, 2004.

ZOHAR, D. Clima de seguridad en las organizaciones industriales: implicaciones teóricas y aplicadas. Journal of Applied Psychology, vol. 65, n.º 1, págs. 96-102, 1980.

Este es un artículo publicado en acceso abierto (Acceso Abierto) bajo licencia CreativeCommons Attribution, que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier lugar, sin restricciones desde el trabajo original seja corretamente citado.