



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS
DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES
DE TRABAJO EN EL ÁMBITO
LABORAL PERUANO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES

XIOMI VANESSA MAYO LEON

LIMA – PERÚ

2025

ASESOR

Mtra. Yessenia Annabella Huapaya Caña

JURADO DE TESIS

DR. ISELLE LYNN SABASTIZAGAL VELA

PRESIDENTE

MG. JESUS ARTURO SANTIANI ACOSTA

VOCAL

DRA. RAUL ASTETE CORNEJO

SECRETARIO (A)

DEDICATORIA.

A mi madre, por ser el ejemplo de fortaleza, perseverancia y sacrificio. Por enseñarme, con su vida, que el conocimiento y la perseverancia abren puertas a

todo lo que uno se proponga.

A mi esposo, por su apoyo incondicional y paciencia, por su fe en mí, incluso en los momentos en que yo misma dudaba. Gracias por caminar a mi lado en este

desafío.

Y a mí misma, por no rendirme nunca, por cada paso firme en este proyecto.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a Dios y a mi padre en el cielo por no dejarme sola.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis Autofinanciada

| DECLARACIÓN DE AUTOR | | | |
|---|--|--------------|-------------|
| FECHA | 17 | JUNIO | 2025 |
| APELLIDOS Y NOMBRES DEL EGRESADO | XIOMI VANESSA MAYO LEON | | |
| PROGRAMA DE POSGRADO | MAESTRÍA EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES | | |
| AÑO DE INICIO DE LOS ESTUDIOS | 2022 | | |
| TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE GRADO | ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES DE TRABAJO EN EL ÁMBITO LABORAL PERUANO | | |
| MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO | Revisión Sistemática | | |
| Declaración del Autor | | | |
| <p>El presente Trabajo de Grado es original y no es el resultado de un trabajo en colaboración con otros, excepto cuando así está citado explícitamente en el texto. No ha sido ni enviado ni sometido a evaluación para la obtención de otro grado o diploma que no sea el presente.</p> | | | |
| 992711236 | 992711236 | | |
| vanessamayoleon@gmail.com | vanessamayoleon@gmail.com | | |



Firma del Egresado

DNI 76594986

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

| | | |
|-------|---------------------------------|----|
| I. | INTRODUCCION..... | 1 |
| II. | OBJETIVOS..... | 6 |
| III. | MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| IV. | METODOLOGÍA..... | 41 |
| V. | RESULTADOS..... | 47 |
| VI. | DISCUSIONES..... | 54 |
| VII. | CONCLUSIONES..... | 56 |
| VIII. | RECOMENDACIONES..... | 58 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 60 |

RESUMEN

En la investigación de accidentes laborales, los expertos se valen de diversos métodos, desde enfoques intuitivos hasta procesos formalizados. A pesar de su eficacia demostrada en liderar la seguridad, su implementación resulta desafiante y requiere evaluación constante debido a la evolución de riesgos y tecnologías. Las metodologías de investigación de accidentes de trabajo presentan notables carencias, una situación que se replica tanto en Europa como en Latinoamérica. Estas brechas constituyen un desafío compartido en la reducción de accidentes laborales.

OBJETIVO: Analizar las metodologías de investigación de accidentes de trabajo, resaltando la relevancia de un enfoque científico y sistemático.

METODOLOGÍA: La metodología del estudio implica la revisión sistemática de documentos académicos en plataformas como Scopus y Scielo, entre otros.

A pesar de los esfuerzos por implementar medidas de seguridad, la falta de orientación sustancial en la investigación de accidentes en el contexto peruano persiste, subrayando la necesidad de revisar y seleccionar metodologías apropiadas. La justificación de este estudio radica en la importancia de la investigación de accidentes como herramienta científica para mejorar la seguridad y salud ocupacional, prevenir accidentes y mejorar las condiciones de trabajo. La falta de orientación dificulta a los investigadores peruanos la selección de modelos adecuados para abordar eficazmente la problemática de los accidentes laborales. Este trabajo aspira a llenar ese vacío, proporcionando una base teórica sólida y orientación para investigaciones futuras, con el fin de minimizar los accidentes laborales en las organizaciones del país.

RESULTADOS: Los estudios revisados muestran diversas metodologías utilizadas para analizar accidentes laborales. En el sector construcción, el diagrama de Ishikawa es el más usado, mientras que el árbol de causas presenta limitaciones para el manejo digital de datos. Métodos como el análisis de fallas (FTA) y la causa raíz permiten identificar problemas específicos y plantear soluciones efectivas. En talleres mecánicos, el principal riesgo detectado fue el mecánico. La cadena causal resalta que los accidentes se deben tanto a factores personales como laborales. El método STAMP destaca por generar recomendaciones más completas y confiables. Por su parte, la metodología FRAM es útil para gestionar situaciones dinámicas. También se observó que modelos como HFACS y STAMP son muy utilizados por su efectividad para prevenir accidentes. Finalmente, métodos como el análisis Pareto-Lorenz ayudan a prever la gravedad de los accidentes según las causas involucradas.

CONCLUSIÓN: Se concluye que las metodologías de investigación de accidentes laborales se agrupan en modelos secuenciales, epidemiológicos y sistémicos, aplicándose según el tipo de industria y nivel de riesgo. En el contexto peruano predominan modelos básicos como Ishikawa y el árbol de causas, mientras que en sectores de mayor complejidad se recomiendan enfoques como HFACS, STAMP y FRAM. Evaluar su eficacia permite mejorar la prevención y adaptar estrategias de gestión de riesgos según las necesidades de cada sector.

PALABRAS CLAVES

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN, ACCIDENTES LABORALES Y EFICACIA

ABSTRACT

OBJECTIVE: To analyze the methodologies of occupational accident research, highlighting the relevance of a scientific and systematic approach.

METHODOLOGY: The methodology of the study involves the systematic review of academic papers in platforms such as Scopus and Scielo, among others. Despite efforts to implement safety measures, the lack of substantial guidance in accident research in the Peruvian context persists, highlighting the need to review and select appropriate methodologies. The rationale for this study lies in the importance of accident investigation as a scientific tool to improve occupational safety and health, prevent accidents and improve working conditions. The lack of guidance makes it difficult for Peruvian researchers to select appropriate models to effectively address the problem of occupational accidents. This paper aims to fill this gap, providing a solid theoretical basis and guidance for future research, in order to minimize occupational accidents in Peruvian organizations.

RESULTS: The studies reviewed show various methodologies used to analyze occupational accidents. In the construction sector, the Ishikawa diagram is the most commonly used, while the cause tree has limitations for digital data management. Methods such as failure analysis (FTA) and root cause allow identifying specific problems and proposing effective solutions. In mechanical workshops, the main risk detected was mechanical. The causal chain highlights that accidents are due to both personal and work-related factors. The STAMP method stands out for generating more complete and reliable recommendations. The FRAM methodology is useful for managing dynamic situations. It was also observed that models such as

HFACS and STAMP are widely used for their effectiveness in preventing accidents. Finally, methods such as Pareto-Lorenz analysis help to predict the severity of accidents according to the causes involved.

CONCLUSION: It is concluded that occupational accident investigation methodologies are grouped into sequential, epidemiological and systemic models, applied according to the type of industry and level of risk. In the Peruvian context, basic models such as Ishikawa and the tree of causes predominate, while in more complex sectors, approaches such as HFACS, STAMP and FRAM are recommended. Evaluating their effectiveness makes it possible to improve prevention and adapt risk management strategies according to the needs of each sector.

KEYWORDS

RESEARCH METHODOLOGY, OCCUPATIONAL ACCIDENTS AND EFFECTIVENESS

I. INTRODUCCION

Los expertos en la investigación de accidentes emplean procesos intuitivos o basados en la experiencia, así como uno o más de los treinta métodos de investigación y análisis más formalizados para generar datos sobre accidentes trabajo (1). Estos métodos formalizados se identifican por acrónimos como CAS-HEAR, SOL, HPEP, SCAT, ISIM, RCA, WAIT, FRAM, AEB, HPES, HFACS, WBA, HSG245, HERA, APPOLO, MTO, SHELL, ATHENA, ECFC, 3CA, HFIT, ASSET, HFACS, TOP SET, MORT, HPIP, STAMP, TRIPOD, ORAU, PRCAP, 5 WHYS, CAST, FACS, STEP-MES, TapRooT®. Muchos de estos métodos fueron desarrollados de manera heurística, algunos a través de investigaciones basadas en estudios de casos, otros a partir de construcciones académicas, y algunos mediante adaptaciones de otros métodos u observaciones empíricas (2).

Aunque estas metodologías siguen siendo líderes en la investigación de seguridad, es crucial destacar que a menudo resultan desafiantes y complicadas de implementar, siendo necesario evaluar de manera constante su eficacia frente a los riesgos y tecnologías en evolución

La presente investigación aborda una revisión exhaustiva de las metodologías aplicadas globalmente para la gestión de accidentes laborales. La finalidad es evaluar la eficiencia y la eficacia de estas metodologías en diversos sectores, identificando cuáles son las más efectivas. Esta evaluación permitirá a las empresas adoptar las prácticas más adecuadas a su sector específico, comprendiendo mejor las implicaciones y beneficios de su implementación.

Para estructurar esta revisión sistemática, el documento se organiza en varios capítulos. El Capítulo I detalla el planteamiento del problema; el Capítulo II detalla los objetivos del estudio; el Capítulo III proporciona el marco teórico que sustenta la investigación; en el Capítulo IV, se describe la metodología utilizada para la revisión; el Capítulo V presenta los resultados obtenidos; el Capítulo VI se dedica a la discusión de estos resultados. Finalmente, el Capítulo VII expone las conclusiones derivadas de la investigación, y el Capítulo VIII ofrece recomendaciones para la implementación de las metodologías más efectivas en distintos contextos empresariales.

La implementación sistemática de métodos científicos organiza la investigación y optimiza el proceso, facilitando una identificación más precisa de los factores causales, un análisis riguroso de los resultados y la formulación de recomendaciones bien fundamentadas (3). Además, la transformación en la metodología de investigación de accidentes a lo largo de los años indica un desplazamiento gradual desde la búsqueda de una única causa inmediata hacia la identificación de diversas causas fundamentales y, en última instancia, el señalamiento de deficiencias en la estructura organizativa del sistema de actividades ocupacionales (4). En otras palabras, la metodología para examinar incidentes no solo debería identificar fallos técnicos y humanos como causas de accidentes, sino también errores de organización (5).

A pesar de la clara evidencia que subraya la eficacia y la necesidad de adoptar un método científico en la investigación de accidentes laborales, existe una preocupante falta de métodos normalizados y autenticados, especialmente en

Europa y Latinoamérica. Esta carencia en la etapa analítica del desarrollo investigativo limita la capacidad de obtener resultados consistentes y comparables, lo que dificulta la implementación de estrategias efectivas de prevención y mejora en la seguridad laboral (6).

En el ámbito laboral, los accidentes de trabajo representan una preocupación constante tanto para empleadores como para trabajadores. Estos incidentes no solo influyen en el bienestar psicofísico de los individuos involucrados, sino que también tienen un efecto significativo en la eficiencia y bienestar en el entorno laboral (7). A pesar de los esfuerzos sustanciales para prevenir y mejorar las condiciones laborales, las lesiones resultantes de accidentes en el trabajo siguen siendo un problema significativo tanto en la salud pública como laboral a nivel global (8). De acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo, se calcula que anualmente se producen por encima de los 374 millones de incidentes laborales en todo el mundo, generando consecuencias económicas significativas, especialmente en naciones con ingresos medios y bajos (9).

Este desafío es particularmente claro en naciones latinoamericanas, donde se registran cerca de 7.6 millones de incidentes ocupacionales, con índices de morbilidad y mortalidad que exceden en cinco veces la media global. No obstante, es plausible que estos datos no capturen completamente la situación actual, ya que la falta de datos precisos en las estadísticas oficiales puede deberse a la sub-declaración de casos (10).

El Perú no está al margen de esta situación y desafío a nivel mundial, según el Sistema de Notificación Computarizada de Accidentes Laborales, Incidentes

Peligrosos y Enfermedades Ocupacionales (SAT). Según el reporte de noviembre de 2019, se documentaron 2,744 comunicaciones de un conjunto de 1,625 compañías, indicando un aumento del 15.7% comparado con el mismo lapso del año anterior y una disminución del 12.2% en relación con octubre de 2019. De todas las notificaciones realizadas, el 97.01% se atribuye a incidentes laborales no mortales, el 0.62% corresponde a casos de accidentes mortales, el 2.30% a incidentes peligrosos y el 0.07% a enfermedades ocupacionales. En particular, se destaca que el sector de manufacturas lidera con un 22.01% de todas las notificaciones. A continuación, se mencionan otros sectores relevantes en términos de notificaciones, donde las actividades en el ámbito inmobiliario, empresarial y de alquiler constituyen el 20.19%, el transporte, almacenamiento y comunicaciones anotan el 11.41%, y la construcción alcanza el 11.30%. Estos porcentajes representan la proporción de notificaciones dentro de cada sector, proporcionando una visión general de la distribución de eventos notificados (10).

Según el informe del SAT de diciembre de 2023, de un total de 2 744 notificaciones, la mayoría de los incidentes (95.99%) no resultaron en fatalidades, con un 2.19% de casos mortales, un 1,17% de incidentes peligrosos y un 0,66% de enfermedades ocupacionales. Además, la industria manufacturera representó el 20,15% de los accidentes laborales, seguida por actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler con un 16.76%, y el comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores con un 10.45% (11).

En este contexto, se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son las metodologías de investigación de accidentes de trabajo en el ámbito laboral peruano?

La investigación sobre accidentes de trabajo es una herramienta científica de gran valor en el campo de la seguridad y salud ocupacional. Esta investigación se basa en el aprendizaje experiencial, permitiendo no solo la prevención de futuros incidentes laborales sino también la mejora continua de las condiciones de trabajo para todos los colaboradores. Al estudiar los accidentes de trabajo, se generan conocimientos que contribuyen a identificar riesgos y a desarrollar estrategias efectivas para mitigarlos.

En el contexto peruano, se ha identificado una notable falta de orientación en la investigación de accidentes laborales. A pesar de los esfuerzos para implementar medidas de seguridad, la persistencia de estos incidentes resalta la necesidad de revisar las metodologías de investigación utilizadas. Esta carencia dificulta a los investigadores locales la identificación y selección de los modelos y metodologías más efectivos para abordar los accidentes laborales. Sin una guía clara y estandarizada, analizar con precisión las causas de los accidentes y desarrollar estrategias preventivas eficaces resulta complejo. Es crucial fortalecer la orientación en esta área para facilitar la adopción de enfoques metodológicos sólidos, lo que permitiría reducir la incidencia de accidentes y mejorar la seguridad y salud en el trabajo.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las metodologías de investigación de accidentes de trabajo en el ámbito laboral Peruano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir las metodologías de investigación de accidentes de trabajo en el ámbito laboral Peruano.

Evaluar la eficacia y la viabilidad de las metodologías de investigación de accidentes de trabajo en ámbito laboral Peruano.

Comparar las metodologías de investigación de accidentes de trabajo en los diferentes sectores.

Proponer recomendaciones para el desarrollo de futuras investigaciones sobre las metodologías de investigación de accidentes de trabajo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. La metodología de investigación de accidentes laborales

La metodología en la investigación de accidentes es un aspecto crucial en la prevención de riesgos laborales, ya que permite determinar y eliminar los elementos riesgosos en el lugar de trabajo, garantizando así la seguridad y salud de los colaboradores (12).

Por su parte, Bhattacharjee et al. (13) sugieren que una investigación exhaustiva de accidentes debe identificar todas las posibles rutas de causalidad, abordando así todas las causas subyacentes. Esto permitirá formular recomendaciones adecuadas para evitar futuros accidentes similares.

3.2. Los accidentes laborales

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) incentiva las oportunidades de empleo que garanticen que féminas y varones trabajen en libertad, igualdad, seguridad y dignidad. Por ello, en 2001 publicó normas para sistemas de gestión de la seguridad y la salud (SGSST) conformes con la OSHA, que sirven de hoja de ruta para la creación de programas gubernamentales que salvaguarden a los empleados (14).

El término “seguridad laboral” se refiere a un conjunto de normas destinadas a reducir la probabilidad de que los trabajadores y sus bienes sufran daños como consecuencia de su empleo. La promoción de prácticas laborales seguras es su principal objetivo (15).

Mientras que, el riesgo laboral, según Pantoja et al. (16) es la probabilidad de que un peligro existente se convierta en un suceso catastrófico. Las condiciones de riesgo, o la posibilidad de que se genere una catástrofe, se crea cuando se combinan la vulnerabilidad y los peligros, aunque ninguno de ellos constituya un peligro por sí solo. Por su parte Campos (17) reconoce el riesgo laboral como la eventualidad de que un individuo sufra una lesión como resultado de su trabajo. Cuando la probabilidad de que ocurra un accidente es alta y las posibles consecuencias son graves, se considera grave o urgente.

En lo correspondiente a la anticipación de peligros laborales, es esencial analizar las posibles amenazas en cada puesto de trabajo. Luego, se deben eliminar los riesgos evitables y reducir al mínimo los que no lo son, todo con el fin de asegurar un entorno laboral seguro y apropiado en la empresa (18).

La secuencia recomendada por la OSHMS para prevenir y proteger contra los peligros es la siguiente: en primer lugar, eliminar los riesgos y peligros allí donde se originan; en segundo lugar, pensar en sustituir la fuente que crea el peligro; en tercer lugar, aplicar controles de ingeniería; en cuarto lugar, establecer controles administrativos; y, por último, proporcionar EPI (15).

Cualquier incidente inesperado que ocurra mientras un trabajador está en el puesto de trabajo y provoque daños, deterioro de las funciones, discapacidad o muerte se considera accidente laboral según el reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, independientemente de que el suceso tenga lugar dentro o fuera del lugar de trabajo. Según la gravedad del accidente, puede clasificarse de la siguiente manera: accidente leve, cuando se prescribe un descanso mínimo tras la evaluación

médica; accidente incapacitante, cuando el especialista recomienda un descanso prolongado, pudiendo ser temporal total, parcial permanente o total permanente; y, por último, accidente mortal (19).

Según Segovia (20), un accidente de trabajo implica cualquier evento repentino e imprevisto relacionado con la actividad laboral que resulte en lesiones corporales, disfunciones físicas, incapacidad o muerte del trabajador.

Independientemente de la gravedad del daño, todo suceso que se desarrolle o suceda durante el trabajo se considera accidente laboral. Existen dos categorías principales: los accidentes laborales mortales y los graves (21).

Según Díaz et al. (10), el accidente laboral se caracteriza como un evento imprevisto que puede o no causar lesiones y daños materiales.

De acuerdo con (22), los peligros más comunes en el sector de la construcción incluyen accidentes por caídas, objetos que caen o derrumbes, desorden y falta de limpieza, proyección de partículas, riesgos eléctricos y vuelcos de maquinaria.

Es fundamental comprender la epidemiología de los accidentes laborales, que abarca tanto la accidentalidad resultante de las causas y consecuencias de los incidentes como la probabilidad de que ocurran (23).

Los especialistas en salud están propensos a largas horas de trabajo y turnos rotativos, lo que puede afectar negativamente su salud, causando agotamiento, lesiones y trastornos del sueño y del ritmo biológico (24).

El objetivo de una evaluación de riesgos laborales es ayudar a los empresarios a decidir si deben adoptar medidas preventivas y cómo hacerlo, determinando la gravedad de los peligros que no pueden eliminarse por otros medios (25).

3.3. La eficacia

La eficacia se conceptualiza como la capacidad de lograr un efecto específico que satisfaga necesidades definidas, lo cual implica alcanzar los objetivos establecidos en un plan o programa dentro de los plazos previstos para su cumplimiento (26).

3.4. La viabilidad

La evaluación de la viabilidad de programas requiere considerar diversos aspectos técnicos y metodológicos, que se dividen en dos áreas principales: la evaluación de la estructura del programa y la evaluación de su implementación (27).

3.5. Metodología de evaluación general de riesgos del INSSST

El proceso general de evaluación de riesgos comprende las etapas que se detallan a continuación (25):

En la etapa de clasificación de actividades, se desarrolla un listado de las labores laborales y se organizan de forma coherente y manejable.

Durante el análisis de riesgos, se identifican los peligros asociados a cada actividad, clasificándolos por temas y proporcionando una descripción detallada de cada uno.

Luego, se evalúa el nivel de riesgo, teniendo en cuenta la posible gravedad del daño (ligero, moderado o grave) y la probabilidad de ocurrencia (alta, media o baja).

Niveles de riesgo

| | | Consecuencias | | |
|--------------|-------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Ligeramente dañino | Dañino | Extremadamente dañino |
| Probabilidad | Baja | Riesgo trivial T | Riesgo tolerable TO | Riesgo moderado MO |
| | Media | Riesgo tolerable TO | Riesgo moderado MO | Riesgo importante I |
| | Alta | Riesgo moderado MO | Riesgo importante I | Riesgo intolerable IN |

* Ministerio de trabajo y asuntos sociales.

En la etapa de valoración de riesgos, según se indica en el cuadro siguiente, se evalúan las combinaciones de la probabilidad de ocurrencia y los niveles de riesgo para determinar si se necesitan mejorar los controles existentes o implementar nuevos, así como la programación de las acciones. A continuación, se exponen los fundamentos para los esfuerzos de control.

| Riesgo | Acción y temporización |
|-------------------|---|
| Trivial (T) | No se requiere acciones específicas |
| Tolerable (TO) | No es indispensable tomar precauciones. Pero debemos pensar en mejoras o soluciones que sean rentables y no hagan mella en el presupuesto. Mantener la eficacia de las medidas de control exige inspecciones periódicas. |

| | |
|---------------------|---|
| Moderado (M) | <p>Hay que esforzarse por disminuir el riesgo planteando las intervenciones precisas. Dichas medidas deben aplicarse a lo largo de un periodo determinado. En los casos en que un riesgo moderado pueda tener consecuencias extremadamente perjudiciales, será necesario adoptar nuevas medidas para determinar la probabilidad de que se produzcan daños, con el fin de determinar si son necesarias mejores medidas de control.</p> <p>Para determinar mejor la necesidad de medidas de control más estrictas, es necesario adoptar nuevas medidas para determinar la probabilidad de daños cuando un riesgo moderado se relaciona con resultados gravemente perjudiciales.</p> |
| Importante (I) | <p>Los trabajos no deben comenzar hasta que el nivel de peligro haya disminuido. Pueden ser necesarios recursos importantes para gestionar el riesgo. Si el peligro está asociado a un trabajo en curso, el problema debe resolverse más rápidamente que en el caso de los riesgos de gravedad moderada.</p> |
| Intolerable (IN) | <p>No debe iniciarse ni realizarse ningún trabajo hasta que el peligro haya desaparecido. No debe permitirse ningún trabajo si el riesgo no puede mitigarse adecuadamente con los recursos disponibles.</p> |

* *Ministerio de trabajo y asuntos sociales.*

Utilizar el análisis de riesgos para compilar un conjunto de acciones destinadas a establecer, mantener o mejorar los controles de riesgos es el primer paso para

desarrollar un plan de control de riesgos. Hay que desarrollar un plan eficaz para introducir estas medidas de control.

Para asegurarnos de que los nuevos mecanismos de control no provocan niveles de riesgo inaceptables, revisamos el plan antes de implantarlo. Buscamos nuevos peligros y pedimos a los trabajadores su opinión sobre si las precauciones son o no necesarias y si pueden aplicarse eficazmente.

3.6. Tipos metodología de investigación de accidentes laborales

Los enfoques para analizar accidentes en el ámbito laboral están en constante evolución, lo que resalta la importancia de adaptar su aplicación a los objetivos de análisis y al nivel de complejidad del modelo empleado. Este dinamismo refleja la necesidad de identificar tanto los principios inmediatos como los componentes sistémicos subyacentes en la ocurrencia de accidentes. Es esencial que los profesionales estén al tanto de nuevas metodologías para una investigación efectiva y preventiva.

En ese sentido, los sistemas que presentan una interacción más compleja suelen requerir el uso de técnicas sistemáticas que posibiliten la reproducción precisa de estas interacciones, mientras que aquellos que son más aislados pueden ser adecuadamente representados mediante modelos secuenciales y técnicas fundamentales (28).

A continuación, se muestra un gráfico que ilustra los modelos según su grado de interacción y complejidad:

1. Modelos secuenciales

2. Modelos epidemiológicos

3. Modelos sistémicos

| | | COMPLEJIDAD | |
|--------------------|-------------|---|----------------------------|
| | | Baja | Alta |
| INTERACCIÓN | Alta | 1 Tripod Beta MORT Cambios Reason Barreras ECFCA | 2 FRAM HFCACS |
| | Baja | 3 EFCA RCA Diagrama de Ishikawa Árbol de causas | 4 |

** Caracterización de las principales técnicas analíticas en función de las propiedades del sistema a analizar (Adaptación de Hollnagel, 2008)*

El primer tipo, caracterizado por una alta interacción, pero baja complejidad, se emplea en industrias como presas, redes de energía, ferrocarriles y aviación, donde se utilizan modelos epidemiológicos.

El segundo tipo, que presenta una alta complejidad e interacción, se aplica en industrias como plantas nucleares y plantas químicas, donde se emplean enfoques sistémicos.

El tercer tipo, con baja complejidad, pero alta interacción, se adapta mejor a industrias como líneas de montaje, construcción, minería e industria en general, donde se utilizan modelos secuenciales.

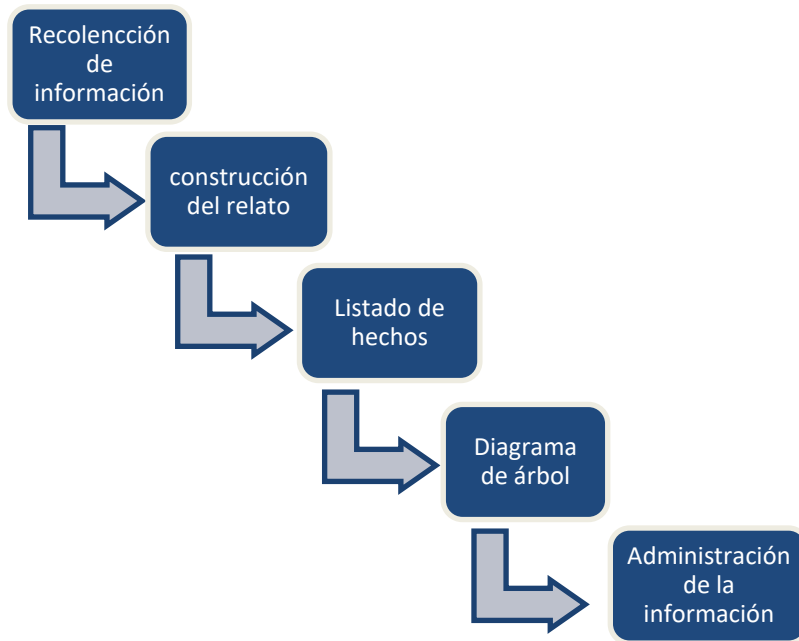
En cuanto al último tipo, con baja interacción, pero alta complejidad y sin un modelo específico mencionado, se emplea en actividades de innovación y por universidades (28).

Para esta investigación, nos centraremos únicamente en algunos de los modelos mencionados anteriormente, priorizando aquellos que son más comúnmente utilizados en Latinoamérica.

3.6.1. El método del árbol de causas

Es un enfoque metódico para investigar accidentes, donde se analiza retrospectivamente las causas representándolas gráficamente para comprender la secuencia que llevó al incidente. El proceso comienza con el daño o suceso y emplea preguntas predeterminadas para hacer un análisis de causa y efecto, retrocediendo en su búsqueda hasta completar el árbol (12).

De acuerdo con Jiménez (29) La metodología comprende las siguientes etapas:



* Investigación de accidente de trabajo.

Según la guía de Salud pública de Chile la metodología se desarrolla mediante las siguientes etapas:

En la etapa de recolección de datos, es esencial empezar por reunir información sobre los antecedentes de la persona implicada y obtener declaraciones de los testigos del entorno que observaron la colisión. Además, debe realizarse un examen exhaustivo del ambiente físico de donde se suscitó el accidente, que incluya maquinaria, equipos y cualquier otro componente pertinente. Por último, se examina meticulosamente la documentación relativa a la realización de la tarea durante el suceso. Este meticuloso procedimiento garantiza la obtención de una descripción completa y precisa de las circunstancias que precedieron a la catástrofe.

Para construir un relato de un accidente hay que describir la investigación de forma lógica, clara y precisa, asegurándose de que el lector pueda comprenderla y de que incluya todos los detalles o aspectos pertinentes relacionados con el suceso (29).

Para listar los hechos del accidente, es fundamental mantener un orden cronológico y asegurarse de que ningún detalle relevante quede fuera. Cada evento debe ser numerado para facilitar su seguimiento (29).

La elaboración del diagrama se inicia desde el último hecho, es decir, la lesión o daño, lo que facilita vincular de manera lógica y ordenada todos los eventos causantes del accidente. Esta representación gráfica permite una comprensión y análisis más fácil de la secuencia de acontecimientos que condujeron al resultado final (30).

En la fase de administración de información, se establece un programa de trabajo preventivo conforme a la Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, que fomenta la participación y el diálogo social. Se investigan las causas iniciales en cada rama del árbol de causas y se toman medidas correctivas para evitar la repetición de eventos similares en el futuro, contribuyendo así a crear un entorno laboral más seguro y saludable (31).

3.6.2. Diagrama de Ishikawa

Tanto en el análisis de accidentes e incidentes como en el campo de la calidad se utiliza a menudo la técnica del diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa y efecto o diagrama de espina de pescado, para llegar al fondo de situaciones complicadas. (12).

De acuerdo con García et al. (32) el esquema cuenta con los siguientes pasos:

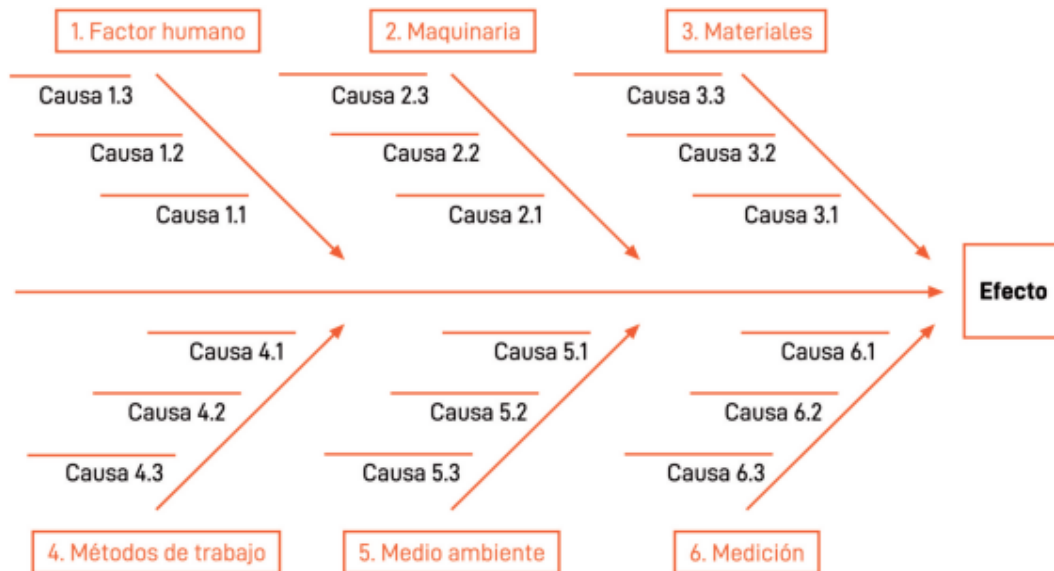
Primero: En la cabeza del pescado se sitúa el accidente ocurrido.

Segundo: Habiendo determinado las categorías causales de los elementos identificados según Vera (33) son los siguientes:

- Factor humano: Deben tenerse en cuenta la imprudencia, la precipitación, la descalificación u otros.
- Maquinaria: fallos en las herramientas y máquinas utilizadas para la tarea como consecuencia de su propia negligencia o de otros factores.
- Materiales: problemas derivados de los componentes materiales de la obra, ya sea como consecuencia de la mala calidad de los materiales o de un error del proveedor.
- Enfoque o procedimiento de trabajo: Cuestiones relativas a los protocolos establecidos.
- Factores naturales: incluidos, entre otros, el calor extremo, la contaminación, la humedad y las condiciones meteorológicas desfavorables.
- Medición: factores relativos a la precisión y el rendimiento de los indicadores que se encuentran en el lugar de trabajo.

Tercero: Dichas categorías se sitúan en cada una de las espinas de pescado.

Cuarto: Se colocan las causas más inmediatas en el centro y en retrospectiva hacia a fuera.



* diagrama de Ishikawa aplicado al análisis de causas de accidentes laborales.

3.6.3. Análisis de causa Raíz (ACR)

Es una herramienta detallada que facilita la identificación de las causas fundamentales de los accidentes, presentándolas en un árbol de fallos. Permite investigaciones minuciosas y análisis de programas de seguridad a través de una lista de verificación gráfica (12).

La metodología consta de las siguientes etapas:

En primer lugar, se definen los sucesos que serán analizados, identificando el conjunto de sucesos que conformaron el accidente. Luego, se caracteriza cada suceso en términos de flujos de energía no deseados. El propósito de esta fase es comprender cómo se produjo el daño, analizando el intercambio de energía con las

personas u objetos afectados. Finalmente, se evalúan las premisas para determinar si la transferencia de energía no deseada resultó de la gestión de riesgos de la actividad o proceso donde ocurrió el accidente (12).

Por otro lado, llevar a cabo un ACR en hospitales acreditados requiere un proceso integral que incluye la formación de un equipo multidisciplinario, la identificación precisa del incidente, la recopilación exhaustiva de información relevante, el análisis detallado de los hechos, la categorización de las causas y las barreras identificadas, la elaboración de estrategias de mejora y un plan de acción efectivo, la redacción de un informe completo, la divulgación de las lecciones aprendidas y un seguimiento minucioso de las acciones implementadas (34).

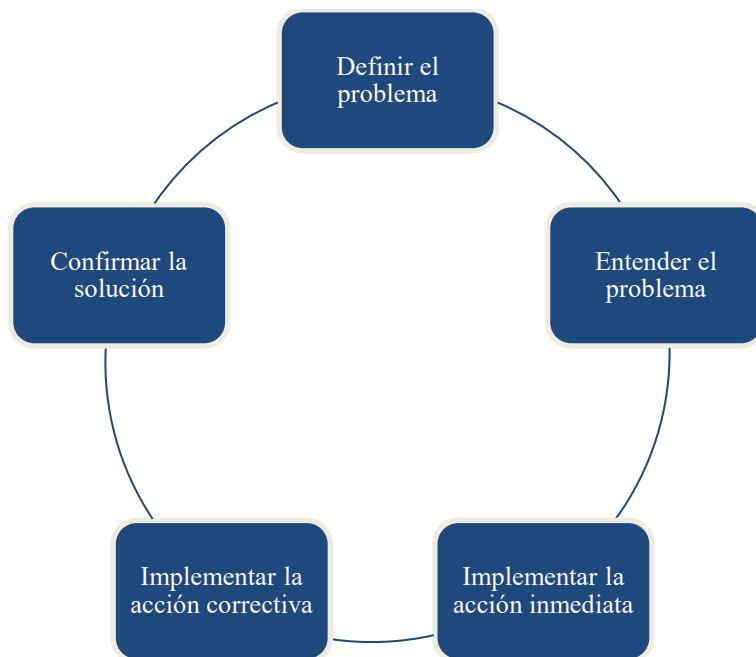
Las pautas para analizar la causa raíz de las problemáticas son los siguientes (35) :

El proceso de resolución de problemas comienza identificando el problema utilizando el principio SMART, que se centra en hacer que los objetivos sean Específicos, Medibles, Orientados a la Acción, Realistas y Acotados en el Tiempo. Una vez identificado el problema, es crucial comprenderlo completamente, lo que implica verificar la información disponible para obtener una comprensión clara de sus causas y efectos.

Después de comprender el problema, se propone una acción inmediata para abordarlo y mitigar sus impactos negativos. Esta acción inicial puede ser una medida temporal para contener la situación mientras se desarrollan soluciones a largo plazo.

Luego, se procede a determinar las acciones correctivas necesarias para abordar el problema de manera más profunda. Esto implica identificar las causas subyacentes del reconocer que las contramedidas superficiales pueden no ser suficientes para resolver el problema en su totalidad, por lo que se deben abordar las causas raíz.

Finalmente, una vez que se han implementado las soluciones propuestas, se verifica la efectividad de las mismas. Esto implica evaluar si las acciones correctivas han tenido el efecto deseado y han resuelto el problema de manera satisfactoria. Además, se establecen reglas y métodos de control para garantizar que el problema no vuelva a ocurrir en el futuro y mantener la efectividad a largo plazo de las soluciones implementadas.



Lineamientos para realizar el análisis de causa Raíz (ACR)

De acuerdo con Berroteran et al. (36) los principales beneficios del ACR son los mencionados a continuación:

- Ofrece una visión integral basada en datos para detectar problemas de manera precisa.
- Incrementa la fiabilidad de los procesos mediante el análisis de índices y la identificación de causas sistemáticas comunes.
- Ayuda a prevenir fallos, lo que se traduce en una mayor fiabilidad de los procesos.
- Disminuye los costos asociados con reparaciones y penalizaciones al identificar y corregir modos de fallo críticos.
- Reduce la exposición al riesgo para la seguridad y el medio ambiente del personal al reducir el número de fallos graves.
- Facilita el acceso corporativo a la información obtenida de los análisis de fallos, lo que mejora la comunicación de las lecciones aprendidas entre diferentes ubicaciones.

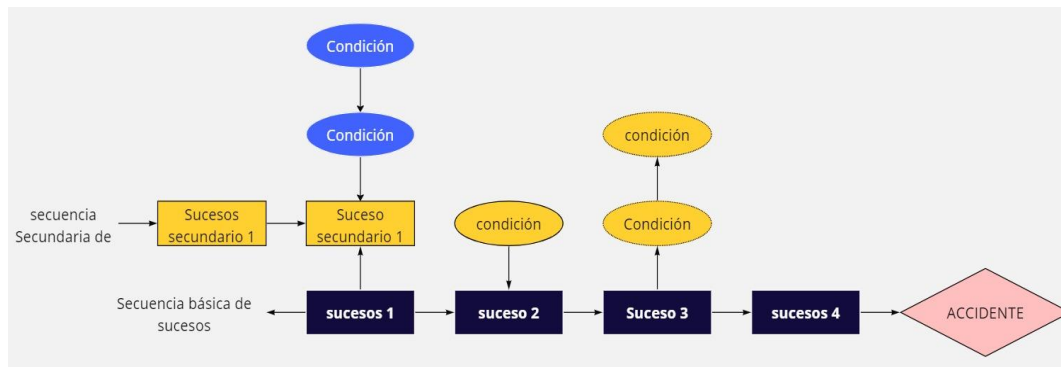
3.6.4. Metodología de análisis gráfico de sucesos y factores causales (ECFCA)

Este enfoque es una versión refinada del árbol de causas y sirve como representación visual de la secuencia de acontecimientos, elementos causales y condiciones que condujeron al accidente (34).

Esta metodología incluye las siguientes definiciones: Los sucesos son actos o acontecimientos que requieren la presencia de la información correspondiente. Las condiciones se refieren a sucesos o circunstancias más que a acciones, y los sucesos y condiciones hipotéticos reúnen información y circunstancias que, aunque

respaldadas por pruebas, no pueden considerarse verificadas de forma concluyente (34).

Este planteamiento también tiene en cuenta las siguientes etapas: La primera etapa consiste en establecer la secuencia de acontecimientos que condujeron al accidente. Para ello se comprueban las alternativas e hipótesis que se barajaron antes de incluirlas en el plan. A continuación, se identifican los elementos que han contribuido al accidente analizando físicamente el lugar y buscando posibles situaciones pseudopermanentes. Por último, el análisis busca un vínculo entre los sucesos y el entorno en el que se produjeron observando las situaciones que los rodeaban. Para ello, se utilizarán métodos como el análisis de barreras y cambios para determinar las características de los sucesos e incluir el entorno del accidente en la investigación (28).



* Adaptado de Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (28)

3.6.5. El Método de la Cadena Causal

Es una técnica que se fundamenta en el modelo causal de pérdidas y SCAT se centra en la identificación de diversos factores interconectados. Estos factores incluyen la

falta de control, las causas básicas, las causas inmediatas, el incidente y, finalmente, la pérdida, tomando esta última como punto de partida (12).



| Fallas de control | Causas básicas | Causas inmediatas | Incidente | Pérdida |
|--|---|-----------------------------------|--|--|
| Programas inadecuados Estándares inadecuados Cumplimiento inadecuado del programa. | Factores personales Factores de trabajo Incorrectos | Actos y condiciones subestándares | Contacto con energía o sustancias inesperados. | <ul style="list-style-type: none"> • Personas • Propiedad • Procesos • Ambientes |



** Modelo de causalidad de Pérdidas Accidentales”, desarrollado por Frank E. Bird Jr.*

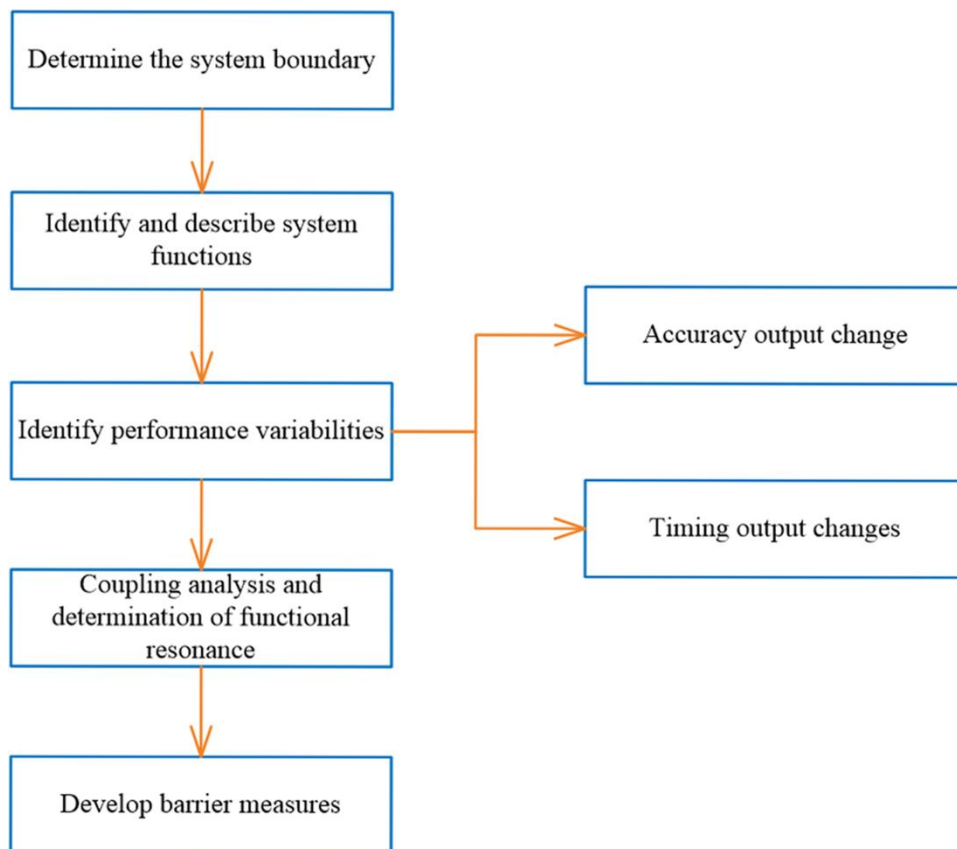
Los fallos en el control y la gestión dentro de la organización tienen efectos directos e inmediatos en el suceso que provoca la pérdida. La causa básica se puede dividir en factores personales, relacionados con el comportamiento humano y factores del trabajo, ligadas al lugar de trabajo y los procesos donde se suscita (28)

3.6.6. Metodología FRAM

El método de análisis de resonancia funcional (FRAM) se puede aplicar para explicar los mecanismos subyacentes que contribuyen a los accidentes. Esto se basa en el principio de resonancia funcional, que a su vez se deriva del concepto de resonancia estocástica (37).

FRAM se presentó por primera vez como una herramienta para analizar accidentes en sistemas complejos, en particular, con el objetivo de evaluar cómo las funciones de un sistema pueden interactuar y desencadenar accidentes (38).

El proceso de análisis de accidentes con FRAM se muestra en la Fig. 1 . El método se basa en avanzar a través de una secuencia específica de pasos. Estos son los siguientes:

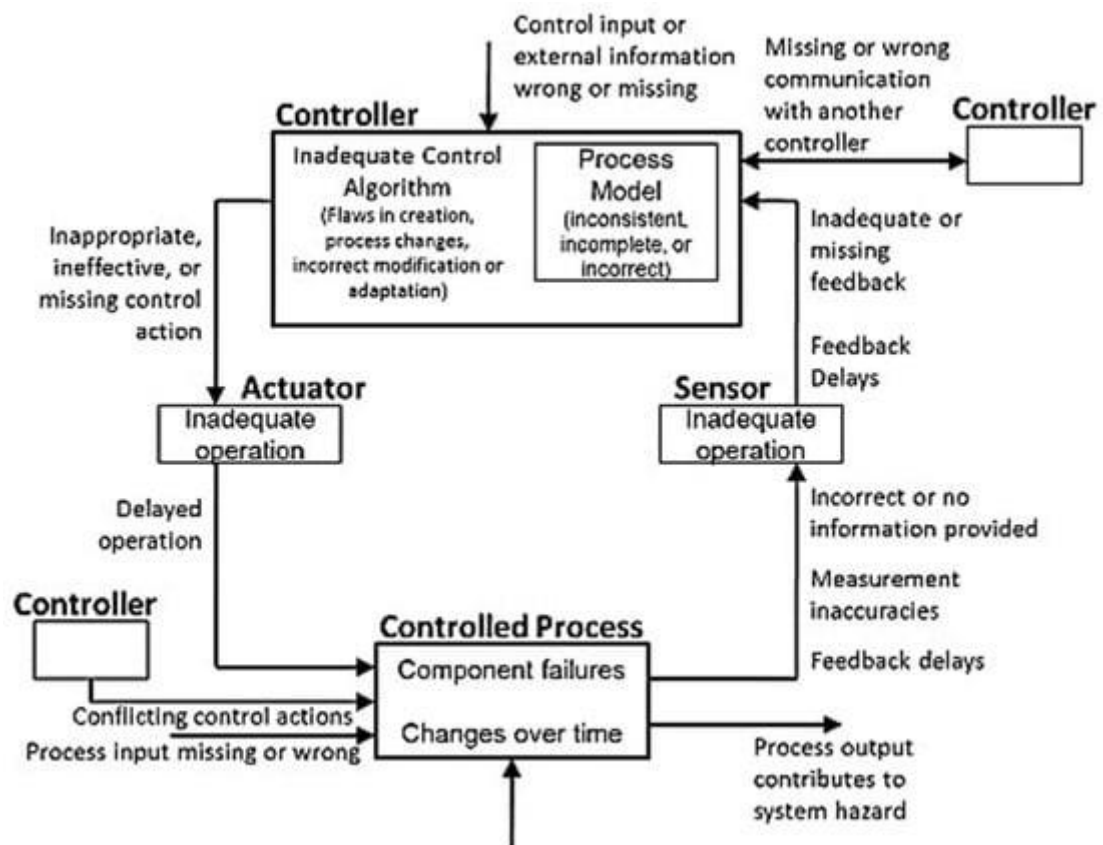


* Tomado de Zhan et al (37)

3.6.7. Metodología STAMP

El modelo STAMP permite analizar a fondo las causas de los accidentes, identificando factores directos e indirectos desde una perspectiva sistémica, lo que facilita la recomendación de mejoras integrales en los sistemas de seguridad (39).

Desde la perspectiva de STAMP, el sistema se describe como una estructura de control que incluye bucles de control y retroalimentación, y el nivel superior controla el nivel inferior aplicando restricciones de seguridad (38).

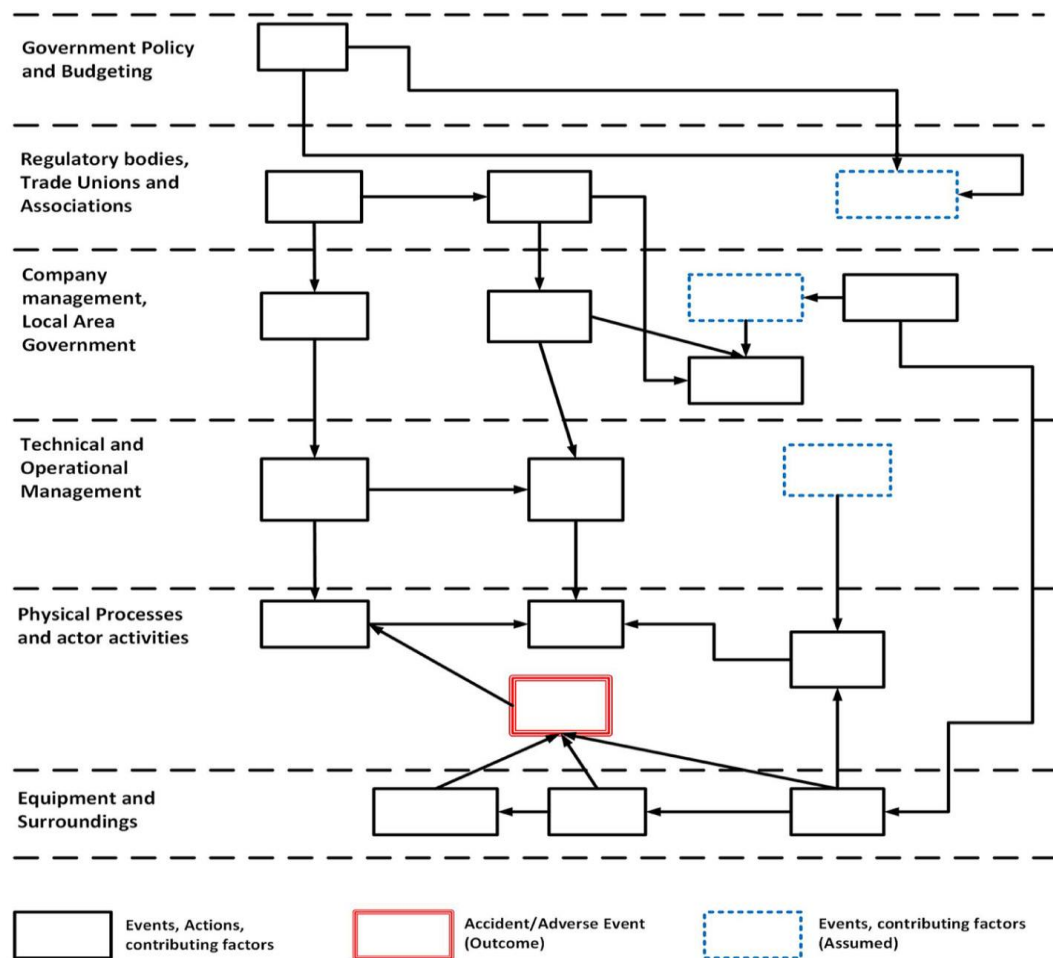


* Tomado de Delikhoon et al. (38).

El modelo STAMP también consta de dos tipos de análisis: análisis de procesos teóricos de sistemas (STPA) y análisis causal utilizando la teoría de sistemas (CAST). El STPA es un análisis de peligros basado en STAMP sobre ingeniería de sistemas para definir accidentes, peligros del sistema y estructura de control (40).

3.6.8. Modelo de ACCIMAP

El modelo Ácima proporciona un diagrama gráfico multicausal para determinar los factores (eventos y decisiones) que contribuyeron al accidente. Sobre la base del análisis de Ácima, se formulan recomendaciones de seguridad para evitar que ocurran en el futuro (40).



* Tomado de Esquema esquelético de Accimap (40).

3.7.Eficacia y viabilidad de las metodologías de accidentes laborales.

| Metodologías | Estudios | Países | Eficacia | Viabilidad |
|-----------------------------------|------------------------|---------------|--|---|
| Diagrama de Ishikawa | Campos, A. (17). | Colombia | La mayoría de las empresas utilizaron el diagrama de pescado como metodología para investigar los accidentes laborales. | Se observó que en 12 de las empresas del sector no se identificó la causa principal del accidente debido a la inadecuada aplicación de las metodologías usadas. |
| Método del árbol de causas | Sanmiquel et al. (41). | España | Esta indagación demostró que la técnica de investigación de accidentes es el camino a seguir, ya que da a los investigadores mucha libertad para construir el gráfico como mejor les parezca, siempre que tengan presente la secuencia cronológica de las causas y las desviaciones. | Basado en los resultados obtenidos de aplicación de la metodología, se puede concluir que esta no es adecuada cuando el análisis requiere una recopilación de datos informática, ya que no es compatible con el almacenamiento digital. |

| | | | | |
|---|--------------------------------|----------------|--|---|
| <p>Análisis de causa Raíz (ACR) Árbol de fallos (FTA)</p> | <p>Berroteran et al. (36).</p> | <p>España</p> | <p>Los resultados obtenidos tras implementar la metodología permitieron identificar los modos de falla y sus respectivas causas, lo cual posibilitó el establecimiento de acciones correctivas más eficaces en el área analizada. Por ejemplo, uno de los modos de falla identificados fue el descarrilamiento de la cadena, el cual se atribuyó a la falta de alineación, posiblemente causada por una instalación incorrecta de transferencias, fatiga de la polea loca o daño en los rodillos de retoños.</p> | <p>La metodología utilizada tiene la capacidad de generar resultados a corto plazo y de abordar la problemática desde una perspectiva tanto técnica como económica. Además, facilita la formación de un equipo de trabajo compuesto por especialistas de diferentes áreas, lo que permite obtener una variedad de sugerencias para abordar las problemáticas identificadas.</p> |
| <p>Metodología de</p> | <p>Naula et al. (42).</p> | <p>Ecuador</p> | <p>El estudio determinó que la mayor probabilidad de causar accidentes o</p> | <p>El uso de la metodología permite definir los riesgos, así como, determinar los mecanismos</p> |

| | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--|---|
| <p>evaluación general de riesgos del INSST</p> | | | <p>enfermedades laborales en las mecánicas automotrices de Riobamba es el riesgo mecánico, mientras que el riesgo biológico mostró una menor probabilidad de causar enfermedades laborales en comparación al resto de factores evaluados.</p> | <p>preventivos que dentro del estudio fue orientado a los factores de riesgo mecánicos, ergonómicos y químicos.</p> |
| <p>Metodología de análisis gráfico de sucesos y factores causales (ECFCA)</p> | <p>Balcázar (43).</p> | <p>Colombia</p> | <p>El enfoque ECFCA PLUS superó a la metodología ECFCA original y mostró una correlación decente con ésta. Varias partes de este enfoque replanteado incorporan el análisis causal, como la localización y el análisis del incidente o accidente desde un punto de vista sistémico, la determinación del origen de</p> | <p>Es posible que los procedimientos de investigación de accidentes se mejoren como consecuencia de las conclusiones de este estudio, lo que podría conducir a una mejor comprensión de las causas de los accidentes y sucesos laborales.</p> |

| | | | | |
|--|---------------------|------------------------|---|--|
| | | | <p>las causas del evento adverso mediante la caracterización de las condiciones, la evaluación de los obstáculos actuales y la identificación de los componentes del sistema.</p> | |
| <p>Método de la Cadena Causal</p> | <p>Charca (44).</p> | <p>Arequipa - Perú</p> | <p>Los choques y golpes (26%), la caída de objetos (19%) y los cortes (15%) resultaron ser los mecanismos más comunes generadores de accidentes laborales en los 62 casos analizados.</p> | <p>Tras tener en cuenta todos los peligros potenciales, se comprobó que el 93% de los riesgos eran medios, y sólo el 7% eran bajos. Se pueden aplicar todas las medidas de prevención y control de riesgos, lo que permite el desarrollo de las actividades relacionadas con la instalación de estructuras y pilares metálicos y medidas de control de los riesgos, lo que se tradujo en una</p> |

| | | | | |
|--|-------------|------|--|--|
| | | | | disminución de la incidencia de los accidentes laborales. |
| | Ramos (45). | Perú | <p>La metodología multicausal no está explícitamente regulada en la legislación peruana; sin embargo, se respalda en los principios de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y de la inspección laboral. Está fundamentada en los principios de prevención, cooperación, protección y responsabilidad, que buscan la participación activa de empleadores, Estado y trabajadores.</p> | <p>Según el análisis llevado a cabo, el enfoque de la cadena causal desarrollado por Frank E. Bird Jr., el cual se basa en la consideración de múltiples causas, presenta aspectos que guardan relación con las categorías definidas en la normativa peruana. Específicamente, este enfoque aborda tanto las causas inmediatas, como los actos y condiciones subestándares, así como las causas básicas, que comprenden factores personales y laborales.</p> |

| | | | | |
|-------------------------|---------------------------|------------------|--|--|
| Método STAMP | Anastacio et al. (46). | Corea del Sur | La comparación de la recomendación indica que los análisis basados en STAMP producen una gama de recomendaciones más amplias en múltiples niveles del sistema, mientras que los análisis basados en Accimap tienden a centrarse en recomendaciones relacionadas con todo el sistema. | Los hallazgos del estudio sugieren que el uso de un método más estructurado como STAMP puede ayudar a producir resultados de análisis de accidentes más confiables. Además, la aplicación combinada de los métodos, a pesar de los posibles desafíos prácticos que podría presentar, tiene el potencial de contribuir significativamente a la comprensión integral del mecanismo y los factores que contribuyen a un accidente durante las investigaciones. |
| | Hulme et al. (47). | Australia | Los hallazgos sugieren que una taxonomía más fácil de usar para los fallos de control y retroalimentación en STAMP-CAST podría ser beneficiosa. | Los hallazgos sugieren que es necesario seguir trabajando para mejorar la confiabilidad de los métodos de análisis de accidentes basados en sistemas, y que una |

| | | | | |
|----------------|--------------------|------------|--|---|
| | | | Esta nueva taxonomía podría mejorar la confiabilidad y validez de las clasificaciones, especialmente en sistemas intencionales o sociales. | gran parte de las posibles mejoras provendrán de una mayor capacitación en los métodos. |
| | Hamin et al. (48). | Bangladesh | STAMP-CAST ayudó a identificar fallas en los mecanismos de control y retroalimentación. PCM, por otro lado, proporcionó una explicación integral del comportamiento humano basado en esquemas, algo que falta tanto en STAMP-CAST como en Accimap. | Debido a las limitaciones en la estructura del modelo STAMP - CAST, se pudo identificar más fácilmente las acciones para corregir problemas relacionados con la retroalimentación entre diferentes niveles del sistema. |
| Accimap | Hulme et al. (47). | Australia | El primer hallazgo destaca dificultades para replicar análisis con Ácima, mientras que la segunda fase mostró una confiabilidad moderada, sugiriendo | Esto indica la necesidad de apoyo para identificar las interacciones en todos los niveles del sistema. Una forma de mejorar esta identificación con Ácima es mediante el |

| | | | | |
|--|--------------------|-----------|---|--|
| | | | posibles limitaciones en su confiabilidad. Además, en relación con Ácima, los hallazgos proporcionan evidencia adicional de que los analistas tienden a tener un desempeño deficiente al identificar relaciones entre factores contribuyentes | uso de soporte de software, como la aplicación UPLOADS, que proporciona descripciones de los factores contribuyentes y permite a los usuarios seleccionar las relaciones adecuadas. |
| | Hamin et al. (48). | Bangalesh | Ácima no usa categorías fijas, lo que significa que es flexible para identificar quiénes están involucrados y cómo se conectan en todos los niveles del sistema. | Una de las deficiencias identificadas tanto en el STAMP-CAST como en Accimap, en contraste con la PCM, es la falta de una explicación completa del comportamiento humano basada en esquemas. Además, aunque Accimap puede incluir mecanismos de control y retroalimentación, su falta de |

| | | | | |
|-------------|---------------------------|-----------|---|---|
| | | | | <p>taxonomía hace que este método dependa en gran medida del juicio del analista. Es evidente que se necesitan modificaciones para mejorar la eficacia de estos métodos en el futuro.</p> |
| FRAM | Adam et al. (49). | Australia | <p>Aunque el FRAM está diseñado para considerar la variabilidad normal del rendimiento, sus resultados pueden ser complejos y difíciles de interpretar.</p> | <p>Esto ha obligado a los investigadores a nuevas e innovadoras formas de contextualizar los resultados del FRAM para que los resultados del análisis puedan utilizarse en la práctica.</p> |
| | Sultana & Haugen (50). | Noruega | <p>El análisis muestra que FRAM puede evaluar cualitativa, cuantitativa y dinámicamente la seguridad del sistema. El punto más vital de FRAM radica en su capacidad de evaluación cualitativa efectiva, que considera el acoplamiento</p> | <p>Aunque el análisis FRAM actualmente consume mucho tiempo y su complejidad matemática puede ser un desafío, su aplicación en futuros estudios de sistemas sociotécnicos complejos ofrecerá a los analistas herramientas para mejorar la</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | entre funciones y aspectos relacionados, se puede presentar gráficamente y se pueden tomar acciones futuras en consecuencia. | seguridad y minimizar la desviación del rendimiento del sistema. |
|--|--|--|--|--|

3.8. Metodología y sectores de estudios

| Sector | Estudio | Países | Metodologías empleadas | Análisis |
|-----------------|-------------------|-----------|--|--|
| Aviación | Kim & Leesa (51). | Australia | Se emplearon los modelos de Reason, Rasmussen y modelos sistémicos más recientes, BowTie, metodologías personalizadas desarrolladas por SIA individuales y varios otros modelos, incluido SHELL. | Todas las SIA utilizaron múltiples metodologías y algunas SIA informaron que utilizaron varias de ellas en la misma investigación, según el contexto del accidente y la etapa de la investigación. La mayor parte del uso de esta metodología no fue visible públicamente o fue difícil de |

| | | | | |
|----------------------|------------------------|---------|--|---|
| | | | | encontrar hasta que se proporcionó a través de este proyecto y documento. |
| Ferrocarriles | Ahmadi et al. (52). | Canadá | HFACS, Ácima, STAMP y FRAM | La revisión destaca la popularidad de HFACS y STAMP en los estudios de accidentes ferroviarios, con un interés creciente en FRAM. La aplicación de estos métodos sistémicos en la modelización de accidentes ferroviarios ha demostrado mejoras tanto cualitativas como cuantitativas, lo que sugiere su eficacia en la prevención de futuros incidentes. |
| Construcción | Nowobilski (53). | Polonia | Análisis de Pareto-Lorenz y la clasificación ABC | Los resultados de las pruebas permitieron determinar porcentualmente la probabilidad de consecuencias leves, graves y mortales de |

| | | | | |
|-----------------|--------------------|---------|-------|--|
| | | | | <p>un accidente para cada una de las combinaciones de causas importantes.</p> <p>El valor máximo de la probabilidad de un accidente leve es de aprox. 45% (por 8 causas), de un accidente grave - aprox. el 49% (por 22 causas), y en caso de accidente mortal, aprox. 19% (por 14 o más causas).</p> <p>Los modelos computacionales desarrollados permiten pronosticar fácil y rápidamente las consecuencias de los accidentes.</p> |
| Marítimo | Mehmet et al. (54) | Turquía | HFACS | <p>El estudio clasificó los factores de accidente en niveles para facilitar el uso del marco HFACS original. Se destacó una diferencia importante: el nivel de factores externos, que incluye normativas nacionales e</p> |

| | | | | |
|--|---------------------|-------|---|---|
| | | | | internacionales. También se consideraron las condiciones operativas y se evaluaron las condiciones previas a los actos inseguros en todos los métodos revisados. |
| | Wang et al. (55) | China | Análisis árbol de Fallas (FAT) teoría fundamentada (GT) y red bayesiana (BN) | En este estudio se emplearon los modelos FAT, GT y BN para identificar los factores de riesgo y proponer un modelo de mitigación para las consecuencias de un incendio en el buque. Como alternativa, se sugirió la implementación de un sistema de ventilación eficiente y una respuesta de emergencia rápida por parte de la tripulación y los pasajeros. |

IV. METODOLOGÍA

En esta revisión, se empleó un enfoque diversificado de búsqueda mediante la combinación de términos booleanos, incluyendo palabras clave como "Incidente" o "Accidentes" o "prevención" o "lesión", "Investigación", "metodología" o "intervención" y sus variantes. Se realizará una proyección del texto completo, abarcando publicaciones comprendidas entre los años 2019 y 2023.

Además, se realizó un análisis exhaustivo de las bibliografías de los artículos seleccionados. La estrategia de búsqueda será detallada mediante un diagrama de flujo PRISMA. Los resultados obtenidos se importarán en Excel, donde se eliminarán posibles duplicados. Asimismo, se procederá al análisis de la información, evaluación de la calidad y extracción de datos en cada uno, para obtener los resultados de la investigación documental en función de la temática abordada.

La revisión de documentos académicos se realizó en las plataformas de información científica: Scopus, Dialnet, Scielo, Redalyc, entre otras, que luego pasaran por un proceso de elección de la información, considerando los criterios de exclusión e inclusión.

4.1. Revisión de la literatura

Tabla 1. Análisis de la metodología PICO

| | | |
|---|--------------|------------------------------------|
| P | PROBLEMA | Accidentes laborales |
| I | INTERVENCION | Metodología de investigación |
| C | COMPARACIÓN | Sectores laborales a nivel mundial |
| O | RESULTADOS | Eficacia y viabilidad |

Estrategia de búsqueda

Las fuentes de la presente revisión sistemática provienen de diferentes bases de datos electrónicos como: SCOPUS, Scielo y IEEE. Para realizar las búsquedas se han utilizado los siguientes booleanos: “occupational”, “accident”, ”methodologies”, “investigation”, “investigate”, “methods”, “incident”, “prevention”, “sector”, “work”, de los cuales e Scopus se obtuvo 98 estudios, de SCOPUS.

SCOPUS

Tabla 2. Asignación del código Booleano según la metodología PICO

| | | | |
|---|----------|----------------------|--|
| P | PROBLEMA | Accidentes laborales | Accident and occupational OR Incidents OR Prevention OR injury |
|---|----------|----------------------|--|

| | | | |
|---|--------------|------------------------------|---|
| | | | Methodology OR |
| I | INTERVENCION | Metodología de investigación | Investigation OR intervention |
| | | | Peruvian OR labor |
| C | COMPARACIÓN | Sectores del ámbito laboral. | OR sector OR environment or context or market |
| | | | effectiveness OR |
| | | | performance or efficiency |
| O | RESULTADOS | Eficacia y viabilidad | feasibility or feasibility or realizability |

4.2. Criterios de inclusión

- Se incluirán estudios de enfoques cualitativos, cuantitativos o una combinación de ambos para investigar temas relacionados con la seguridad laboral y accidentes de trabajo.
- Se considerarán estudios que hayan sido publicados en revistas científicas revisadas por pares. Esta condición garantiza que los estudios han pasado

por un proceso de revisión y evaluación por parte de expertos en el campo antes de su publicación.

- Se incluirán estudios que hayan sido publicados durante el período comprendido entre los años 2019 y 2023, lo que asegura que los estudios sean recientes y reflejen las prácticas y conocimientos más actuales en el campo de la seguridad laboral y los accidentes de trabajo.
- Se considerará estudios que aborden temas relacionados directamente con la seguridad en el trabajo y la prevención de accidentes laborales, esto incluye investigaciones sobre factores de riesgo, metodologías de análisis de incidentes, estrategias de prevención, y efectos de intervenciones en seguridad laboral, entre otros temas relevantes.
- Se aceptarán estudios redactados en idioma inglés o castellano, lo que permitirá la inclusión de estudios realizados en diferentes contextos geográficos y facilita el acceso a una variedad más amplia de investigaciones relevantes en ambos idiomas.

4.3.Criterios de exclusión

- Se excluirán los estudios de revisión de casos, que se enfocan en análisis detallados de casos individuales o series de casos, lo cual puede limitar la generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias.
- Se excluirán las cartas del editor, documentos informativos sobre políticas editoriales y tendencias, que no constituyen estudios primarios con datos empíricos.

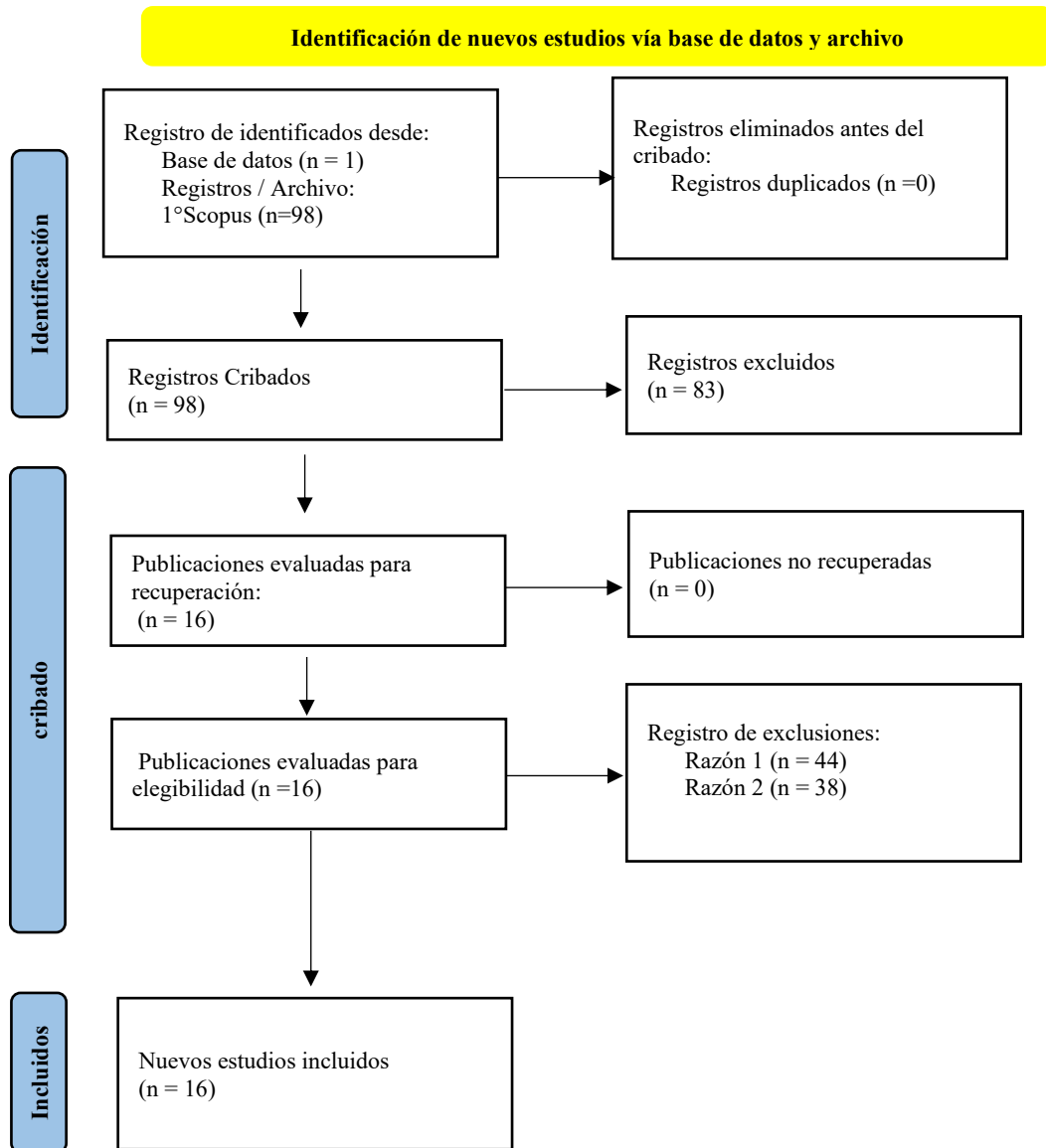
- Se excluirán estudios realizados en poblaciones poco relevantes, cuyas características no contribuyan directamente a los objetivos de la investigación, asegurando así la coherencia y relevancia de los estudios seleccionados para el análisis sistemático.

Tabla 3. Criterios para selección de los artículos obtenidos por la búsqueda en scopus

| CRITERIO | # Artículos |
|--|------------------------|
| EXCLUSIÓN | 83 |
| Otro sector | 44 |
| Sin afinidad del tema | 38 |
| INCLUSIÓN | 16 |
| Afinidad con el tema – eficacia y viabilidad | 11 |
| Afinidad con el tema – sector | 5 |
| Total general | 98 |

Por otro lado, desde la búsqueda sistemática en una base de datos bibliográficos (SCOPUS) usando términos de búsqueda organizada según metodología PICO con los cinco grupos de palabra (accident AND occupational) AND (causation AND theory) AND (analysis AND method) (Laboral OR work) AND (accimap OR rea OR stmap OR fram). Las cinco categorías se combinaros con el operador booleano, La investigación dio como resultado inicial 10 495 documentos, se estableció los criterios de inclusión y exclusión tales como: el filtrado de la revisión sistematizada se limitó en los últimos cinco años desde el 2019 hasta 2023, luego se procede con

la inclusión y exclusión del tipo de documento artículos, teniendo como resultado de la búsqueda se obtuvo 144 artículos, también se excluyó los artículos con acceso restringido quedando 125, posteriormente se seleccionó el idioma English y en español en la base de datos (Excel) obteniéndose 98 artículos.



Nota. La figura muestra la elaboración del diagrama de flujo PRISMA a través de los artículos obtenidos de Scopus.

V. RESULTADOS

| Metodologías | Estudios | Principales hallazgos |
|--|--|---|
| <p>Diagrama de Ishikawa</p> | <p>Campos, A. (17). Bogotá - Colombia</p> | <p>Los resultados de la investigación revelaron que la mayoría de las empresas del sector construcción emplean la metodología espina de pescado, siendo el 40% del total de empresas analizadas, seguido por el 25% que empleó la metodología árbol de causas, el 15% los 5 porqués y el 20% restante no empleó ningún tipo de metodología.</p> |
| <p>Método del árbol de causas</p> | <p>Sanmiquel et al. (41). Barcelona - España</p> | <p>La investigación tiene como objetivo comparar dos metodologías de análisis de accidentes laborales. Se concluyó que el método Feyer & Williamson es más eficaz para la recopilación de datos informáticos sobre eventos y factores causales, ya que está diseñado para almacenar y manejar esta información de manera digital. Por otro lado, el método del Árbol de Causas no cuenta con capacidades para la recopilación y almacenamiento informático de datos, lo que limita su</p> |

| | | |
|---|---|---|
| | | utilidad en entornos que requieren un manejo digital de la información. |
| Análisis de causa Raíz (ACR) Árbol de fallos (FTA) | Berroteran et al. (36). Sevilla – España | El estudio concluyó que, tras implementar la metodología permitieron identificar los modos de falla y sus respectivas causas, lo cual posibilitó el establecimiento de acciones correctivas más eficaces en el área analizada. Por ejemplo, uno de los modos de falla identificados fue el descarrilamiento de la cadena, el cual se atribuyó a la falta de alineación, posiblemente causada por una instalación incorrecta de transferencias, fatiga de la polea loca o daño en los rodillos de retoños. |
| Metodología de evaluación general de riesgos del INSST | Naula et al. (42). Ecuador | La investigación reveló que, en las mecánicas automotrices de Riobamba, el riesgo mecánico es el principal factor causante de accidentes o enfermedades laborales, mientras que el riesgo biológico tiene una menor probabilidad de causar enfermedades en comparación con otros factores evaluados. |

| | | |
|---|---|---|
| Metodología de análisis gráfico de sucesos y factores causales (ECFCA) | <p>Balcázar (43). Cali - Colombia</p> | <p>Se concluyó que, la metodología ECFCA PLUS presentó una correlación aceptable al ser comparada con la metodología ECFCA y las diferencias que la hacen aceptable están a favor de ECFCA PLUS.</p> |
| Método de la Cadena Causal | <p>Charca (44). Arequipa – Perú</p> | <p>Los hallazgos aplicados la metodología de la cadena causal permitió identificar que 57% de los accidentes laborales están relacionados a los factores personales y el 43% tuvo algún origen laboral.</p> |
| | <p>Ramos (45). Perú</p> | <p>El estudio concluye que, el método de la cadena causal de Frank E. Bird Jr., basado en la multicausalidad, presenta elementos que pueden relacionarse con las categorías existentes en la regulación peruana. Concretamente, las causas inmediatas (actos y condiciones subestándares) y las causas básicas (factores personales y laborales).</p> |
| Método STAMP | <p>Anastasio et al. (46). Corea del Sur</p> | <p>La comparación de recomendaciones indica que los análisis basados en STAMP producen una gama más amplia de</p> |

| | | |
|--------------------|---|---|
| | | <p>recomendaciones en múltiples niveles del sistema, mientras el Accimap tiende a centrarse en sugerencias a todo el sistema.</p> <p>Lo que permite concluir que, el método STAMP permite producir resultados de análisis de accidentes más confiables.</p> |
| | <p>Hulme et al. (47). Australia – Reino Unido</p> | <p>Los hallazgos revelaron que los tres métodos produjeron un coeficiente de correlación positiva de débil a moderado; sin embargo, la confiabilidad entre evaluadores de STAMP-CAST fue significativamente mayor en comparación con AcciMap y AcciNet.</p> |
| | <p>Hamin et al. (48). Bangladesh</p> | <p>Se concluyó que la naturaleza complementaria de estos métodos ayudó a proponer un conjunto integral de recomendaciones de seguridad, demostrando así el beneficio de un enfoque de métodos mixtos para la investigación de colisiones en entornos de bajos ingresos.</p> |
| <p>FRAM</p> | <p>Adam et al. (49) Australia</p> | <p>El estudio analizó 73 investigaciones sobre diferentes metodologías: HFACS (43), AcciMap (20), STAMP-CAST (6) y</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>FRAM (4). Los resultados mostraron que la mayoría de los factores contribuyentes se encontraron en los niveles inferiores de los sistemas sociotécnicos analizados, específicamente en los niveles relacionados con el equipo/tecnología, el personal/humano y los procesos operativos.</p> |
| | <p>Sultana & Haugen (50) Noruega.</p> | <p>El estudio concluyó que, la metodología FRAM puede considerar la interacción entre elementos con limitaciones de tiempo, lo que lo hace adecuado para la gestión dinámica de barreras.</p> |
| <p>Modelos de Reason, Rasmussen y modelos sistémicos más recientes BowTie,</p> | <p>Kym et al. (51) Australia.</p> | <p>Todas las investigaciones de análisis de incidentes (SIA, por sus siglas en inglés) emplearon diversas metodologías, y algunas indicaron haber utilizado múltiples enfoques en una misma investigación, dependiendo del contexto del accidente y de la fase de la indagación. La mayoría de estos usos no eran accesibles públicamente o eran difíciles de localizar hasta que fueron recopilados y presentados en este proyecto y documento.</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>HFACS, Ácima, STAMP y FRAM</p> | <p>Ahmadi et al. (52) Canadá.</p> | <p>La revisión subraya la frecuente utilización de los métodos HFACS y STAMP en el estudio de accidentes ferroviarios, así como un interés creciente en la metodología FRAM. La adopción de estos enfoques sistémicos para modelar accidentes en el ámbito ferroviario ha demostrado mejoras notables en términos cualitativos y cuantitativos, lo que indica su eficacia para prevenir futuros incidentes.</p> |
| <p>Análisis de Pareto- Lorenz y la clasificación ABC.</p> | <p>Nowobilski (53) Polonia.</p> | <p>Las pruebas revelaron las probabilidades porcentuales de consecuencias leves, graves y mortales de un accidente según diferentes combinaciones de causas. La probabilidad más alta para accidentes leves es de aproximadamente el 45% (por 8 causas), para accidentes graves es del 49% (por 22 causas), y para accidentes mortales es del 19% (por 14 o más causas). Los modelos computacionales desarrollados permiten prever de manera rápida y precisa las consecuencias de los accidentes.</p> |

| | | |
|---------------|--|---|
| HFACS. | <p>Mehmet et al. (54) Turquía.</p> | <p>El estudio organizó los factores de los accidentes en niveles para alinearse con el marco original de HFACS, señalando una diferencia clave: la inclusión de un nivel dedicado a factores externos, como normativas nacionales e internacionales. Además, se tuvo en cuenta las condiciones operativas y se evaluaron las condiciones previas a los actos inseguros en todos los métodos analizados.</p> |
| | <p>Wang et al. (55) China.</p> | <p>En este estudio se utilizaron los modelos FAT, GT y BN para identificar factores de riesgo y desarrollar un modelo de mitigación para las consecuencias de incendios en buques. Se propuso, como alternativa, la implementación de un sistema de ventilación eficiente y una respuesta rápida de emergencia tanto por la tripulación como por los pasajeros.</p> |

VI. DISCUSIONES

A nivel nacional, Ramos (45) señaló que en la legislación peruana, la metodología multicausal no está explícitamente regulada, aunque se respalda en los principios de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y de la inspección laboral. Por otro lado, Charca (44) al analizar el método de la Cadena causal, identificó las causas de los accidentes, lo cual le permitió implementar medidas relacionadas con la instalación de estructuras y pilares metálicos, resultando en una disminución de la incidencia de los accidentes laborales.

A nivel de Latinoamérica, Campos (17) reveló en su estudio que la mayoría de las empresas del sector construcción emplean la metodología espina de pescado. Naula et al. (42), al aplicar la metodología de evaluación general de riesgos del INSST en mecánicas automotrices de Riobamba, determinaron que el riesgo mecánico es el principal causante de accidentes. Además, Balcázar (43) demostró que el enfoque ECFCA PLUS supera a la metodología ECFCA original y muestra una correlación adecuada con ésta.

A nivel internacional, Sanmiquel et al. indicaron que el método árbol de causas no es adecuado cuando se requiere una recopilación de datos informática, ya que no es compatible con el almacenamiento digital. Por su parte, Berroteran et al. (36) al analizar la metodología ARC, identificaron los modos de falla y sus causas, facilitando así la implementación de acciones correctivas más eficaces.

En relación con la metodología STAMP, Anastacio et al. (46) encontraron que los análisis basados en STAMP generan una gama más amplia de recomendaciones en múltiples niveles del sistema en comparación con AcciMap. Además, Hulme et al. (47) demostraron que la confiabilidad entre evaluadores de STAMP-CAST es

significativamente mayor que con AcciMap y AcciNet. Mientras que, Hammin et al. (48) destacaron que STAMP-CAST ayuda a identificar fallas en los mecanismos de control y retroalimentación.

Por último, en cuanto a la metodología FRAM, Adam et al. (49) mencionaron que, aunque está diseñada para considerar la variabilidad normal del rendimiento, sus resultados pueden ser complejos y difíciles de interpretar. Por otro lado, Sultana & Haugen (50) subrayaron que esta metodología se distingue por su capacidad efectiva de evaluación cualitativa, pero enfrenta desafíos significativos debido al tiempo requerido para su implementación y a su complejidad matemática

VII. CONCLUSIONES

Primero.- Se concluye que los modelos se agrupan en las categorías secuenciales, epidemiológicas y sistemáticas. Siendo para el primer grupo las Tripod Beta, MORT, Reason y Barreras ECFCA, utilizados en presas, redes de energía, ferrocarriles y aviación. Para el segundo se agrupa en FRAM y HFACS en contextos de alto riesgo, como plantas nucleares y químicas. En la última categoría se encuentra el diagrama de Ishikawa, el árbol de causas, RCA y EFCA son adecuados para sectores de construcción, minería, líneas de montaje e industrias en general. Estos facilitan el análisis de las necesidades de cada sector. En Europa se usan modelos sistemáticos, mientras que en Latinoamérica básicos secuenciales.

Segundo.- En el sector construcción, para el análisis de riesgos, el diagrama de Ishikawa es ampliamente usado. El enfoque ECFCA PLUS es más eficaz que los métodos tradicionales. Mientras que STAMP ha demostrado ser más efectiva, dado que proporciona mejores recomendaciones que técnicas como AcciMap y AcciNet, el método FRAM ha recibido menos atención que HFACS, AcciMap y otros modelos; a pesar de que su implementación es más exigente en términos de tiempo y complejidad matemática.

Tercero.- En el sector ferroviario, las metodologías HFACS, AcciMap, STAMP y FRAM son las más usadas para identificar factores de riesgo y prevención. En la aviación, los modelos basados en la teoría de Reason, combinados con otros, son fundamentales para analizar errores humanos

y fallos sistemáticos. Mientras que, en el sector marítimo, la metodología HFACS destaca por identificar fallos humanos y factores organizacionales. Por lo cual es necesario adaptar los modelos a cada sector.

Cuarto.- Evaluar la eficacia de las metodologías en la prevención de accidentes es crucial, dado que permite atender cómo las metodologías se adaptan y funcionan en los distintos sectores. Los estudios pueden revelar insights, como también contribuir al desarrollo y fortalecimiento de las estrategias de gestión de riesgos adecuadas a las necesidades de cada país y sector.

VIII. RECOMENDACIONES

Primero.- Se recomienda a los futuros investigadores enfocarse en analizar los modelos sistémicos ya que, dada su complejidad, son pocas las industrias con los recursos financieros y humanos necesarios para llevar a cabo estos estudios exhaustivos. Es esencial explorar cómo adaptar y simplificar estas metodologías para implementarlas eficazmente en diferentes sectores y entornos empresariales, lo cual puede mejorar la comprensión de sistemas complejos y sus interacciones, además de promover una gestión de riesgos más efectiva y sostenible en todas las industrias.

Segundo.- Se sugiere realizar más estudios sobre la metodología FRAM para evaluar su implementación y desarrollar guías comprensibles. Esto permitirá aprovechar su potencial en el análisis de riesgos y mejorar la seguridad en diferentes sectores industriales.

Tercero.- Se sugiere explorar nuevas industrias en futuras investigaciones, dado que el alcance de este estudio se ha limitado a un número reducido de sectores. Esto facilitará el análisis del desempeño de las metodologías en una variedad más amplia de entornos industriales, proporcionando así una comprensión más completa de su efectividad y aplicabilidad general.

Cuarto.- Se sugiere realizar investigaciones acerca de cómo implementar y aplicar metodologías más avanzadas en América Latina, dada la limitada disponibilidad de información actual. Esto facilitaría la evaluación de cómo estas metodologías se adecúan a las condiciones y

problemas específicos de la región, ofreciendo perspectivas valiosas para fortalecer la gestión de riesgos y la seguridad en diversos sectores industriales.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hulme A, Stanton NA, Walker GH, Waterson P, Salmon PM. What do applications of systems thinking accident analysis methods tell us about

- accident causation? A systematic review of applications between 1990 and 2018. *Safety science*. 2019;117:164–83.
2. Benner Jr L. Accident investigation data: Users' unrecognized challenges. *Safety science*. 2019;118:309–15.
 3. Guerrero Mejía MA. Elaboración de un plan prevención de riesgo laboral en el área estructura de una empresa de patio de contenedores. Universidad de Guayaquil; 2021.
 4. Rad MA, Lefsrud LM, Hendry MT. Application of systems thinking accident analysis methods: A review for railways. *Safety science*. 2023;160:106066.
 5. Accou B, Reniers G. Developing a method to improve safety management systems based on accident investigations: The Safety Fractal Analysis. *Safety science*. 2019;115:285–93.
 6. Salguero-Caparrós FM, Suarez-Cebador M, Carrillo Castrillo JA, Rubio-Romero JC. Methodologies for investigating occupational accidents and their use in occupational health and safety research. Literature review. 2019.
 7. Flores JDV, Lenin BRE. Aplicación de las normas de seguridad y salud, como mecanismo de prevención de accidentes de trabajo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023;7(4):1502–15.
 8. Wadsworth E, Walters D. Safety and Health at the Heart of the Future of Work: Building on 100 Years of Experience. 2019.
 9. Takala J. Burden of injury due to occupational exposures. *Handbook of disability, work and health*. 2019:1–22.
 10. Dumont JRD, Mansilla SLS, Nanzy R, Huamán EMB. Accidentes laborales en el Perú: Análisis de la realidad a partir de datos estadísticos. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*. 2020;25(89):312–29.
 11. Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. Notificaciones de accidentes de trabajo incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales [Internet]; 2023. Disponible en:

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4709850/SAT_ENERO_2023_opt.pdf?v=1687299580.

12. Organización Internacional de Trabajo. Investigación de accidentes del trabajo a través del método del árbol de causas. Manual de formación para investigadores. [Internet]; 2019. Disponible en:
https://www.ilo.org/santiago/publicaciones/WCMS_717401/lang-es/index.htm.
13. Bhattacharjee RM, Dash AK, Paul PS. A root cause failure analysis of coal dust explosion disaster—Gaps and lessons learnt. *Engineering failure analysis*. 2020;111:104229.
14. Rojas YLR, Cruz HWH, Silva MVM. Gestión de seguridad y salud laboral: Madurez y estándares mínimos en entidades públicas distritales en Colombia. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*. 2020;25(3):150–66.
15. Romero S, Pinto GBP, Medina JLF, Tito LPD. Gestión de seguridad laboral en organizaciones públicas del Perú. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*. 2022;27(99):1126–39.
16. Pantoja-Rodríguez JP, Vera-Gutiérrez SE, Avilés-Flor TY. Riesgos laborales en las empresas. *Polo del conocimiento*. 2017;2(5):833–68.
17. Campos Oliveros AM. Metodologías para el análisis de causas de los accidentes de trabajo graves: Corporación Universitaria Minuto de Dios; 2021.
18. Cruz ECM, Zeballos VRS. Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo y la reducción del Índice de Riesgos Laborales. *LLamkasun: Revista de Investigación Científica y Tecnológica*. 2021;2(2):88–97.
19. Reglamento de ley de seguridad y salud en el trabajo: Ley N° 29873; 2011.
20. Orozco AMS, Contreras FOL, Briones WV, Astudillo, Leticia del Pilar Barberán. Análisis descriptivo de accidentes de trabajo que causan incapacidad permanente en la provincia del Guayas en el periodo 2018. *Journal of American Health*. 2021;4(2):14–23.

21. Alban GPG, Arguello AEV, Molina NEC. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*. 2020;4(3):163–73.
22. Arteaga CAN. Análisis sobre la importancia de la seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción en Colombia. *Revista Ingeniería, matemáticas y ciencias de la información*. 2021;8(15):45–53.
23. Villagómez JGY, Arias OOF. Accidentabilidad laboral en las empresas públicas y privadas en Ecuador en el período 2014-2015. *Dominio de las Ciencias*. 2020;6(2):1022–43.
24. Martínez XKB, Pantoja ACM, Benavides DRN, Benavides LFV, Trespacios EMV. Accidente laboral y estresores de la organización del trabajo en el personal de salud: una mirada desde la seguridad y la salud en el trabajo: revisión narrativa. *Medicina UPB*. 2023;42(1):57–66.
25. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Evaluación de riesgos laborales [Internet]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d.
26. Martínez LB, Stepien A. Eficiencia y productividad en arquitectura: Los Libros de la Catarata; 2020.
27. Ibern Regàs I, Anguera Argilaga MT. Evaluación de la viabilidad de los programas de intervención educativa. 0212-4068. 1990.
28. Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. METODOLOGIA Y TECNICAS ANALITICAS DE INVESTIGACIÓN PARA LA INVESTIGACION DE ACCIDENTES DE TRABAJO: Fundación Agustín de Betancourt de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; 2016.
29. Jiménez Torres J, Alvear Espinoza C, Cancino Santibáñez L. Investigación de accidente de trabajo: Guía de técnica de apoyo [Internet]. Chile: Dirección

- del trabajo; 2018. Disponible en: <https://www.dt.gob.cl/transparencia/Guia-Tec-Apoyo-Investigac-Accdtes-T.pdf>.
30. Instituto de Salud Pública de Chile. Guía para la Investigación de Accidentes Metodología Árbol de Causas [Internet]. Disponible en: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/D057-PR-500-02-001%20Guia%20Investigacion%20Accidentes%20v1.pdf>.
 31. Organizacion Internacional de Trabajo. Investigación de accidentes del trabajo a través del método del árbol de causas. Manual de formación para investigadores [Internet]. OIT; 2019. Disponible en: https://www.ilo.org/santiago/publicaciones/WCMS_717401/lang-es/index.htm.
 32. García Izquierdo AL, Zuazua Vega M, Menéndez Sebastián, María de la Paz. Guía para la investigación de accidentes de trabajo en la empresa: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo; 2021.
 33. Vera Palacios MÁ. Investigación de accidentes a bordo. 2022.
 34. Rodríguez Padrón JM, Rodríguez Izquierdo MM. Metodologías validadas para el análisis causal de eventos adversos de trascendencia clínica en la biomedicina. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. 2021;40(2).
 35. Acosta, Johanny del Carmen Ovalles, Soler VG, Molina AIP. Herramientas para el análisis de causa raíz (ACR). *3c Empresa: investigación y pensamiento crítico*. 2017(1):1–9.
 36. Berroteran A, García A, Montero N, Rodríguez A. Caso de estudio: Técnica de Análisis Causa Raíz (RCA. RISK. V1) y Riesgo aplicada en una línea de envasado de cerveza. 2021.
 37. Zhang M, Zhang L, Cao X, Li B, Zhou A. FRAM-based causal analysis and barrier measures to mitigate dust explosions: A case study. *PLoS one*. 2023;18(6):e0287328.

38. Delikhoon M, Zarei E, Banda OV, Faridan M, Habibi E. Systems thinking accident analysis models: A systematic review for sustainable safety management. *Sustainability*. 2022;14(10):5869.
39. Meng H-X, An X, Li D-W, Zhao S-J, Zio E, Liu X, et al. A STAMP-Game model for accident analysis in oil and gas industry. *Petroleum Science* [Internet]. 2023 [actualizado 27 dic. 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1995822623003370>.
40. Oseghale Osezua Igene, Christopher Johnson. To Computerised Provider Order Entry system: A comparison of ECF, HFACS, STAMP and AcciMap approaches. *Health Informatics Journal*. 2020;26(2):1017–42. doi: 10.1177/1460458219859992.
41. Sanmiquel Pera L, Bascompta Massanes M, Felipe Blanch JJ de, Vintró Sanchez C, Anticoi Sudzuki HF, Freijo Álvarez M. Análisis de un accidente del sector minero mediante el método del árbol de causas y el método de Feyer & Williamson. En: *OPR Journal, 5th-7th of June of 2019: proceedings of the XVIII International Conference on Occupational Risk Prevention*. p. 1072–84.
42. Naula CMB, Cobos SMT, Guatatuca FJL, Cayambe BSP. Evaluación de Factores de Riesgo en las Mecánicas Automotriz de la Ciudad de Riobamba. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2024;8(1):2067–86.
43. Balcazar Ramírez DA. Rediseño de la metodología de investigación de incidentes del trabajo “Análisis gráfico de sucesos y factores causales”. 2021.
44. Charca Merma JP. Propuesta para reducir índice de accidentes laborales en colocación de estructuras de acero y columnas en obras civiles aplicando la metodología Modelo de Causalidad-Arequipa. 2020.
45. Ramos TC. ¿Cómo entender la multicausalidad de los accidentes de trabajo para la imputación de incumplimientos en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo? *Laborem*. 2024;22(29):127–43.

46. Anastacio Pinto Goncalves Filho, Gyuchan Thomas Jun, Patrick Waterson. Four studies, two methods, one accident – An examination of the reliability and validity of Accimap and STAMP for accident analysis. *Safety science* [Internet]. 2019;113:310–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753518311858>.
47. Hulme A, Stanton NA, Walker GH, Waterson P, Salmon PM. Testing the reliability of accident analysis methods: a comparison of AcciMap, STAMP-CAST and AcciNet. *Ergonomics*. 2024;67(5):695–715. doi: 10.1080/00140139.2023.2240048. PubMed PMID: 37523211.
48. Hamim OF, Hasanat-E-Rabbi S, Debnath M, Hoque MS, McIlroy RC, Plant KL, et al. Taking a mixed-methods approach to collision investigation: AcciMap, STAMP-CAST and PCM. *Applied Ergonomics* [Internet]. 2022 [actualizado 1 abr. 2022];100:103650. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687021002970>.
49. Adam Hulme, Neville A. Stanton, Guy H. Walker, Patrick Waterson, Paul M. Salmon. What do applications of systems thinking accident analysis methods tell us about accident causation? A systematic review of applications between 1990 and 2018. *Safety science* [Internet]. 2019;117:164–83. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753518319672>.
50. Sultana S, Haugen S. An extended FRAM method to check the adequacy of safety barriers and to assess the safety of a socio-technical system. *Safety science* [Internet]. 2023 [actualizado 1 ene. 2023];157:105930. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753522002697>.
51. Kym Bills, Leesa Costello, Marcus Cattani. Major aviation accident investigation methodologies used by ITSA members. *Safety science* [Internet]. 2023;168:106315. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753523002576>.
52. Ahmadi Rad M, Lefsrud LM, Hendry MT. Application of systems thinking accident analysis methods: A review for railways. *Safety science* [Internet].

2023 [actualizado 1 abr. 2023];160:106066. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753523000085>.

53. Nowobilski T, Hoła B. Methodology based on causes of accidents for forecasting the effects of falls from scaffoldings using the construction industry in poland as an example. *Safety science* [Internet]. 2023 [actualizado 1 ene. 2023];157:105945. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753522002843>.
54. Mehmet Kaptan, Songül Sarıalioğlu, Özkan Uğurlu, Jin Wang. The evolution of the HFACS method used in analysis of marine accidents: A review. *Journal of American Health* [Internet]. 2021;86:103225. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814121001438>.
55. Wang L, Wang J, Shi M, Fu S, Zhu M. Critical risk factors in ship fire accidents. *Maritime Policy & Management*. 2021;48(6):895–913.
doi: 10.1080/03088839.2020.1821110.