

**Análisis comparativo de metodologías para la identificación y evaluación de
riesgos laborales**

Lina Fernanda Martínez Amado

(95860)

Lina María Espitia Castrillón

(91802)

Jimmy Alexander Luis Vargas

(81915)

Universidad ECCI

Dirección de Posgrados

Especialización en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo

2021

**Análisis comparativo de metodologías para la identificación y evaluación de
riesgos laborales.**

Lina Fernanda Martínez Amado

Lina María Espitia Castrillón

Jimmy Alexander Luis Vargas

*Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista
en Gerencia*

de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Asesor

Gonzalo Eduardo Yepes Calderón

Universidad ECCI

Dirección de Posgrados

Especialización en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo

2021

Índice general

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Resumen | 7 |
| 2. | Abstract | 9 |
| 3. | Introducción | 10 |
| 4. | Problema de investigación | 12 |
| | Descripción del problema | 12 |
| | Pregunta de problema | 13 |
| | Sistematización del problema | 13 |
| 5. | Objetivos | 14 |
| | Objetivo general | 14 |
| | Objetivos específicos | 14 |
| 6. | Justificación y delimitación | 15 |
| | Justificación | 15 |
| | Delimitación | 17 |
| | Limitaciones | 17 |
| 7. | Marco de referencia | 19 |
| | Estado del arte | 19 |
| | Revisión de aplicación de análisis de riesgo a nivel nacional. | 22 |
| | Revisión de aplicación de análisis de riesgo a nivel internacional. | 24 |
| 8. | Marco teórico | 25 |
| | Antecedentes de la evaluación de riesgos. | 27 |
| | Generalidades de la evaluación de riesgos | 28 |
| | GTC 45 versión 2012 - Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. | 31 |
| 9. | Marco legal | 34 |

| | |
|---|----|
| 10. Marco metodológico | 42 |
| Paradigma | 42 |
| Tipo de Investigación | 42 |
| Método de Investigación | 42 |
| 11. Fases de la investigación | 43 |
| Fase I | 43 |
| Fase II | 43 |
| Fase III | 43 |
| Fase IV | 44 |
| 12. Fuentes de Información | 44 |
| Fuentes Primarias | 44 |
| Fuentes Secundarias | 44 |
| 13. Materiales | 44 |
| 14. Técnicas y Procedimientos | 45 |
| 15. Cronograma | 46 |
| 16. Resultado | 47 |
| Examinar y detallar algunas metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos utilizadas a nivel nacional e internacional. | 48 |
| La Estrategia SOBANE | 48 |
| Programa de gestión y prevención del Riesgo – RMPP | 49 |
| Matriz IPER | 53 |
| Metodología Qualitative risk assessment model (QRAM) | 58 |
| Método de calificación | 59 |
| Barreras de Seguridad | 61 |
| Método para la evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes viaductos (Metodología ORL-OC/PV). | 66 |

| | |
|--|-----|
| NTP 333 Análisis probabilístico de riesgos. | 71 |
| NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. | 81 |
| NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. | 98 |
| Método William T Fine. | 102 |
| Método JAM o NTP 410. | 105 |
| Realizar una matriz donde se evalúe atributos específicos de cada una de las metodologías. | 111 |
| Caracterizar los métodos ya descritos, según tipo de industria, número de trabajadores y peligros. | 120 |
| Realizar un análisis identificando los beneficios de las metodologías analizadas frente a la más utilizada en Colombia correspondiente a la GTC 45 versión 2012. | 123 |
| RMPP – OSALAN en comparación GTC 45 versión 2012 | 124 |
| QRAM Qualitative Risk Assessement Model en comparación GTC 45 versión 2012 | 125 |
| ORL-OC/PV en comparación GTC 45 versión 2012 | 127 |
| NTP 333 Metodología del Árbol de fallos y errores comparación GTC 45 versión 2012. | 128 |
| NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) en comparación GTC 45 versión 2012 | 129 |
| Método NTP 330 Sistema simplificado de Evaluación de riesgos en comparación GTC 45 versión 2012 | 130 |
| Método William T Fine en comparación GTC 45 versión 2012 | 131 |
| Método JAM o NTP 410 en comparación GTC 45 versión 2012 | 131 |
| 17. Análisis e interpretación de los resultados | 132 |
| Discusión | 133 |
| 18. Análisis financiero | 134 |
| 19. Conclusiones | 135 |

Lista de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Examinar metodologías | 44 |
| Tabla 2 Compración de metodologías | 44 |
| Tabla 3 Matriz por tipo de industria, no. de trabajadores y peligros | 45 |
| Tabla 4 Identificar los beneficios de metodologías comparados con GTC versión 2012 | 45 |
| Tabla 5 Plan de ejecución | 46 |
| Tabla 6 Probabilidad de Ocurrencia | 50 |
| Tabla 7 Ejemplo matriz IPER | 57 |
| Tabla 8 Expresiones matemáticas para estimar la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo | 59 |
| Tabla 9 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario | 87 |
| Tabla 10 Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo | 90 |
| Tabla 11 Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo | 90 |
| Tabla 12 Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería | 93 |
| Tabla 13 Nivel de exposición | 95 |
| Tabla 14 Nivel de Probabilidad | 95 |
| Tabla 15 Nivel de Consecuencia | 96 |
| Tabla 16 Nivel de Intervención | 96 |
| Tabla 17 Grado de Peligrosidad | 97 |
| Tabla 18 Costo de corrección | 98 |
| Tabla 19 Grado de corrección | 99 |
| Tabla 20 Factor de Incidencia | 101 |
| Tabla 21 Medidas del riesgo | 103 |
| Tabla 22 Clasificación de metodologías por atributos | 105 |
| Tabla 23 Matriz por tipo de industria, no. trabajadores y peligros | 114 |

Lista de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 Gestión de riesgos | 31 |
| Ilustración 2 Nivel de Probabilidad | 33 |
| Ilustración 3 Significado de los diferentes niveles de probabilidad | 34 |
| Ilustración 4 Determinación del nivel de riesgo | 34 |
| Ilustración 5 Significado del nivel de riesgo | 34 |
| Ilustración 6 Identificación de riesgos | 50 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 7 Evaluación de riesgos | 50 |
| Ilustración 8 Matriz de probabilidad | 52 |
| Ilustración 9 Consecuencias para personas | 53 |
| Ilustración 10 Matriz de riesgo | 53 |
| Ilustración 11 Esquema de método OC/PV-ERL-NC Fuente: (Véras, Método para la Evaluación de Riesgos Laborales en Obras de Construcción de Grandes Viaductos, 2012) | 68 |
| Ilustración 12 Rango del índice de seguridad laboral ORL-OC/PV Fuente: (Véras, Método para la Evaluación de Riesgos Laborales en Obras de Construcción de Grandes Viaductos, 2012) | 70 |
| Ilustración 13 Representación gráfica del árbol de fallos | 71 |
| Ilustración 14 Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallo | 73 |
| Ilustración 15 Diagrama de flujo y representación lógica | 74 |
| Ilustración 16 Diagrama de flujo y representación lógica | 74 |
| Ilustración 17 Obtención de conjuntos mínimos de fallos. | 77 |
| Ilustración 18 Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso | 93 |
| Ilustración 19 Tabla de nivel de eficiencia | 95 |
| Ilustración 20 Medidas del riesgo | 101 |
| Ilustración 21 Clasificación del riesgo | 101 |
| Ilustración 22 Tiempo de Actuación | 102 |
| Ilustración 23 Clasificación de incidencia | 103 |
| Ilustración 24 Factor de implicaciones | 104 |

1. Resumen

Parados en la premisa que establece la Seguridad y Salud en el trabajo, acerca de que no hay ningún peligro que no pueda encontrarse, nos llevó a hacernos la pregunta ¿Qué podrá influir en que los accidentes y las enfermedades laborales

todos los días se incrementen? y revisar desde la etapa de planeación según el PHVA: la identificación de peligros y valoración de riesgos, irá en línea con las exigencias actuales, la productividad, las innovaciones tecnológicas, el entorno que nos rodea, y la vida misma? El cambio es cada vez más acelerado en el escenario de trabajo y mutable de manera constante, además que las empresas en su conjunto son universos de complejidades por lo que quedaría hasta irresponsable sólo sugerir una forma o método para definir posibles amenazas o vulnerabilidades. Se podría sintetizar que todos deben aportar a ese trabajo y la especialización incluso por industria, hace que se proteja más la vida de los que colaboran con el progreso de las empresas. Nuestras sugerencias de ciertas metodologías y aplicaciones pueden dar un punto de partida para su uso, incluso varias de ellas para una misma empresa, institución o asociación al mismo tiempo.

Palabras clave: Peligros, riesgos laborales, valoración, metodologías, seguridad en el trabajo.

2. Abstract

Standing on the premise that Occupational Health and Safety establishes that there is no danger that cannot be found, it led us to ask ourselves the question: What could influence accidents and occupational diseases every day increase? and review from the planning stage according to the PHVA: the identification of hazards and risk assessment, will it be in line with current demands, productivity, technological innovations, the environment that surrounds us, and life itself? The change is more and more accelerated in the work scene and constantly mutable, in addition to the fact that companies as a whole are universes of complexities, so it would be irresponsible just to suggest a way or method to define possible threats or vulnerabilities. It could be synthesized that everyone must contribute that work and specialization even by industry, makes the lives of those who collaborate with the progress of companies more protected. Our suggestions of certain methodologies and applications can give a starting point for their use, even several of them for the same company, institution or association at the same time.

Keywords: Hazard, occupational risks, assessment, methodologies, safety at work.

3. Introducción

La gestión integral de riesgos es una actividad primordial de las organizaciones, que les permite a través de la experiencia y de los análisis prospectivos, proteger la integridad de sus colaboradores, su infraestructura, el medio ambiente, su buen nombre y reconocimiento organizacional, por lo que resulta fundamental realizar una correcta identificación y evaluación de peligros y riesgos que conlleve a un control efectivo de los mismos.

Existen múltiples metodologías de evaluación de riesgos que varían en cuanto al análisis global de los que son integrales, otras desarrolladas para el estudio de peligros específicos, muchas de estas son de fácil acceso, especiales para organizaciones pequeñas y/o pensadas para sectores económicos concretos.

En el marco legal colombiano el Decreto 1072 de 2015 establece que las organizaciones deben aplicar metodologías sistemáticas para la identificación de peligros y evaluación de riesgos y además sugiere que las organizaciones pueden adoptar metodologías adicionales para complementar su evaluación; dependiendo de la naturaleza de los peligros identificados, su priorización y la actividad económica de la organización. Sin embargo, en Colombia es normal que los administradores de riesgo empleen únicamente la metodología descrita en la Guía Técnica Colombiana GTC-45, con la que se construye un panorama global de los factores de riesgo, dejando de lado que no solo esta metodología no es la única, sino que existen otras más completas y específicas.

Por lo anterior, el presente trabajo recopila metodologías válidas y aceptadas de identificación y evaluación de riesgos en seguridad y salud en el trabajo que han

sido empleadas dentro y fuera del país, agrupando por factores de riesgo y alcance, con el objetivo de proporcionar a los profesionales y organizaciones una guía práctica a la hora de establecer la metodología que les permitirá gestionar de la mejor forma los riesgos.

4. Problema de investigación

Descripción del problema

Aunque Colombia no ha normalizado el uso específico de una metodología para identificación y evaluación de riesgos y por el contrario sugiere que se deben manejar varias metodologías en la gestión de riesgos al interior de las empresas, es normal encontrar que las organizaciones y administradoras de riesgos laborales ARL emplean constantemente la actualización desarrollada en el 2012 de la guía técnica Colombiana GTC-45, la cual es muy completa y de fácil acceso para profesionales y empresas, además de ser muchas veces la única que se enseña en la academia, lo que implícitamente está fomentando el desconocimiento de los avances que ha tenido esta disciplina.

Debido a que actualmente es fácil encontrar en la red esta metodología aplicada a diferentes tipos de industria y actividades económicas, las organizaciones la están adoptando sin desarrollar un análisis juicioso de su propia realidad, dejando de lado su deber de realizar un estudio a conciencia de los peligros y riesgos existentes, lo que puede generar errores de fondo en la orientación que se le da al Sistema de Gestión de Riesgos Laborales, ya que, es importante aclarar que de la evaluación de los peligros depende la priorización de los riesgos, lo que quiere decir que si se realiza una inadecuada o ineficiente evaluación de riesgos todo el Sistema de Gestión se estructura igualmente, generando confusiones, reprocesos y pérdidas en las organizaciones.

Por otro lado, la metodología GTC 45 Versión 2012 tiene algunas desventajas como: describir y clasificar los peligros por medio de preguntas a los trabajadores, el uso de distintas variables para calificar los riesgos, demasiados ítems para completar, requerir el historial de accidentes para el cálculo de frecuencia o probabilidad, entre otros, puede confundir y dar pie para subjetividades a la hora de calificar y ponderar los riesgos.

Pregunta de problema

¿Cuáles metodologías de evaluación de peligros y valoración de riesgos, cumplen las necesidades de las empresas por tipo de industria, cantidad de trabajadores, puestos de trabajo, teniendo en cuenta además su combinación?

Sistematización del problema

¿Se entiende que las sugerencias del gobierno colombiano a través de esta norma técnica, supondría cubrir cualquier sometimiento y exposición de los trabajadores con todo lo que podría confluir en dicha situación?

¿Cuáles serían las mejores metodologías por tipo de empresa? por clúster?
¿Cantidad de trabajadores? ¿Tipo de puestos de trabajo? y ¿Por tipo de riesgo evidenciado?

¿Las empresas colombianas podríamos realizar una planeación mejor fundamentada y de mayor arraigo técnico, si combináramos esta norma con otras cualitativas, cuantitativas que tengan mayor significancia a nivel internacional?

5. Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de diversas metodologías de identificación de peligros y valoraciones del riesgo, de acuerdo a las variables de tipo de industria, cantidad de trabajadores, tipos de puestos de trabajo y riesgos expuestos.

Objetivos específicos

Examinar y detallar algunas metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos utilizadas a nivel nacional e internacional.

Realizar una matriz donde se evalué atributos específicos de cada una de las metodologías

Caracterizar los métodos ya descritos, según tipo de industria, número de trabajadores y peligros

Realizar un análisis identificando los beneficios de las metodologías analizadas frente a la más utilizada en Colombia correspondiente a la GTC 45 versión 2012

6. Justificación y delimitación

Justificación

La evaluación de peligros y la valoración de riesgos es la piedra donde se edifica una dinámica en la Seguridad y Salud en el Trabajo y hace parte de la planeación de toda empresa, pero básicamente todo se inicia en supuestos, trágicamente en estadísticas del medio o sucesos de la misma empresa, a través de estrategias de trabajo que han sido normalizadas e implementadas en el transcurrir de la historia, sin embargo, quién puede asegurar que el desarrollo productivo se benefició y efectivamente identificó las necesidades de preparación y organización.

En el contexto latinoamericano, uno de los principales problemas en materia de riesgos laborales es la escasa estandarización o la falta de unificar criterios y componentes para la identificación de peligros y valoración de los riesgos en el trabajo. Bedoya-Marrugo (2017) lo evidencia cuando se analizaron los sistemas de riesgos laborales de 18 países dentro y fuera de América Latina.

Se trata de un problema que ha estado presente desde hace décadas, aunque en Colombia se intentó encauzar bajo los principios fundamentales de la NTC - OHSAS 18001 (ISO 45001 en su versión más actual) y NTC 5254, basado en el proceso de la gestión del riesgo desarrollado en la norma británica BS8800 y la norma española NTP 330 del INSHT en el año 2010; todavía se viene haciendo énfasis en los últimos años como bien lo describe Fontes (2002) en su informe sobre la “seguridad y salud en el trabajo en América Latina y el Caribe”, y en donde expresa que las condiciones de salud y seguridad en el trabajo no mejorarán en ausencia de normas y estructuras de regulación. En otras palabras, afirma que las

normas deben ser “obligatorias, universales y que se puedan hacer cumplir”, y esto último significa que se cuenten con instrumentos y guías adecuadas para su regulación y valoración conforme a la realidad vivencial en la labor de los individuos.

Durante la historia, los seres humanos se han expuesto a riesgos ocupacionales los cuales han atentado contra su salud, integridad física y mental, no existe una etapa histórica en la que no se haya presentado una amenaza al diario vivir de las personas, quienes se han visto desde sus inicios expuestos a riesgos y enfermedades laborales (Marín, et al, 2020), el índice de accidentalidad ha aumentado considerablemente en las empresas, por esta razón y por la necesidad de conservar la salud integral de los trabajadores en Colombia la seguridad y salud en el trabajo ha cobrado gran importancia en los últimos años.

Así bien, un trabajo a conciencia en la identificación de peligros y valoración de riesgos en la vida laboral puede cobrar relevancia porque:

Identifica la necesidad de capacitación y entrenamiento.

Permite planificar el cumplimiento de los requerimientos legales, normativos y propios de la organización.

Contribuye para la gestión de inspecciones.

Permite realizar planificación de trabajos, para asignar recursos y actividades.

Identificación de la necesidad de implementación y compra de herramientas tecnológicas.

Contribuye para la realización de procedimientos que incluyan los controles ligados a los riesgos.

Además, las organizaciones que la consulten el presente análisis evidenciarán oportunidades de mejora por medio de los indicadores, así como se permitirá identificar las acciones correctivas o preventivas.

Delimitación

La investigación se realizará en el periodo comprendido entre febrero de 2021 y abril de 2021 y buscará realizar análisis comparativos a diversas metodologías de identificación de peligros y valoraciones del riesgo desarrolladas a nivel nacional o internacional.

El presente trabajo no hace referencia a todas las metodologías existentes, y la omisión de técnicas no significa que dicha técnica no sea válida, además, de que el hecho de que algunos métodos sean aplicables a circunstancias particulares no significa que este se debería aplicar necesariamente.

Limitaciones

El vocabulario o la identificación de términos por diferencias idiomáticas.

Claridad en las explicaciones de metodologías precisadas.

El tiempo para realizar reuniones y trabajos en equipo por la restricción de los empleos de cada uno de los integrantes del equipo.

Identificación histórica de cada una de los métodos a emplear, se entendería la forma de su diseño, si se identificara la historia y por qué fue descrito de la forma establecida.

7. Marco de referencia

Estado del arte

Según se estudia, desde tiempos de la Grecia antigua, se encontraban resoluciones filosóficas no solamente para los porqués de la vida, sino preguntas del qué condicionaba esos azares y esos 50% de probabilidades que sucediera un sí, o esos 50% que sucediera un no; sin embargo ese estudio de método y análisis no surgió sino hasta el siglo XVII, es decir la edad moderna, por encontrar lo que podía ser un seudossistema de probabilidades, facultativos y experimentados como Girolamo Cardano, Gauss y Bernoulli encontraron la ruta para darle significado regidor.

Cómo establecer una inquieta certeza dentro de las labores diarias de tal forma que la productividad en las empresas pueda continuar sin que se vea estropeada por el ritmo precipitado de la globalización, la tecnificación y las ambiciones y desafíos de generar Ebitda

Pero como hacer conjunción en tantos intereses con la seriedad del conocimiento y la necesidad de datos certeros, enmarcados en un desarrollo de proyectos teniendo en cuenta todo tipo de riesgo que pueda sufrir desde el capital humano hasta los activos y patrimonio

Lo anterior demuestra que es imprescindible identificar un riesgo como un evento o restricción incierta de que suceda

A continuación, se identifica que es un riesgo:

“Es la incertidumbre de lo que puede suceder, la palabra riesgo proviene del latín risicum que significa el reto para un marinero navegar sobre una barrera de arrecifes” (Ayuub, 2003, pág. 175).

El diccionario de Oxford lo define como “... posibilidad de peligro, malas consecuencias, pérdidas, etc....”.

Posibilidad de un mal resultado. Debido a que la estimación de un riesgo normalmente se hace mediante la multiplicación de la probabilidad de que algo suceda por las posibles consecuencias, es necesario tomar en cuenta los componentes del riesgo, los cuales son: la probabilidad de que suceda, su negatividad y/o sus posibles beneficios.

Pero lo mejor es deducir las consideraciones de incertidumbre y riesgo, aunque parezcan similares tienen su definición la una apoyada en la otra. La incertidumbre no presta ningún umbral de consecuencia, mientras que el riesgo puede concluir que tanto puede llegar a afectar esa “incertidumbre”. ¿Qué cantidad de riesgos tenemos en cuenta o por el contrario la incertidumbre es el pan de cada día? Como lo hace saber Méndez (2014)

Según el PMI (2010)- la guía para gerencia de proyectos se fundamenta en la gestión del riesgo. Permite intervenir el proyecto sin dejar que maneje la organización (pág. 42) y la guía define 6 pasos para minimizar ese dominio de la posibilidad

1. Planificación: Se decide el Cómo.

2. Identificación: Se escriben planes y probabilidades en las diferentes actividades del proyecto.

3. Análisis cualitativo: Se evalúa la afectación priorizándolos en una calificación cualitativa según la marca en el proyecto.

4. Análisis cuantitativo: Se identifica la probabilidad de cada riesgo bajo un número, e igualmente una valoración por su secuela sobre las finalidades del proyecto. Tan certero como el uso de simulaciones, análisis decisional para tasar la probabilidad de ocurrencia

5. Acciones a tomar: Se gestionan decisiones y se determinan obligaciones para mejorar las oportunidades y reducir las advertencias. Existen responsables tanto de áreas como de trabajadores propiamente responsables

6. Seguimiento y control: “Se lleva a cabo la verificación de los riesgos identificados y a partir de esta actividad, se identifican y analizan posibles riesgos secundarios y otros nuevos surgidos con los cambios realizados” (Lledó y Rivarola, 2007, pág. 24)

Según Hessian (1991), para que un análisis de riesgos se pueda considerar sensato debe presentar las siguientes cualidades:

1. Debe ser creíble
2. Debe estar bien organizado
3. Debe hacerse minuciosamente

4. Debe ser relevante para alguna persona o grupos de personas
5. Debe ser económicamente y físicamente factible
6. Debe basarse en tecnología existente y fácilmente actualizable
7. Debe ser publicable. (Pág. 122)

Revisión de aplicación de análisis de riesgo a nivel nacional.

Un artículo publicado por la especialista en epidemiología Zoraida Contreras en el 2019, denominado: “Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico” tiene como objetivo comparar la evaluación del nivel del riesgo biológico de los métodos Biogaval y GTC 45 versión 2012.

Este análisis desarrollado en 24 laboratorios bajo una metodología descriptiva observacional de corte transversal dio como resultado una no correlación significativa entre los dos métodos. Por lo anterior se puede inferir que cada uno de los métodos puede ser usado en distintos ámbitos, además, la autora sugiere desarrollar un método para análisis de riesgo biológico específico para Colombia (Contreras Velásquez, 2019).

Un trabajo desarrollado por especialista de la Universidad Libre de la ciudad de Cúcuta en el 2018, denominado: “Análisis Comparativo de Metodologías para la Identificación y Valoración de Riesgos Laborales en América Latina” recopila y analiza diferentes metodologías de identificación y valoración de riesgos desarrolladas por latinos, caracterizándolas por aplicación, tipos de riesgo, tipos de evaluación, entre otros. Además, sugiere una metodología unificada. Después de un

análisis de varias metodologías encontradas los autores deducen que la valoración de riesgo es un proceso que exige tiempo e inversión de varios sectores para el desarrollo de nuevos conocimientos. (Niño, Reyes, & Sandoval, 2018).

Estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas publicaron en el 2019 su estudio denominado: “Análisis Comparativo entre los Sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de los Países Miembros de la Comunidad Andina de Naciones – CAN” donde analizaron y compararon los avances en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo entre Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, encontrando que nuestro país posee un marco normativo sólido en comparación con los demás países, sin embargo, no se han encontrado avances en metodologías propias para la identificación de peligros y evaluación de riesgos. (Díaz & Martínez, 2019)

De acuerdo con el documento Desarrollo de un Sistema de Gestión del Riesgo Basado en la Norma NTC – ISO 31000 para BIMAGIC. SAS realizado por estudiantes de la facultad de ingeniería de la Universidad Libre de Colombia en donde se hace la identificación, valoración y priorización de riesgos ocasionados por la atracciones mecánicas, puestos de trabajo y el entorno en general, se obtiene el reconocimiento de varios factores presentes en la empresa, como la realización de inspecciones locativas, cumplimiento de la normativa vigente y la identificación del ambiente social y organizacional, para así implementar el sistema de mejora continua y cumplir con los requisitos de funcionamiento operativo. (Gallardo & Pedraza, 2017).

El documento denominado Estado del Arte Sobre la Influencia de los Factores de Riesgo Psicosocial (FRP) en el Sector Bancario en el Cargo de Cajero realizado por estudiantes de la Universidad Santo Tomás de la facultad de administración de empresas, exhibe los factores de riesgo a los cuales están expuestos los trabajadores que se encuentran en el sector bancario, específicamente en el cargo de cajeros, destacando los riesgos psicosociales a los que se enfrentan y que afectan de manera negativa la salud de los trabajadores y de acuerdo a esto proponer acciones que mitiguen el desarrollo de patologías y factores de riesgo en el ambiente social como el Síndrome de Burnout, acoso laboral y violencia. (Abello & Patiño, 2017)

En el año 2019, estudiantes de la Universidad Católica de Colombia publicaron un estudio denominado Propuesta del Modelo de Gestión de Riesgos para el Proceso de Limpieza, Desinfección y Esterilización, basado en la NTC 31000:2018 y la Guía de Administración del Riesgo Del DAFP-2018 en el Hospital San José en donde se identifican los procesos ya establecidos por el hospital para dichas actividades y se realiza una propuesta para ajustar el modelo de gestión del riesgo actual en orden de cumplir con los estándares internacionales a pesar de que este ya cuenta con un certificado de acreditación en salud.

Revisión de aplicación de análisis de riesgo a nivel internacional.

Un análisis comparativo de metodologías de evaluación de riesgo para empresas industriales elaborado en la Universidad Zaragoza en el 2015, analizo diferentes metodologías, publicaciones y artículos sobre evaluación de riesgo, para posteriormente seleccionar la más adecuada y aplicarla en una empresa real dedicada a la mecanización de piezas metálicas.

El estudio arroja de las metodologías analizadas las ventajas e inconvenientes de su aplicación, concluyendo que para evaluar los riesgos se debería empezar con una evaluación global, simple y sencilla de los mismos y si se desea ser más preciso se puede emplear una metodología específica para el peligro priorizado (Calvo Roy, 2015).

En el año 2019 la autora Salamanca Liseth desarrollo el trabajo de maestría denomina “Análisis Comparativo entre España y Colombia en Materia de Prevención De Riesgos Laborales”

Por último, la seguridad en el trabajo se encuentra asociado con la cultura de prevención, y ello sugiere que se ha desarrollado un verdadero compromiso por la salud y el bienestar de los trabajadores. La cultura de la prevención en materia de seguridad en el trabajo se materializa en los valores, las actitudes, los conocimientos, las prácticas y las estructuras que se emplean frente a los riesgos y las amenazas (Franco, 2014), en donde se hace imprescindible la participación de todos los actores involucrados y técnicas de evaluación suficientes que permitan la identificación y valoración de riesgos y amenazas para la generación del diálogo, la reflexión y los planes pertinentes.

8. Marco teórico

La evaluación de riesgos no es una técnica inventada únicamente por el requerimiento normativo de seguridad en el trabajo, ya que estos métodos vienen usándose hace varias décadas tanto por la obligación jurídica, como por motivos técnicos para ayudar a los profesionales en la materia. Es por eso que los métodos de evaluación de riesgos han estado unidos a los estudios de sistemas, subsistemas y

sus componentes, además del estudio del comportamiento humano con el objetivo principal de anticiparse a aquellos sucesos no deseados mediante la aplicación de medidas oportunas (Rubio, 2004).

Para realizar la identificación de peligros y valoración de riesgos es necesario llevar a cabo un estudio sistemático donde se emplean métodos analíticos de los procesos o fuentes de los riesgos. Dichos estudios se conocen también como análisis de riesgos y se puede llevar a cabo en forma cualitativa o cuantitativa. (Montoya, 2008)

En forma general un análisis de riesgos es “un proceso técnico y científico por el cual los riesgos de una situación dada en un sistema son modelados y cuantificados” (Ayuud, 2003, pág.12). Estos análisis permiten que las organizaciones determinen tres puntos clave de sus sistemas de gestión: peligros, probabilidad de ocurrencia y consecuencia del mismo, con los cuales pueden enfocar su plan de trabajo y alinearlos con el control de los peligros prioritarios.

Para el uso de análisis de riesgos es primordial conocer el sistema que se va a analizar, es decir tener la descripción detallada del sistema para poder identificar los peligros que este presenta, una vez se cuente con ella, se determinan los diferentes escenarios por los que un evento o accidente puede ocurrir y se considera la probabilidad de que esto suceda y sus consecuencias. Con dicha información de las consecuencias se determina el nivel de riesgo y se decide si este es aceptable o no. Cuando el riesgo no es aceptable se deben determinar los controles y volver a

realizar la identificación de peligros con el objetivo de que el riesgo sea menor y empezar la construcción y operación del sistema. (Montoya, 2008)

A continuación, se realizará una breve descripción de los antecedentes de la evaluación de riesgos y algunas generalidades de los mismos. Y además, se realiza la descripción de la metodología GTC – 45 la cual es normalmente la más aplicada en Colombia para identificación y evaluación de riesgos.

Antecedentes de la evaluación de riesgos.

Según Rubio (2004): El concepto de la evaluación de riesgos para la prevención de accidentes era manejado desde 1960 cuando aparece el primer método denominado “calculo y aparición del riesgo de incendio en 10 puntos”, además, resalta que las industrias pioneras en la realización de evaluaciones de riesgos son las aeroespacial y nuclear; debido al gran potencial de daños asociados a sus actividades, seguidos por la industria química. (pág. 27)

Este último inicio el análisis de riesgos mediante árboles de fallos en el año 1962, método desarrollado por la *Boeing Aircraft Corporation*, algunas variaciones como los métodos de estudio de riesgo y operatividad, Hazop, y los estudios cuantitativos de riesgo como el Hazan, fueron aplicados por la *Imperial Chemical Industries* y el resto de grandes empresas de la industria química (Rubio, 2004)

También se resalta la labor de las compañías de seguros, quienes han venido aplicando técnicas de evaluación de riesgos en sus metodologías de gerencia de riesgos, para la eliminación, reducción, retención y transferencia de los mismos. Y que tradicionalmente para valorar un puesto de trabajo se han empleado técnicas de

evaluación de riesgos, que de una manera objetiva e impersonal señalan las dificultades presentadas para desarrollar las labores, suponiendo que el trabajo lo va a desarrollar un operario normal y sin tener en cuenta factores externos al trabajo.

Para Rubio (2004):

la mayoría de autores clasifican los factores empleados para valorar los riesgos en puestos de trabajo en cuatro grupos; capacidad, responsabilidad, esfuerzo y condiciones de trabajo y existen diferencias fundamentales en las técnicas utilizadas en prevención de riesgos laborales, la primera es que se los resultados son obtenidos por puestos no por los riesgos, y la segunda es que el riesgo es intrínseco de cada puesto sin importar que se cumplan o no con las medidas, lo que quiere decir que el análisis de riesgos se realizan sobre la base de valorar el peligro al que está expuesto el titular de la labor. (pág. 29)

Generalidades de la evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos general se conoce como evaluación de puestos de trabajo y la específica como evaluación de riesgos, la primera adopta un enfoque amplio y se centra en la introducción de mejoras en la situación de trabajo abarcando todos los aspectos del mismo; como el medio físico, medio químico, ergonomía, seguridad, tensión mental y factores relativos a la organización, y no siempre finaliza con una cuantificación de lo evaluado, mientras que la segunda, se diferencia de la primera básicamente en que se ocupa en la valoración y cuantificación de los riesgos con el objetivo de decidir y priorizar, además de que suele centrarse en un supuesto (Rubio, 2004)

Es importante mencionar que una no depende de la otra, pero su combinación si puede generar un aporte significativo a la gestión, en el entendido de que se puede trabajar en dos fases:

1. Una evaluación global que establezca una distinción entre riesgos conocidos, cuyas medidas de control puedan determinarse de inmediato y riesgos que requieren un estudio más minucioso.
2. Una evaluación de los riesgos que exigen un estudio más minucioso. Esta fase puede (INSST, 1996) conducir a fases posteriores en el caso de que sea necesario aplicar medios más complejos de evaluación de riesgos que así lo ameriten.

Según El INSST (1996):

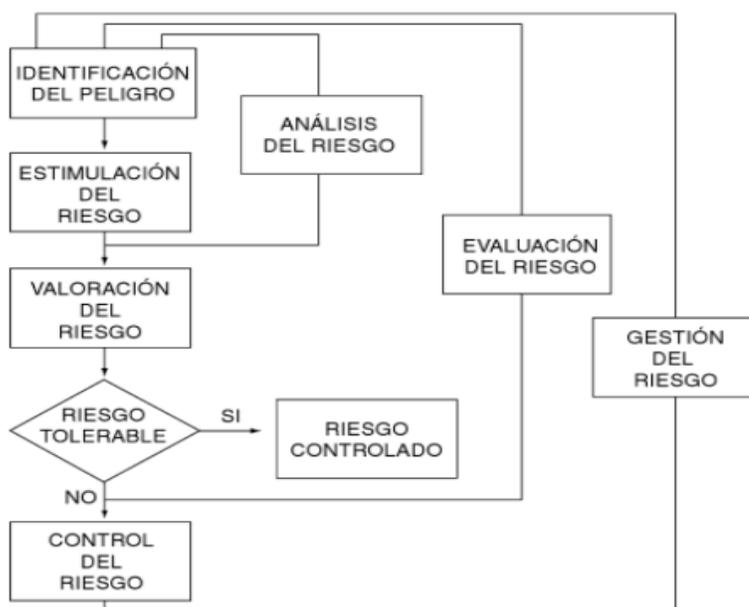
Con el objetivo de presentar de forma concisa los principios fundamentales de la evaluación de riesgos para realizarla una metodología sencilla pero suficiente para su aplicabilidad a la mayoría de puestos de trabajo, clasifiqué en cuatro grupos los tipos de evaluación:

1. Evaluación de riesgos impuestos por legislación específica.
2. Evaluación de riesgos para los que no existe legislación específica, pero están establecidas en normas internacionales, europeas, nacionales o en guías de Organismos Oficiales u otras entidades de reconocido prestigio.
3. Evaluación de riesgos que precisa métodos especializados de análisis.

4. Evaluación general de riesgos. (pág. 114)

Para que el proceso de evaluación de riesgos haga parte de un proceso más amplio denominado Gestión de Riesgos, es importante que el mismo pueda responder la pregunta de ¿es segura la situación de trabajo? con el objetivo de aplicar medidas de control a fin de transformar esa pregunta en un afirmativo. Lo anterior se ilustra en la siguiente imagen.

Ilustración 1 Gestión de riesgos



Fuente: (INSST, 1996)

En la normatividad colombiana mediante el Decreto 1072 de 2015 para la evaluación de riesgos se establece que:

“(…) Artículo 2.2.4.6.15. Identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos.

El empleador o contratante debe aplicar una metodología que sea sistemática. Que tenga alcance sobre todos los procesos y actividades rutinarias y no rutinarias internas o externas, máquinas y equipos. Todos los centros de trabajo y todos los trabajadores independientemente de su forma de contratación y vinculación. Que le permita identificar los peligros y evaluar los riesgos en seguridad y salud en el trabajo. Con el fin que pueda priorizarlos y establecer los controles necesarios. Realizando mediciones ambientales cuando se requiera. (...)"

Entonces se podría concluir que el estado colombiano exige la evaluación de riesgos sólo por personal idóneo y capacitado para tal, partiendo de una planeación y más que una orden o mandato es la ejecución por el cuidado de la vida integral

Ahora bien, el trabajo se verá adoptado si se elimina o reduce un riesgo por medio de formas de prevención en el origen, administrativas (organizativas, formación e información de los trabajadores), protección en masa, equipos de protección personal.

Se debe observar continuamente, métodos, organización y la salud de los trabajadores según el INSST (1996)

GTC 45 versión 2012 - Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

La GTC 45 versión 2012, es la guía para la identificación de peligros y la valoración de riesgos específicamente en el campo de la seguridad y salud de los trabajadores; se hace a partir del panorama de componentes de riesgo, donde se debe hacer un reconocimiento a los que están expuestos los trabajadores en una

empresa, determinando los efectos que pueden ocasionar a la salud de los trabajadores y la estructura organizacional y productiva de la empresa.

La norma GTC 45 Versión 2012 establece tablas que permiten identificar cada uno de los criterios de la matriz principal, como lo son:

Descripción de niveles de daño: Describe los posibles efectos que sobre la salud de los trabajadores.

Determinación del nivel de deficiencia: Describe la posibilidad de que ocurran acontecimientos determinados y la dimensión de sus efectos las cuales está entre muy alto, alto, medio y bajo.

Determinación del nivel de exposición: La tabla proporciona los niveles de exposición según la norma los cuales se describen en continua, frecuente ocasional y esporádica.

Determinación del nivel de probabilidad: Establece, de acuerdo al nivel de exposición y deficiencia los niveles de probabilidad, así mismo la norma especifica el significado de los diferentes niveles de probabilidad.

Ilustración 2 Nivel de Probabilidad

| Niveles de probabilidad | | Nivel de exposición (NE) | | | |
|---------------------------|----|--------------------------|---------|--------|--------|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Nivel de deficiencia (ND) | 10 | MA - 40 | MA - 30 | A - 20 | A - 10 |
| | 6 | MA - 24 | A - 18 | A - 12 | M - 6 |
| | 2 | M - 8 | M - 6 | B - 4 | B - 2 |

Fuente: Tomado de la norma GTC 45 VERSIÓN 2012

Determinación del nivel de consecuencias: Describe el nivel de consecuencia del riesgo sobre el trabajador de acuerdo a lo especificado en la tabla de “Niveles de probabilidad”

Ilustración 3 Significado de los diferentes niveles de probabilidad

| Nivel de probabilidad | Valor de NP | Significado |
|-----------------------|---------------|---|
| Muy Alto (MA) | Entre 40 y 24 | Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia. |
| Alto (A) | Entre 20 y 10 | Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral. |
| Medio (M) | Entre 8 y 6 | Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez. |
| Bajo (B) | Entre 4 y 2 | Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible. |

Fuente: Tomado de la norma GTC 45 VERSIÓN 2012

Determinación del nivel de riesgo: De acuerdo a los niveles de probabilidad y consecuencia se determina el nivel del riesgo y así mismo proporciona el significado del nivel de riesgo identificado.

Ilustración 4 Determinación del nivel de riesgo

| Nivel de riesgo NR = NP x NC | | Nivel de probabilidad (NP) | | | |
|---------------------------------|-----|----------------------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | | 40-24 | 20-10 | 8-6 | 4-2 |
| Nivel de consecuencias (NC) | 100 | I 4 000-2 400 | I 2 000-1 200 | I 800-600 | II 400-200 |
| | 60 | I 2 400-1 440 | I 1 200-600 | II 480-360 | II 200 III 120 |
| | 25 | I 1 000-600 | II 500-250 | II 200-150 | III 100-50 |
| | 10 | II 400-240 | II 200 III 100 | III 80-60 | III 40 IV 20 |

Fuente: Tomado de la norma GTC 45 VERSIÓN 2012

Ilustración 5 Significado del nivel de riesgo

| Nivel de riesgo | Valor de NR | Significado |
|-----------------|-------------|---|
| I | 4 000 - 600 | Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente. |
| II | 500 - 150 | Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual de 360. |
| III | 120 - 40 | Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad. |
| IV | 20 | Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable. |

Fuente: Tomado de la norma GTC 45 VERSIÓN 2012

Aceptabilidad del riesgo: De acuerdo al nivel del riesgo evidenciado, la empresa debe decidir sobre el nivel de aceptabilidad que le da a cada riesgo, así mismo para priorizarlo, los niveles corresponden a cuatro y están entre aceptable, no Aceptable o aceptable con control específicos

9. Marco legal

La seguridad y salud en el trabajo ha encontrado un desenvolvimiento jurídico en las normas que rigen a todos los sectores económicos y del control de los riesgos que se puedan presentar, por tanto, con el fin de cumplir con los objetivos del presente análisis, se realiza la consulta de la normatividad colombiana.

Ley 9a. de 1979 en el título III de salud ocupacional se dictan Disposiciones Generales respecto a la salud de los trabajadores como condición indispensable para el desarrollo socio-económico del país; su preservación y conservación son actividades de interés social y sanitario en las que participan el Gobierno y los particulares.

Ley 1562 de 2012 interviene el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en salud ocupacional.

Decreto 1295 de 1994, Aparece el sistema de riesgos profesionales y se crean las prestaciones de salud y económicas por el ATEP, que define los accidentes y enfermedades profesionales. Las empresas pertenecientes a las clases IV y V de la tabla de clasificación de actividades económicas, de que trata el artículo 28 del decreto ley 1295 de 1994, serán consideradas como empresas de alto riesgo.

Decreto 1831 de 1994. Por el cual se clasifican las empresas de acuerdo a sus actividades económicas.

Decreto 1607 de 2002. La tabla de clasificación de las actividades económicas de cada empresa se modifica.

Decreto 205 de 2003. Se crea el ministerio de protección social.

Decreto 1477 de 2014. Se modifica la tabla de enfermedades laborales. Prevención donde existan factores de riesgo y tipos de enfermedades según exposición

Decreto 1072 de 2015. Se expide el decreto único reglamentario del sector de trabajo

Artículo 2.2.4.6.15. Identificación de Peligros, Evaluación y Valoración de los Riesgos.

El empleador o contratante debe aplicar una metodología que sea sistemática, que tenga alcance sobre todos los procesos y actividades rutinarias y no. Rutinarias internas o externas, máquinas y equipos, todos los centros de trabajo y todos los trabajadores independientemente de su forma de contratación y vinculación, que le

permita identificar los peligros y evaluar los riesgos en seguridad y salud en el trabajo, con el fin que pueda priorizarlos y establecer los controles necesarios, realizando mediciones ambientales cuando se requiera.

A partir de la vigencia del presente decreto, los marcos de factores de riesgo se percibirán como identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos.

Parágrafo 1. La identificación de peligros y evaluación de los riesgos debe ser desarrollada por el empleador o contratante con la participación y compromiso de todos los niveles de la empresa. Debe ser documentada y actualizada como mínimo de manera anual.

También se debe actualizar cada vez que ocurra un accidente de trabajo mortal o un evento catastrófico en la empresa o cuando se presenten cambios en los procesos, en las instalaciones en la maquinaria o en los equipos.

Parágrafo 2. De acuerdo con la naturaleza de los peligros, la priorización realizada y la actividad económica de la empresa, el empleador o contratante utilizará metodologías adicionales para complementar la evaluación de los riesgos en seguridad y salud en el trabajo ante peligros de origen físicos, ergonómicos o biomecánicos, biológicos, químicos, de seguridad. Público, psicosociales, entre otros.

Cuando en el proceso productivo, se involucren agentes potencialmente cancerígenos, deberán ser considerados como prioritarios, independientes de su dosis y nivel de exposición.

Parágrafo 3. El empleador debe informar al Comité Paritario o Vigía de Seguridad y Salud en el Trabajo sobre los resultados de las evaluaciones de los ambientes de trabajo para que emita las recomendaciones a que haya lugar.

Parágrafo 4. Se debe identificar y relacionar en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo los trabajadores que se dediquen en forma permanente a las actividades de alto riesgo a las que hace referencia el Decreto 2090 de 2003

Artículo 2.2.4.6.8. Obligaciones de los Empleadores. El empleador está obligado a la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, acorde con lo establecido en la normatividad vigente. Dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) en la empresa, el empleador tendrá entre otras, las siguientes obligaciones:

Asignación y Comunicación de Responsabilidades: Debe asignar, documentar y comunicar las responsabilidades específicas en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) a todos los niveles de la organización, incluida la alta dirección.

Definición de Recursos: Debe definir y asignar los recursos financieros, técnicos y el personal necesario para el diseño, implementación, revisión evaluación y mejora de las medidas de prevención y control, para la gestión eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo y también, para que los responsables de la seguridad y salud en el trabajo en la empresa, el Comité Paritario o Vigía de Seguridad y Salud en el Trabajo según corresponda, puedan cumplir de manera satisfactoria con sus funciones.

Gestión de los Peligros y Riesgos: Debe adoptar disposiciones efectivas para desarrollar las medidas de identificación de peligros, evaluación y valoración de los riesgos y establecimiento de controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores y/o contratistas, en los equipos e instalaciones.

Plan de Trabajo Anual en SST: Debe diseñar y desarrollar un plan de trabajo anual para alcanzar cada uno de los objetivos propuestos en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), el cual debe identificar claramente metas, responsabilidades, recursos y cronograma de actividades, en concordancia con los estándares mínimos del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad del Sistema General de Riesgos Laborales.

Prevención y Promoción de Riesgos Laborales: El empleador debe implementar y desarrollar actividades de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, así como de promoción de la salud en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), de conformidad con la normatividad vigente.

Participación de los Trabajadores: Debe asegurar la adopción de medidas eficaces que garanticen la participación de todos los trabajadores y sus representantes ante el Comité Paritario o Vigía de Seguridad y Salud en el Trabajo, en la ejecución de la política y también que estos últimos funcionen y cuenten con el tiempo y demás recursos necesarios, acorde con la normatividad vigente que les es aplicable.

Resolución 2013 de 1986, la cual reglamenta los comités paritarios de la salud ocupacional. Todas las empresas e instituciones públicas o privadas, que tengan a su servicio diez (10) o más trabajadores, están obligadas a conformar un Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Resolución 1016 de 1989. Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país. Artículo 10: Los subprogramas de Medicina Preventiva y del Trabajo, tienen como finalidad principal la promoción, prevención y control de la salud del trabajador, protegiéndolo de los factores de riesgo ocupacionales, ubicándolo en un sitio de trabajo acorde con sus condiciones psicofisiológicas y manteniéndolo en aptitud de producción de trabajo.

Las principales actividades de los subprogramas de Medicina Preventiva y del Trabajo son:

...2. Desarrollar actividades de vigilancia epidemiológica, conjuntamente con el subprograma de Higiene y seguridad Industrial, que incluirán, como mínimo:

- a) Accidentes de trabajo.
- b) Enfermedades profesionales
- c) Panorama de riesgos

El Programa de Salud Ocupacional consiste en la planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades de Medicina Preventiva, Medicina del Trabajo, Higiene industrial y seguridad industrial, tendientes a preservar, mantener

y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus ocupaciones y que deben ser desarrolladas en sus sitios de trabajo en forma integral e interdisciplinaria.

Resolución 004059 de 1995. Reporte de enfermedades laborales y accidentes de trabajo.

Resolución 1409 de 2012. Se reglamenta la seguridad y protección en los trabajos de altura para evitar accidentes. En el artículo 3 define que el empleador debe garantizar la capacitación en alturas, el empleador debe asumir los gastos y costos de dicha capacitación, debe garantizar el programa de capacitación y reentrenamiento, abolió tipo de exámenes en alturas.

Resolución 3368 de 2014. Por el cual se realiza modificación al reglamento para protección contra caídas de trabajo en alturas.

Resolución 4927 de 2016. Por la cual se establecen los parámetros y requisitos para desarrollar, certificar y registrar la capacitación virtual en el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Resolución 2404 de 2019. Establece cómo se aplica la batería como el único instrumento válido para medir el riesgo psicosocial.

Resolución 0312 de 2019. Por el cual se establecen los estándares mínimos del sistema de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

Resolución 667 de 2019, Por la cual se adopta el Plan de Trabajo Anual del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo vigencia 2019, de acuerdo

con lo establecido en el Decreto 1072 de 2015 y se deroga la Resolución 1271 de 2018

10. Marco metodológico

Paradigma

El presente trabajo de investigación se establece que el tipo de paradigma es el cualitativo, debido a que se realiza análisis de los modelos únicos de evaluación y valoración de riesgos en el trabajo. Las diferentes actividades humanas catalogadas como trabajo, las tecnologías, los ambientes, los espacios, las personas, conllevan a análisis cualitativo de los elementos a valorar.

Tipo de Investigación

Con el fin de alcanzar los objetivos establecidos en el presente trabajo, se realiza el estudio por medio de la metodología de investigación explicativa, ya que, se analiza la bibliografía correspondiente a análisis de metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos laborales.

Método de Investigación

Método sistémico. La finalidad es realizar un modelo de objeto comparativo mediante la determinación de los componentes similares por método de evaluación de riesgos, cambiando una a una de las metodologías y las variables a disponer, así como las relaciones entre ellos. Esas relaciones determinan por un lado la estructura del objeto y por otro su dinámica.

Método inductivo: según, Baena, (2009) extrae una determinada conclusión o comportamiento general luego de las investigaciones de casos particulares o individuales ya que todo efecto se deriva de una causa (pág. 48).

11. Fases de la investigación

Las fases de investigación se realizan de acuerdo a los objetivos específicos del presente análisis, por tanto, a continuación, se realiza una breve descripción de las fases de la investigación.

Fase I

Identificar las distintas metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos laborales

Para el desarrollo de la primera fase se realiza la recolección de información correspondiente a las metodologías de los peligros y riesgos con el fin de describir su funcionalidad y aplicación.

Fase II

Elaborar una clasificación de atributos específicos correspondiente a cada una de las metodologías definidas.

Para el desarrollo de la segunda fase y con información analizada correspondiente a la primera fase se realizará una matriz de evaluación de atributos específicos para cada una de las metodologías definidas con el objetivo de agrupar aquellas que poseen características similares y resaltar las diferencias de cada una de ellas.

Fase III

Realizar la clasificación de las metodologías definidas teniendo en cuenta su aplicabilidad en el sector laboral.

Para el desarrollo de la tercera fase y por medio de la información analizada en la fase uno y dos se realizará una clasificación de las metodologías definidas teniendo

en cuenta su aplicabilidad para sectores laborales específicos, peligros y tamaño de las organizaciones.

Fase IV

Comparar las metodologías definidas con la Guía Técnica Colombiana GTC – 45 Versión 2012 la cual es una de las más empleadas en Colombia para la identificación de peligros y evaluación de riesgos

Para el desarrollo de la última fase y teniendo en cuenta las fases anteriores, se realiza un análisis comparativo de cada una de las metodologías con respecto a la metodología GTC - 45 Versión 2012, la cual es la más aplicada para la identificación y valoración de riesgos laborales en Colombia.

12. Fuentes de Información

Fuentes Primarias

La recolección de información primarias es el pilar fundamental para llevar a cabo el análisis, por tanto, se tiene en cuenta las técnicas y/o metodologías que se utilizan para identificación, evaluación y tratamiento de riesgos.

Fuentes Secundarias

Como fuentes secundarias se tiene en cuenta artículos, trabajos de investigación como tesis donde se realizan análisis que se utilizan para identificación, evaluación y tratamiento de riesgos.

13. Materiales

El presente análisis está más enfocado en la información recolectada por diferentes medios, tanto físicos (libros, revistas, monografías, documentos,

artículos) como todos los datos que podamos recolectar por medios virtuales o magnéticos.

14. Técnicas y Procedimientos

Tabla 1

Examinar metodologías

| Objetivo Específico | Metodología | Instrumento | Actividades | Resultados |
|---|---|--|---------------------------------------|--|
| Examinar y detallar algunas metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos utilizadas a nivel nacional e internacional. | Propuestas metodológicas de entes reconocidos como NIOSH, INSHT, y otras fuentes de consulta reconocidas. | Herramienta tecnológica (Computador y Celular) | Descripción de metodologías definidas | Definición y descripción de metodologías de identificación y evaluación de riesgos |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2

Comparación de metodologías

| Objetivo Específico | Metodología | Instrumento | Actividades | Resultados |
|---|--|--|--|--------------------------------------|
| Realizar una matriz donde se evalué atributos específicos de cada una de las metodologías | Revisión bibliográfica de trabajos escritos donde se realice la aplicación de metodologías definidas | Herramienta tecnológica (Computador y Celular) | Descripción de ventajas y desventajas en la aplicación de las metodologías definidas | Tabla de identificación de atributos |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3

| Objetivo Específico | Metodología | Instrumento | Actividades | Resultados |
|---|--|--|---|---|
| Caracterizar los métodos ya descritos, según tipo de industria, número de trabajadores y peligros | Revisión bibliográfica de trabajos escritos donde se realice la aplicación de metodologías definidas | Herramienta tecnológica (Computador y Celular) | Clasificación de metodologías en cuanto a parámetros definidos en la matriz | Matriz de clasificación de metodologías definidas por tipo de industria, no. de trabajadores y peligros |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Identificar los beneficios de metodologías comparados con GTC 45 versión 2012

| Objetivo específico | Metodología | Instrumento | Actividades | Resultados |
|---|--|--|--|---|
| Realizar un análisis identificando los beneficios de las metodologías analizadas frente a la más utilizada en Colombia correspondiente a la GTC 45 versión 2012 | Check list de beneficios y utilidades por tipo de método, que no se encuentran en la GTC 45 versión 2012 | Herramienta tecnológica (Computador y Celular) | Confrontar una a una las metodologías definidas con la GTC 45 versión 2012 | Tabla de comparación de metodologías definidas con la GTC 45 versión 2012 |

Fuente: Elaboración propia

15. Cronograma

Con el fin de identificar el tiempo que se implementó para la realización del análisis en la siguiente tabla se evidencia el cronograma en el cual se describen las tareas - actividades principales

Tabla 5

Plan de ejecución

| PLAN DE EJECUCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|------|---|---|---|---|---|
| Tareas | Febrero | | | | Marzo | | | | Abril | | | | Mayo | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| Fase Heurística | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación: Identificación de los núcleos temáticos | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Exploración: Examinar bases de datos a partir de conceptos y palabras específicas | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Selección y sistematización de los resultados obtenidos de la información seleccionada, resumen y conclusiones | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | |
| Fase Hermenéutica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción teórica: Se procedió a construir el marco de referencia presentado como revisión de la literatura y se emplearon los aportes encontrados a lugar de la presente investigación | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | |
| Categorizar: Toda la información encontrada se caracterizará en diferentes grupos que se identifiquen y se agrupen por tipología | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | |
| Formulación de los núcleos temáticos | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | |
| Publicación: Proceder a documentar y presentación con los lineamientos para la propuesta de grado | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x |

Fuente: Propia

16. Resultado

A continuación, se describen las metodologías para la identificación, evaluación y tratamiento de riesgos seleccionadas para el desarrollo del presente trabajo, se detallan sus características que resultan atractivas y limitantes y se clasifican de acuerdo sus atributos de selección.

Examinar y detallar algunas metodologías de identificación de peligros y valoración de riesgos utilizadas a nivel nacional e internacional.

Basados en la norma ISO 31010 de 2013, que proporciona directrices para la selección y aplicación de técnicas sistemáticas para la evaluación del riesgo y presenta las valoraciones de algunas de metodologías, a continuación de inicia con la descripción de las metodologías seleccionadas en el presente trabajo:

La Estrategia SOBANE

La técnica surgió de la práctica adquirida en varios años, se fundamenta en un aprovechamiento empírico que tienen los trabajadores sobre fuentes de satisfacción, factores de descontento, factores de higiene y motivación, logrando ser una importante herramienta de ayuda sistémica en la esfera de la seguridad y salud ocupacional tanto para los directivos para el área productiva, que considera además los aspectos psicosociales de la labor. Creada por el ingeniero Jacques Malchaire, Ph.D. en Salud. Combina trabajadores, directivos ejecutantes y no asistidos en la prevención, los problemas de salud, seguridad, bienestar con un punto de vista participativo, Gira en torno a la complementariedad de las competencias disponibles

La primera parte de la filosofía Sobane, se guía por un diagnóstico recíproco de riesgos ocupacionales, en francés “Depistage Participatif des Risques” (DEPARIS), y permite afrontar los causantes de accidentes y enfermedades laborales de las empresas, en un ambiente completo de la situación del trabajo. Esta guía permite revisar un conjunto de riesgos y procesos peligrosos vinculados con las áreas y organización del trabajo, los factores ambientales y psicosociales con el fin de mejorar holísticamente las condiciones de vida en el trabajo.

Ilustración 7 Evaluación de riesgos

| DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA EMPRESA | | | | DATOS DE EVALUACIÓN | |
|-------------------------------------|------|-----------|----------|---------------------|------|
| RAZÓN SOCIAL | CNAE | ACTIVIDAD | CCC | FECHA | TIPO |
| DIRECCIÓN | CP | LOCALIDAD | TELEFONO | REALIZADA | |

| PUESTO DE TRABAJO | | | | TRABAJADORES EXPUESTOS | | |
|---------------------------|----|----|----|------------------------|-----------|--------------|
| IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO | SE | MA | ME | PROBABILIDAD | SEVERIDAD | VALOR RIESGO |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| MEIDAS CORRECTORAS / CONTROLES PERIÓDICOS | SE | MA | ME | PRIORIDAD | VALORACIÓN ECONÓMICA | PLAZO |
|---|----|----|----|-----------|----------------------|-------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| OBSERVACIONES | FIRMA Y SELLO | FECHA |
|---------------|---------------|-------|
| | | |

136

Fuente: Tomado de Método RMPP

para esto es necesario aplicar la siguiente matriz de análisis de riesgos:

Tabla 6

Probabilidad de Ocurrencia

| Probabilidad de Ocurrencia | |
|----------------------------|---|
| a. | 1. Continuo (8 o más horas diarias) |
| Posible | 2. Con frecuencia diaria (Menos de 8 horas diarias) |
| Exposición | 3. Ocasional (una vez por semana) |
| | 4. Poco usual (una vez por mes) |
| | 5. Raro (pocas veces al año) |
| | 6. Muy raro (anual o mayor) |
| a. | 1. Continuo (8 o más horas diarias) |
| Posible | 2. Con frecuencia diaria (Menos de 8 horas diarias) |
| Exposición | 3. Ocasional (una vez por semana) |

b. Posible
Ocurrencia

4. Poco usual (una vez por mes)
5. Raro (pocas veces al año)
6. Muy raro (anual o mayor)
1. Muy posible (ocurrió /es posible)
(Un evento cada (0 día a 7 días))
2. Posible (puede ocurrir) (Un evento cada (de 1 a 4 semanas))
3. Raro (pero posible) (Un evento cada (más de un mes a 12 meses))
4. Muy raro. Un evento cada (más de 1 a 10 años)
5. Muy improbable. Un evento cada (más de 10 a 20 años)
6. Prácticamente imposible. Un evento cada (más de 20 años en adelante)

Fuente: Tomado de Método RMPP

Para hallar la PROBABILIDAD se combina el valor de las anteriores variables en la siguiente matriz:

Ilustración 8 Matriz de probabilidad

MATRIZ DE PROBABILIDAD

| | | ← Posible | | | | | |
|--------------|---|-----------|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ↑ Posible | 1 | A | A | B | C | C | D |
| | 2 | A | B | B | C | D | D |
| | 3 | B | B | C | D | D | D |
| | 4 | B | C | C | D | D | E |
| | 5 | C | C | D | D | E | E |
| | 6 | C | D | D | E | E | E |

Fuente: Tomado de Método RMPP

La letra resultante se entiende de la siguiente forma:

Probabilidad

- A. Común de ocurrencia Repetida.
- B. Es conocido que pueda ocurrir u ocurrió.
- C. Puede ocurrir.
- D. No es esperable que ocurra.
- E. Prácticamente imposible.

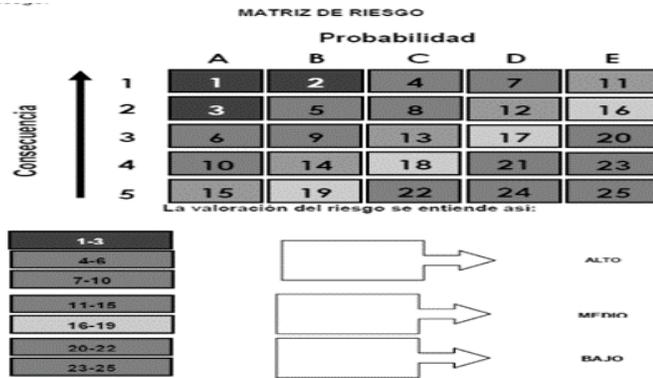
Valoración del riesgo: Para calcular el riesgo se relaciona el valor de la consecuencia (personas o equipos y/o activos) con el valor de la Probabilidad hallado en la matriz de riesgo. 7 personas de producción.

Ilustración 9 Consecuencias para personas

| VALOR | CONSECUENCIA (P) |
|-------|--|
| 1 | Fatal, numerosas víctimas |
| 2 | Una Muerte |
| 3 | Lesiones con incapacidades permanentes. |
| 4 | Lesiones con incapacidades no permanentes. |
| 5 | Lesiones leves sin días perdidos. |

Fuente: Tomado de Método RMPP

Ilustración 10 Matriz de riesgo



Fuente: Tomado de Método RMPP

Matriz IPER

Una matriz de este tipo es una herramienta de gestión que permite identificar peligros y evaluar los riesgos asociados a los procesos de cualquier organización.

Entendemos por peligro cualquier acto o situación que puede derivar en hechos negativos en el lugar de trabajo. A su vez, el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se materialice un peligro y de las consecuencias que puede implicar.

La matriz de riesgos es una herramienta esencial para la empresa, supone un elemento en el que se encuentran todos los peligros significativos de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, así como permite a las organizaciones identificar, evaluar y controlar de un modo permanente los riesgos de accidentes y enfermedades del trabajo.

Además, es la base del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS-18001, permite tomar decisiones por medio de la priorización de las situaciones más críticas.

Hemos dicho que la matriz de riesgos es de gran utilidad, pero, ¿qué usos tiene?

Sirve para la planificación de la capacitación y entrenamiento.

Sirve para planificar el cumplimiento de los requerimientos legales y/o normativos.

En la gestión de inspecciones.

En la planificación de trabajos, para asignar recursos y actividades.

Para confeccionar procedimientos que incluyan los controles ligados a los riesgos.

La matriz IPER es una descripción regulada de las actividades, riesgos y controles, que permite:

Identificar peligros.

Evaluación, control, monitoreo y comunicación de riesgos ligados a cualquier actividad o proceso.

Además de esto, las organizaciones que la apliquen verán un descenso en las pérdidas y un aumento en las oportunidades de mejora.

La matriz IPER cobra aún más importancia cuando los datos que se incorporan a ella cuentan con un grado aceptable de confiabilidad, para que esto sea así se requieren trabajos previos sobre:

La revisión de objetivos y metas de cada uno de los procesos.

Entrenamiento de los participantes.

Establecer un método de calificación de riesgos.

Culturización de riesgos.

Controles internos.

Arquitectura de procesos y análisis de criticidad de los mismos.

La asignación de responsabilidades en cada proceso.

La evaluación de los controles de mitigación de cada uno de los riesgos.

Existen distintos niveles de riesgo, encontramos:

Riesgo Intolerable: Situación fuera de control que representa riesgos para personas, equipos, instalaciones y el medio ambiente. El trabajo debe paralizarse, no puede continuar hasta que el riesgo se haya reducido. Si no se consigue tal reducción, el trabajo deberá ser prohibido.

Riesgo Importante. Situación que implica que el trabajo no puede reanudarse hasta que el riesgo se haya reducido. Si el riesgo corresponde a un trabajo que estamos realizando, deberá ser remediado en un tiempo inferior a los riesgos moderados.

Riesgo Moderado: Aquel riesgo que debe mantener determinados controles de forma permanente.

Riesgo Tolerable: No requiere mejoras de la acción preventiva, pero se debe buscar soluciones rentables y hacer comprobaciones periódicas para garantizar que las medidas de control no pierden eficacia.

Riesgo Trivial: Aquel riesgo aceptado por la organización que no necesita adoptar ningún tipo de acción.

Identificación de peligros: La identificación de peligros está asociada a las actividades que se realizan teniendo en cuenta los siguientes elementos: trabajadores, instalaciones, ambiente de trabajo, materiales. Estas actividades requieren que se consideren: actividades rutinarias y no, actividades de cualquier persona que accede al lugar de trabajo, comportamiento, factor humano

Evaluación y control de riesgos: La evaluación de riesgos se hará siempre bajo la consideración de cualquier obligación legal. Se establecerán los controles consolidados, tras el registro de los mismos en la matriz IPER y el establecimiento de criterios de probabilidad y severidad o consecuencias de la materialización de los peligros.

La probabilidad se evalúa en función del índice de número de personas expuestas, índice de procedimientos existentes, índice de capacitación e índice de exposición al riesgo. Quizás estas denominaciones varíen entre los diferentes países, en este caso debemos quedarnos con el fundamento de lo que significa calcular la probabilidad del riesgo.

En definitiva, el índice de probabilidad sería la suma de los índices citados anteriormente.

La consecuencia se determina mediante la consideración de la identidad del daño y los lugares del cuerpo afectadas, y puede ser ligeramente dañina, dañina o extremadamente dañina.

Finalmente, el valor del riesgo será el resultado del producto del índice de probabilidad y el índice de severidad (consecuencia). Según los valores obtenidos estaremos ante un tipo u otro de riesgo de los que hemos descrito más arriba.

Es la hora de determinar controles, para ello siempre se ha de considerar la reducción de riesgos según la priorización que mostramos a continuación:

Eliminar.

Sustituir.

Ingeniería.

Señalización y alertas.

Equipos de protección personal.

A continuación, se relaciona un ejemplo de la matriz IPER:

Tabla 7

Ejemplo matriz IPER

| Proceso | Actividad | Peligro | Severidad | Probabilidad | Nivel de riesgo | Controles propuestos |
|-----------------------|------------------|----------------|--------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|
| Acarreo de materiales | Transporte | Polvo | Ligeramente dañino | Baja | Riesgo Trivial | Riesgo diario |

Fuente: Propia

Metodología Qualitative risk assessment model (QRAM)

La metodología QRAM es similar a un árbol de eventos, el modelo que proporciona el marco para establecerse la relación entre el accidente y los modos principales factores de riesgo. QRAM está compuesto por cuatro dimensiones a saber: el clima de seguridad (SC), Factores de Severidad (S) Factores Posibilidad (AP) y barreras de seguridad (BS). Consiste estimar el riesgo de 9 modos de accidente: 1) Caídas, 2) Contacto con la electricidad, 3) Golpeado por vehículo en movimiento, 4) Lesión por caída o colapso de objeto o persona por gravedad, 5) derrumbes, 6) golpe por objeto o persona, 7) contacto con las partes móviles de la maquinaria, 8) ahogo y, 9) incendio y explosión. Estos 9 modos de accidente son responsables por alrededor del 98 % de los accidentes de trabajo que se producen en sitios de construcción. (Abel, 2013).

El modelo formal QRAM es (Abel, 2013):

$$R_i(x) = \theta_{and}(SC, C_i(x), AP_i(x), SB_i(x)) \quad (1)$$

Dónde: R es el nivel de riesgo laboral, i es el modo de accidente, x es la tarea de trabajo en análisis, SC es el clima de seguridad, S es la severidad estimada, AP es la posibilidad de ocurrencia de un accidente de trabajo, SB es la efectividad de barreras de seguridad y, θ_{and} es el operador Fuzzy-And.

El protocolo permite su aplicación en dos tipos de evaluaciones “evaluación de obra en su conjunto” y evaluación en un ciclo de actividades. Es aplicable a todo tipo de obras, aunque se considera que debe realizarse a un protocolo específico para cada tipo de obra. Puede ser utilizado por cualquier agente de la obra. Suministra la información necesaria para conocer qué situación de la obra está conforme o no conforme. Indica donde están las situaciones de peligro y los operarios asociados a dichos peligros, entre otros (Carpio de los Pinos, 2017).

Método de calificación

Clima de seguridad (Abel, 2013): es la toma de temperatura de la seguridad, este puede proporcionar indicios de comportamiento seguro de los trabajadores, originado al mismo tiempo de la política y las acciones procesales de la alta dirección y de las acciones de supervisión exhibidos por los supervisores de primera línea. La dimensioe clima de seguridad es:

$$S_C = \theta_{or} (S_{R_1}^3 \cdot C_{1_1}^6 \cdot B_{1_1}^4 \cdot M_{1_1}^8 \cdot L_{1_1}^9 \cdot CP_{1_1}^6 \cdot S_{E_1}^5 \cdot S_{P_1}^4 \cdot P_{1_1}^4 \cdot S_{M_1}^5)$$

Dónde: cada uno de los diez parámetros que componen se representan con índices de subíndices y superíndices para indicar el número de factores incluidos en cada uno de ellos (1, ..., n) y θ_{Or} es el operador “Fuzzy-Or”. Todos los factores que

componen el modelo deben ser considerados en evaluar a garantizar una evaluación coherente del clima de seguridad, independientemente del tamaño del sitio o el tipo de construcción.

Severidad: Los accidentes de trabajo pueden dar lugar a diversos grados de daño. La severidad es útil para entender los riesgos laborales y la mitigación de los mismos, pero es de muy difícil estimación, debido a la multiplicidad de las posibles consecuencias de un accidente.

$C_F, C_{Ce}, C_S, C_{Fo}, C_{Ci}, C_{So}, C, C_L$, son variables lingüísticas desarrolladas para estimar la gravedad de los accidentes de trabajo. Los predictores están relacionados con las características físicas que se pueden evaluar in situ, tales como: la cantidad de energía disipada/absorbida, alturas, velocidades, pesos, la morfología de los vehículos en movimiento, etc. y, utilizando los límites biomecánicos del cuerpo humano establece una relación entre los predictores y la gravedad de las posibles lesiones.

Posibilidad: AP es la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo. Para cada modo de accidente depende de un conjunto variable de factores (depende de la tarea) relacionados con las condiciones de trabajo (equipos, materiales, procedimientos, organización). Las expresiones matemáticas se representan en la siguiente Tabla:

Tabla 8

Expresiones matemáticas para estimar la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo

| | | |
|--|--|--|
| $AP_F = \theta_{or} F_f \quad f = 1 \dots n$ | $AP_{Ce} = \theta_{or} Ce_e \quad e = 1 \dots n$ | $AP_S = \theta_{or} S_s \quad s = 1 \dots n$ |
| $AP_{Fo} = \theta_{or} Fo_r \quad r = 1 \dots n$ | $AP_{Ci} = \theta_{or} Ci_i \quad i = 1 \dots n$ | $AP_{So} = \theta_{or} So_o \quad o = 1 \dots n$ |
| $AP_M = \theta_{or} M_m \quad m = 1 \dots n$ | $AP_L = \theta_{or} L_l \quad l = 1 \dots n$ | $AP_{FE} = \theta_{or} FE_z \quad z = 1 \dots n$ |

Fuente: (Pinto, 2013)

Cada modo de accidente tiene un conjunto específico de factores que determinan la mayor o menor posibilidad de que ocurren un accidente de trabajo. Los factores que deben ser calificados mediante la variable lingüística "adecuación" La lista de factores de posibilidad varía para cada modo de accidente y tarea.

Barreras de Seguridad

“Una definición interesante de eficacia de la barrera de seguridad (SB) es la capacidad (de una barrera de seguridad) para realizar una función de seguridad durante un período, en un modo no degradado y en condiciones pre-especificados” (Sklet, 2006, pág. 58). En este trabajo la definición de efectividad aplicada a una barrera tiene un alcance más amplio e incluye la adecuación, fiabilidad, robustez y especificidad para producir el resultado deseado. Por lo tanto, aquí la definición es: "efectividad" se evalúa la capacidad de un SB para lograr su propósito, cuando sea necesario, incluido la capacidad para soportar la variabilidad del medio ambiente, sin provocar otros riesgos.

En QRAM las SB fueron divididos en cuatro grupos, de acuerdo con Hollnagel (2007), a saber: 1) físico o material (S^{BP}), 2) funcional (S^{BF}), 3) simbólica (S^{BS}) y 4) incorpórea (S^{BI}).

Para la estimación se va a utilizar la variable lingüística "SB-efectividad" (véase 3.1). Para cada modo de accidente, la " SB efectividad" es estimado a través de:

$$SB = \theta_{Ham} (SBP, SBF, SBS, SBI)$$

Donde: θ_{Ham} es lo operador Hamacher-Or.

La metodología se desarrolla en catorce niveles:

1. Elección de una muestra representativa de trabajadores del contratista, del subcontratista y autónomos; y trabajadores de la cadena de mandos para la realización de entrevistas en sitio cerrado.
2. Clasificar los factores identificados del clima de seguridad usando las variables lingüísticas difusas adecuadas. Se realizan 53 preguntas relacionadas con los ambientes y entornos de los trabajadores. El término lingüístico para evaluar la posibilidad de accidente y los factores de influencia del clima de seguridad, y su cuantificación, son: o Fuertemente adecuado. Control de las Medidas de seguridad para todo evento. o Muy adecuado: Controladas las medidas de seguridad. o Adecuado: Las medidas de seguridad son suficientes. o Casi adecuado: Las medidas de seguridad deberían mejorar. Pueden ocurrir accidentes. o Poco adecuado: Las medidas de seguridad son insuficientes. Es probable que ocurra un accidente. o Inadecuado: Las medidas de seguridad no son apropiadas. Es probable que ocurran accidentes con frecuencia.
3. Evaluación final del clima de seguridad con el uso del parámetro difusor. Se usa la siguiente expresión:

$$O_{or}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1-\gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2}$$

$x \in X, \gamma \in [0, 1]$

4. Análisis del trabajo y listado de todas las tareas en el sitio.
5. Para cada tarea identificación del modo de accidente que puede ocurrir
6. Para cada modo de accidente, identificar los factores que afectan su posibilidad con el uso de cuestionarios que relacionan los factores y los escenarios de modo de accidentes.
7. Clasificación de la posibilidad de los factores identificados usando las variables lingüísticas difusas de adecuación.
8. Estimación de la posibilidad de que ocurra el modo de accidente utilizando el parámetro difuso-OR.
9. Estimación de la severidad esperada para cada modo de accidente representadas en variables lingüísticas.
 - a) Severidad de las caídas: midiendo sobre la arena y el hormigón.
 - b) Severidad de contacto eléctrico en ambientes seco y húmedo.
 - c) Severidad del golpe por vehículo en movimiento, por mini-cargador o por excavadora hidráulica.
 - d) Severidad de las heridas por caída de objetos. Ladrillos del 11 o martillos, mazas.
 - e) Severidad por derrumbes. Por el tiempo de rescate.

f) Severidad de golpes por rodar o resbalar objetos o personas. Por piedra resbaladiza, rodar objetos por excavadora o retroexcavadora.

g) Severidad con el contacto con máquinas en movimiento.

h) Severidad a la pérdida de flotabilidad en agua. Por tiempo de rescate.

i) Severidad al fuego y a la explosión.

10. Para cada modo de accidente identificación de las barreras de seguridad para según el tipo de barrera: física, funcional, simbólica o incorpórea.

11. Establecer la efectividad de las barreras con variables lingüísticas difusas.

a. Excelente. La seguridad de la barrera es adecuada.

b. Muy buena. La seguridad de la barrera es adecuada, pero requiere muchos recursos para su mantenimiento.

c. Buena. La seguridad de la barrera es adecuada pero no asegura para eventos extremos.

d. Parcial. La seguridad de la barrera no es suficientemente efectiva o se duda de su fiabilidad.

e. Insuficiente. La seguridad de la barrera no cumple las expectativas o Mala. La seguridad de la barrera no es efectiva.

12. Para cada modo de accidente estimación de la efectividad de la implementación de las barreras de seguridad con el uso del parámetro de conjunto “martilleador-or”

$$O_{\text{ham}}(x) = \frac{(1 - \gamma')\mu_A(x) \cdot \mu_B(x) + \mu_A(x) + \mu_B(x)}{1 + \gamma \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$$

$$x \in X, \gamma \in [-1, +\infty]$$

13. Para cada modo de accidente se representa la evaluación final del nivel de riesgo agrupando las cuatro dimensiones del parámetro difuso-and

$$O_{\text{and}}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1 + \gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2}$$

$$x \in X, \gamma \in [0, 1]$$

14. Conclusiones y recomendaciones. Identificación de los factores que deben ser mejorados con un orden descendente de agresividad. Las variables miden la adecuación del clima de seguridad y la posibilidad de accidente de trabajo (inadecuado, poco adecuado, casi adecuado, adecuado, muy adecuado y fuertemente adecuado), y la “efectividad” de los medios de seguridad (mal, insuficiente, parcial, bueno, muy bueno y excelente). A su vez se hace referencia a que diferentes investigadores definen el clima de seguridad en la industria de la construcción como los factores que influyen en los accidentes y que son similares en muchos países y apunta a las inadecuadas medidas de seguridad y bajo conocimiento de seguridad tanto de los trabajadores como de los agentes; siendo uno de los factores de mayor

incidencia en los accidentes de trabajo de la industria de la construcción. Varios términos definen este concepto:

- a) Temperatura de seguridad de una empresa
- b) Ambiente de trabajo seguro.
- c) Variable entre clima organizacional y acción de seguridad.
- d) Clima de seguridad positivo y clima de apoyo psicosocial.

El clima de seguridad puede proveer comportamiento de seguridad a los trabajadores y desde una política de acción de los agentes a todos los niveles (trabajadores, gestión y ambiente). La siguiente expresión define el clima de seguridad:

$$S_C = \theta_{or}(S_{R_1^3}, C_1^6, B_1^4, M_{C_1^8}, L_1^9, C_{P_1^6}, S_{E_1^5}, S_{P_1^4}, P_1^4, S_{M_1^5})$$

Método para la evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes viaductos (Metodología ORL-OC/PV).

En la Tesis Doctoral realizada por D^a Juliana Claudino Véras, con el título: “Método para la evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes viaductos.” (Claudino Véras, 2012, pág. 114). Esta investigación propone y materializa un método de evaluación de riesgos en ocho obras de ingeniería, en particular en viaductos y puentes.

Se plantea una distinción entre tipos de evaluaciones de riesgos, como son los discretos y los discontinuos. La investigación propone un modelo discreto y los objetivos del estudio comprende el análisis de las circunstancias que provocan

accidentes, análisis del marco legal europeo, brasileño y español, implantación de un protocolo de verificación de las condiciones de trabajo, sistema para el tratamiento de los datos de la evaluación, nuevo modelo de evaluación de riesgos, propuesta de acción para el control de los riesgos; y validación y sistematización del modelo (Pinos, 2017, p 102).

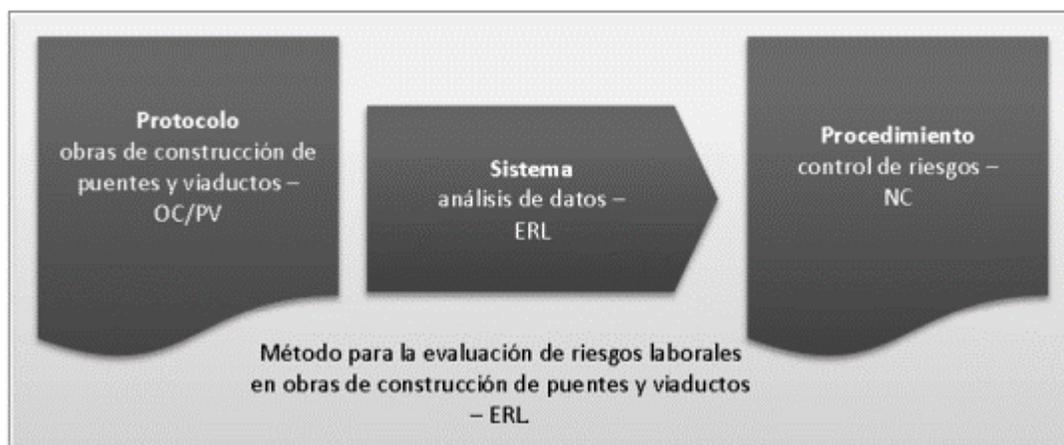
Se genera una diferencia entre la evaluación de los riesgos y los riesgos laborales; y se realiza en etapas o tiempos diferentes, aunque incluya una nueva evaluación del riesgo sucedido ante los riesgos acontecidos. Los riesgos tienen una subdivisión, estas son ambientales y de seguridad; y estas a su vez se dividen, es decir, las ambientales en físicos, químicos y biológicos y los riesgos de seguridad en accidentes, organización, ergonómicos y psicosociales. Pero resulta de gran importancia el estudio y evaluación de los riesgos psicosociales, dado que estos aun no poseen una evaluación adecuada.

Según Pinos (2017): “Ha de introducirse una categoría más de riesgos denominada riesgo psicosocial. Esta puede producir complejas patologías cuya causa principal se centra en la falta de equilibrio entre las características del trabajador y las condiciones de trabajo” (p.103), Este riesgo puede generar accidentes y enfermedades que podrían ocasionar incapacidad permanente en el trabajador, un ejemplo pueden ser los casos en que los trabajadores terminan sufriendo enfermedades cardiovasculares.

Se propone el método llamado “Evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes puentes y viaductos” o abreviatura ORL-OC/PV. Es un

sistema que se enfoca en el análisis de ambientes laborales, que permiten con sus resultados determinar el nivel de seguridad frente a los riesgos de accidentes laborales. Este método posee tres bloques. El primero consiste es un protocolo de requisitos del objeto de análisis, denominado “Protocolo para obras de construcción de puentes y viaductos – OC/PV”, el segundo es el “Sistema de análisis de datos para evaluación de riesgos laborales – ERL” y el tercero es el “Procedimiento de control de riesgos – NC”, su estructura se muestra a continuación en la figura.

Ilustración 11 Esquema de método OC/PV-ERL-NC



Fuente: (Véras, Método para la Evaluación de Riesgos Laborales en Obras de Construcción de Grandes Viaductos, 2012)

El protocolo OC/PV, adapta 44 (cuarenta y cuatro) normativas, el cual traduce lenguaje legal a lenguaje técnico, es una lista de verificación la cual tienen un procedimiento o paso a paso para su adecuada aplicación. Este protocolo establece dos factores de riesgo fundamentales:

1. Riesgo ambiental (físico, químico y biológico).
2. Riesgo de seguridad (accidentes, organización, ergonómico y psicosocial).

El resultado indica los fallos del proceso constructivo todo de manera estructurada y en la fase de ejecución de obras, partiendo de allí determina cuáles son las acciones y medidas de control. Este también indica, que, para una adecuada utilización del mismo, cada obra debe establecer su propio protocolo de actuación y tener dominio de conceptos de seguridad laboral, ingeniería y legislación en temas de prevención de riesgos laborales.

El protocolo puede ser aplicado en dos tipos de evaluaciones: “evaluación de la obra en su conjunto” y “evaluación de un ciclo de actividades”. Así mismo aplica a cualquier tipo de obra, aunque se recomienda realizar un protocolo específico para cada tipo de obra. El protocolo tiene la facilidad que puede ser aplicado por cualquier personal de la obra desde promotor, contratista, hasta coordinador de seguridad, personas ajenas a la obra como auditores, inspectores de trabajo, etc., dado que este suministra la información para determinar si la situación de la obra es o no conforme en relación con la normatividad aplicable, e indica con un valor porcentual, el valor que falta para dar cumplimiento a las no conformidades, también permite establecer dónde están las situaciones de peligro y los operarios asociados a dichos peligros.

El Procedimiento de control de riesgos NC es un método que estructura las acciones posteriores a la identificación de los factores de riesgos. En esta etapa se realiza el control de los factores de riesgos que puedan ocasionar accidentes o incidentes. El procedimiento posee indicadores de seguridad que permiten medir y comparar los resultados de la evaluación de riesgos. Así mismo establecer un modelo para la definición del índice de seguridad. Este índice se caracteriza por que

no existe en la bibliografía en modelos de evaluación y prevención de riesgos; y determina los factores que pueden ocasionar un accidente o incidente y su nivel de gravedad. Este procedimiento utiliza los resultados de los datos recogidos en la fase de protocolo. Usando la fórmula:

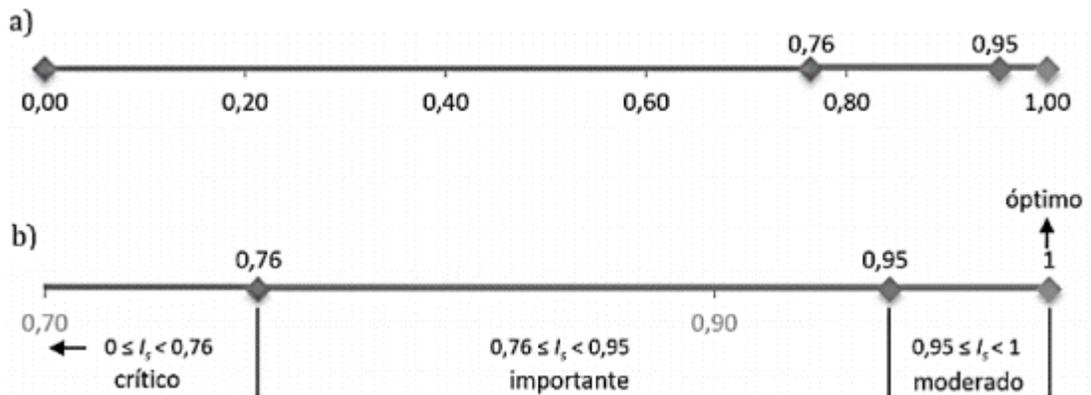
$$I_s = I_b \cdot \varphi_e \cdot \varphi_p$$

I_s indicador de seguridad,
 I_b índice básico,
 φ_e coeficiente de error y
 φ_p coeficiente de parcialidad.

El índice básico establece la relación entre los requisitos no conformes y los requisitos que se aplican en función de la gravedad. Los rangos de riesgo en las obras quedan establecidos en los términos de óptimo, moderado, importante y crítico.

Los coeficientes de error y de parcialidad son coeficientes de minoración. Consideran factores que pueden interferir en el índice básico.

Ilustración 12 Rango del índice de seguridad laboral ORL-OC/PV



Fuente: (Véras, Método para la Evaluación de Riesgos Laborales en Obras de Construcción de Grandes Viaductos, 2012)

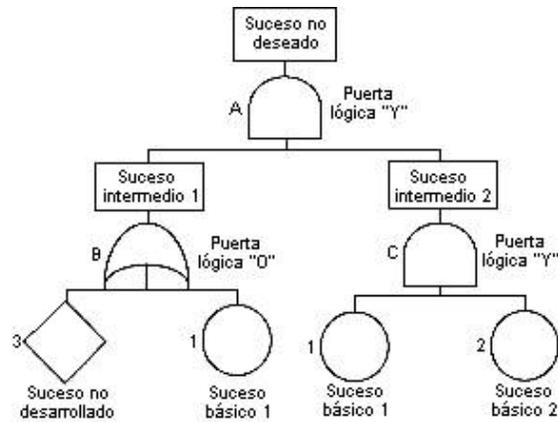
En este método se destaca la facultad de aplicación en todo tipo de obra, pero particularizando el análisis. Posee una herramienta como el protocolo, el cual realiza reconocimiento de los riesgos in situ de acuerdo a los ambientes laborales, así mismo el procedimiento de control de riesgos permite de forma estructurada establecer las acciones a tomar después de identificar los factores de riesgo de la obra y el sistema de análisis de datos realiza el tratamiento de las informaciones obtenidas con el protocolo.

El procedimiento posee 124 preguntas que califica la gestión, como está organizada la obra, entorno laboral, condiciones del área de trabajo, protección de caídas, tipo de herramientas, maquinaria usada, maquinaria de trabajos de altura, andamios, instalaciones eléctricas, soldaduras, equipos de protección personal, estructuras y evaluación de sistemas constructivos. Muy laborioso en su utilización y desarrollo.

NTP 333 Análisis probabilístico de riesgos.

Es un método de análisis deductivo que toma como base una situación, suceso no deseado o evento que se pretende evitar, puede analizar situaciones de gran magnitud, desde explosión, fuga, derrame, etc. o de menor complejidad como fallo de un sistema de cierre, etc., todo con el fin de establecer los orígenes de estos.

Ilustración 13 Representación gráfica del árbol de fallos



Fuente: (INSHT, 1995)

Como siguiente paso del proceso sistémico y lógico se representan las diferentes combinaciones de las situaciones analizadas y que pueden ocasionar el "evento a evitar", se realiza en niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas". El árbol posee distintas ramas que se dividen hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", estos se denominan así, dado que estos no necesitan de otros anteriores a ellos para ser explicados. Puede suceder que alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, y se puede dar por falta de información o por su poca o nula utilidad de analizar las causas que lo producen.

Los sucesos básicos o no desarrollados, los cuales se denominan nudos, deben estar correctamente identificados.

Los sucesos básicos o no desarrollados que particularmente se encuentran en la parte inferior de las ramas del árbol poseen 2 características:

1. Son independientes entre ellos.
2. Las probabilidades de que acontezcan pueden ser calculadas o estimadas.

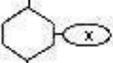
Para que el árbol tenga los resultados esperados, los análisis deben ser realizados por personas que conozcan a profundidad los procesos que se van a analizar, conozcan el método y ya lo hayan aplicado con anterioridad; es necesario que el equipo asignado para llevar a cabo la aplicación del método este compuesto por personal pluridisciplinario y de diferentes áreas, pueden ser técnico de seguridad, ingeniero del proyecto, ingeniero de proceso, etc., para proceder a la reflexión conjunta que el método propicio.

Desarrollo del árbol

Una vez establecido el "evento que se pretende evitar" en el sistema que va a analizar, el paso siguiente es ir descendiendo nivel a nivel a través de los sucesos inmediatos o sucesos intermedios hasta llegar a los sucesos básicos o no desarrollados que serían los que generan las situaciones que, de forma encadenada, aportan a la aparición del "suceso no deseado".

Para la elaboración de la gráfica de fallos se deben usar los símbolos propuesto en la siguiente tabla, esto con el fin de normalizar y universalizar la representación.

Ilustración 14 Símbolos utilizados para la representación del árbol de fallo

| SÍMBOLOS | SIGNIFICADO DEL SÍMBOLO |
|---|---|
|  | SUCESO BÁSICO. No requiere de posterior desarrollo al considerarse un suceso de fallo básico. |
|  | SUCESO NO DESARROLLADO. No puede ser considerado como básico, pero sus causas no se desarrollan, sea por falta de información o por su poco interés. |
|  | SUCESO INTERMEDIO. Resultante de la combinación de sucesos más elementales por medio de puertas lógicas. Asimismo se representa en un rectángulo el "suceso no deseado" del que parte todo el árbol. |
|  | <p>PUERTA "Y"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si, y sólo si ocurren todos los sucesos de entrada (E1 B1).</p> |
|  | <p>PUERTA "O"</p>  <p>El suceso de salida (S) ocurrirá si ocurren uno o más de los sucesos de entrada (E1 B1).</p> |
|  | SÍMBOLO DE TRANSFERENCIA. Indica que el árbol sigue en otro lugar. |
|  | PUERTA "Y" PRIORITARIA. El suceso de salida ocurrirá si, y sólo si todas las entradas ocurren en una secuencia determinada, que normalmente se especifica en una elipse dibujada a la derecha de la puerta. |
|  | PUERTA "O" EXCLUSIVA. El suceso de salida ocurrirá si lo hace una de las entradas, pero no dos o más de ellas. |
|  | PUERTA DE INHIBICIÓN. La salida ocurrirá si, y sólo si lo hace su entrada y además se satisface una condición dada (X). |

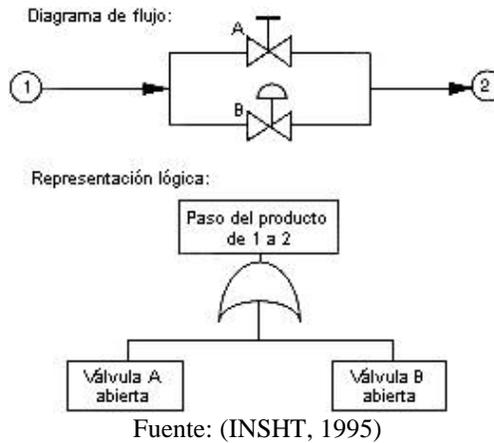
Fuente: (INSHT, 1995)

Si una de las causas inmediatas aporta directamente por sí sola en la manifestación de un evento anterior, se crea una conexión con él, mediante una puerta lógica del tipo "O".

Por ejemplo:

En el siguiente diagrama de flujo, el producto pasará del punto 1 al punto 2 si está abierta la válvula manual A o si está abierta la válvula neumática B, y su representación lógica se especificada en la figura.

Ilustración 15 Diagrama de flujo y representación lógica

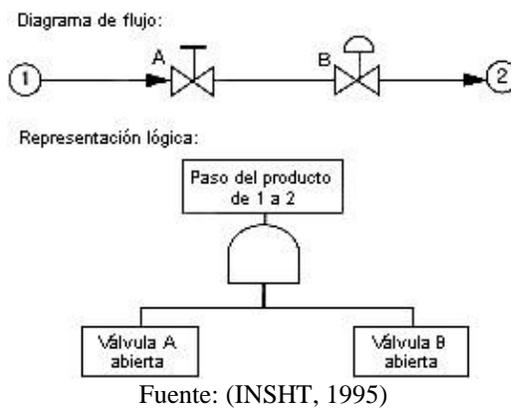


Cuando se necesita simultáneamente las causas inmediatas para que el suceso ocurra, entonces éstas se conectan con él mediante una puerta lógica del tipo "Y".

Por ejemplo:

En el siguiente diagrama de flujo representado, tienen que estar abiertas de manera simultánea las válvulas A y B para que pase el producto del punto 1 al 2, y su representación lógica se especifica en la figura.

Ilustración 16 Diagrama de flujo y representación lógica



A medida que se avanza se desciende de modo gradual en el árbol hasta llegar al momento en que, en la parte inferior de las ramas de desarrollo del árbol se encuentran los sucesos básicos o no desarrollados. Esa allí que se habrá completado el diseño del árbol de fallos y errores.

Explotación del árbol

Se puede limitar al tratamiento "cualitativo" o entrar a un segundo nivel de análisis a través de la "cuantificación", esto cuando existen fuentes de datos relativas a las tasas de fallo de los distintos componentes.

Evaluación cualitativa

Reside en realizar el análisis del árbol sobre el plano de su estructura lógica y determinar las diferentes combinaciones mínimas de sucesos básicos que pueden ocasionar que se produzca el suceso no deseado o evento que se pretende evitar (noción de "conjunto mínimo de fallos").

Para la estructura lógica de un árbol de fallos se puede usar el álgebra de Boole, lo que permite trasladar la estructura a ecuaciones lógicas. A continuación, se expone de forma breve este sistema de equivalencia lógica:

- Una puerta "O" equivale a un signo "+", no de adición sino de unión en teoría de conjuntos.
- Una puerta "Y" equivale a un signo "." equivalente a la intersección.

Algunas de las leyes y propiedades básicas del álgebra de Boole más importantes

son:

- Propiedad conmutativa:

$$x + y = y + x \quad X \cdot y = y \cdot x$$

- Propiedad asociativa:

$$x + (y + z) = (x + y) + z \quad x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$$

- Propiedad distributiva:

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z \quad (x + y) \cdot z = x \cdot y + x \cdot z$$

- Propiedad idempotente:

$$x \cdot x = x \quad x + x = x$$

- Ley de absorción:

$$x \cdot (x + y) = x \quad x + x \cdot y = x$$

De esto se pueden extraer las siguientes consecuencias:

- Transformar el árbol de fallos en una función lógica.
- La posibilidad de simplificar la función lógica del árbol gracias a la

constatación de falsas redundancias. La reducción booleana o de falsas redundancias se basa en reducir algunas expresiones booleanas y posteriormente los elementos de estructura que las mismas representan.

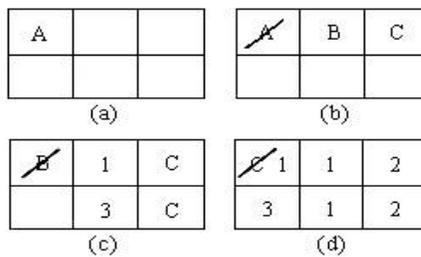
Lo que demuestra la importancia de reconocer en el análisis, incluyendo los fallos individuales de los componentes, los posibles fallos ocasionados por una causa común o la determinación de los componentes que fallan del mismo modo.

Para dar solución a los árboles de fallos se realizan los siguientes pasos:

1. Identificar todas las puertas lógicas y sucesos básicos.
2. Dar solución a todas las puertas en sus sucesos básicos.
3. Eliminar sucesos que se repitan en los conjuntos de fallo: consiste en la aplicación de la propiedad idempotente del álgebra de Boole.
4. Eliminar los conjuntos de fallo que posean a su vez conjuntos de fallo más pequeños, es decir, establecer entre todas las combinaciones posibles, los conjuntos mínimos de fallo: consiste en la aplicación de la ley de absorción del álgebra de Boole.

Como ejemplo, en el caso de árboles sencillos, los conjuntos mínimos de fallos se pueden obtener sustituyendo las puertas "O" por sus entradas en las filas de una matriz y las de las puertas "Y" en columnas

Ilustración 17 Obtención de conjuntos mínimos de fallos.



Fuente: (INSHT, 1995)

Es básicamente ir descendiendo en el árbol para su dar solución eliminando y reemplazando los sucesivos símbolos de identificación de las puertas hasta establecer las diferentes combinaciones de fallos primarios identificados.

De la solución del árbol de fallos, obtenemos:

- Vías secuenciales de fallos básicos generadores del acontecimiento final: 1.2 y 1.2.3.
- Conjunto mínimo de fallos que se requieren para que se produzca el acontecimiento final: 1.2.

La vía 1.2.3 en realidad es la misma que la 1.2, dado que el evento ya sucede en simultaneo con los fallos 1 y 2 sin necesidad de que acontezca el fallo 3, permitiendo concluir que el conjunto mínimo de fallos es el 1.2.

En la práctica, los árboles suelen ser bastante más complejos y la resolución en conjuntos mínimos de fallos es más dificultosa, por lo que se suele acudir a paquetes de software que resuelven los árboles tanto cualitativamente como cuantitativamente.

Asimismo, la utilización de la informática permite efectuar simulaciones que nos permiten examinar las diferentes combinaciones existentes y resumir el árbol en los conjuntos mínimos de fallos.

Evaluación cuantitativa es importante conocer la probabilidad de fallo o sucesos y el árbol se van a representar con un círculo (sucesos básicos), se busca

determinar valores probabilísticos de fallo a sucesos los cuales se representan con un rombo (sucesos no desarrollados).

De acuerdo al modo en que se presente el fallo del componente, se debe calcular la probabilidad de fallo del mismo en función de la tasa de fallo y esta se puede obtener en diferentes bancos de datos y de la experiencia. También ahí información que nos suministra datos estimados sobre una tasa de errores humanos que permite asignar valores probabilísticos a su ocurrencia.

Cuando se conocen los valores de probabilidad de sucesos primarios, es posible:

- a) Establecer la posibilidad general de aparición de un suceso no deseado
- b) Establecer los fallos más críticos o su probabilidad de ocurrencia

Es necesario llevar a cabo un paso a paso para poder determinar la valoración de la probabilidad global de aparición del "suceso no deseado", así:

1. Asignar un valor probabilístico a los sucesos primarios.
2. Definir combinaciones mínimas en los sucesos primarios en los cuales la ocurrencia simultánea asegura la aparición del "suceso no deseado"
3. Calcular la probabilidad de ocurrencia de las opciones de fallo que se representan por los conjuntos mínimos de fallos.
4. Calcular la probabilidad de que se produzca el fallo final, como la suma de las probabilidades de los conjuntos mínimos de fallo, como límite superior, ya que matemáticamente debería restarse la intersección de éstos.

Ejemplo, en el caso de la fig. 1 se asignan valores medios de probabilidades de fallo a los sucesos primarios:

1. $P1 = 5 \cdot 10^{-3}$; $P2 = 6 \cdot 10^{-2}$; $P3 = 10^{-3}$

2. Conjunto mínimo de fallos: P1 y P2

3. $P_{\text{vía}(1)} = P1 \cdot P2 = 5 \cdot 10^{-3} \times 6 \cdot 10^{-2} = 300 \cdot 10^{-6}$

4. Probabilidad de acontecimiento final: $PAF = P1 \cdot P2 = 300 \cdot 10^{-6}$

Para este caso en particular coincide con la probabilidad del conjunto mínimo de fallos ya que éste es único. En el ejemplo que se plantea a continuación, en el cual el árbol que se está elaborando es un poco más complejo, se podrá evidenciar cómo se calcula la PAF desde la existencia de varios conjuntos mínimos de fallos (INSHT, 1995, p 6).

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.

Antes de entrar a la descripción del método y su modo de aplicación se deben conocer los términos y conceptos fundamentales del mismo, los cuales se explican a continuación:

Cliente o usuario

Normalmente asociamos el término cliente con el usuario final de un producto o servicio o el destinatario del resultado de un proceso. Para el método AMFE, el cliente está asociado con la fase del proceso o al ciclo de vida de un producto en el que se aplique dicho método. El inconveniente más crítico sucede cuando al destinatario final o cliente llega un producto el cual no cumple con las

especificaciones de calidad, siendo un fallo que se puede controlar en el proceso productivo y no se realizó a tiempo o no se tomaron las medidas correctivas de manera oportuna.

Una de las formas más efectivas de conocer el grado de satisfacción de los clientes acerca de un producto o servicio, es conociendo su opinión acerca de ellos, a si mimos llevar a cabo las acciones correctivas que eviten problemas o insatisfacciones en el futuro. Para ello se tiene a disposición dos herramientas: los cuestionarios de satisfacción de necesidades de clientes o usuarios y la doble matriz de información los cuales permiten comprobar si los producto o servicios son lo esperado y cumplen con las expectativas de los usuarios.

Cuando se realiza el diseño de un producto, este siempre debe estar acorde con las necesidades y cumpliendo los requerimientos del usuario, al aplicar el AMFE en la fase de diseño, se debe pensar en el objetivo final del mismo el cual es determinado siempre por el cliente/usuario.

Es por esto que el AMFE determina como las denominadas “funciones de servicio”, las cuales permiten saber el grado de satisfacción del cliente frente a un producto y su grado de complacencia. Las “funciones de servicio” son necesidades directas de los sistemas analizados y no dependen solo de la tecnología, es por eso que para determinarlas hay que analizar, como se ha dicho, dos aspectos: las necesidades que se tienen que satisfacer y el impacto que tienen sobre el cliente dichas necesidades.

Producto

El producto puede ser un objeto, un conjunto de objetos, el resultado final obtenido de un determinado proceso o hasta el mismo proceso. Se debe siempre establecer el límite a lo que se va a analizar y definir la función esencial a realizar, a esto se le llama identificación del elemento y determinar de qué subconjuntos / subproductos está compuesto el producto (INSHT, 2004, p 2).

Ejemplo: tenemos un vehículo motorizado, se podría analizar todo el conjunto o solo una parte de este, puede ser solo el sistema de carburación del mismo. Según el objetivo del AMFE, se pueden revisar las funciones más importantes del producto o profundizar en una parte en especial y esto será suficiente para analizar en detalle sus modos de fallo.

Seguridad de funcionamiento

Hablamos de seguridad de funcionamiento como concepto integrador, ya que además de la fiabilidad de respuesta a sus funciones básicas se incluye la conservación, la disponibilidad y la seguridad ante posibles riesgos de daños tanto en condiciones normales en el régimen de funcionamiento como ocasionales. Al analizar tal seguridad de funcionamiento de un producto/proceso, a parte de los mismos, se habrán de detectar los diferentes modos o maneras de producirse los fallos previsibles con su detectabilidad (facilidad de detección), su frecuencia y gravedad o severidad, y que a continuación se definen (INSHT, 2004, p 2).

Detectabilidad

Es un innovador en los sistemas más simplificados de evaluación de riesgos de accidente laborales.

Si durante desarrollo del proceso se produce un fallo o cualquier “output” deficiente, se busca determinar qué tan probable es que no se detecte, pasando a etapas posteriores, generando los nuevos problemas y llegando por último al afectar al cliente – usuario final (INSHT, 2004, p 2).

Entre más difícil y más tiempo se tarde en detectar un fallo existente lo que resulta más importante son las consecuencias del mismo.

Frecuencia

Mide las veces que se puede repetir un fallo, en términos de fiabilidad o de prevención y se denomina la probabilidad de aparición del fallo.

Gravedad

Mide el daño provocado por el fallo en cuestión, esto según la percepción del cliente usuario. Se debe siempre establecer cuál sería el daño máximo que se espera con el fallo, este está relacionado a la probabilidad de generación.

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Este índice se basa en los fundamentos del método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., aunque el índice de prioridad del AMFE incluye el factor detectabilidad. Por consiguiente, este índice es el producto

de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo estos factores fácilmente cambiados a un código numérico adimensional que posibilita priorizar y establecer que tan urgente es la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tal motivo este debe calcularse para todas las causas de fallo (INSHT, 2004, p 2).

$$IPR = D.G.F$$

Al ser tan importante determinar los puntos críticos del producto o proceso a analizar, resulta importante hacer una observación directa, la cual se realiza por el propio grupo de trabajo, y aplicando técnicas generales de análisis desde el “brainstorming” a los diagramas causa/efecto de Ishikawa, entre otros, los cuales son sencillas y oportunas. La aplicación de esta técnica y el grado de profundización en el análisis está dado por la composición del grupo de trabajo y de su preparación y experiencia, del tipo de producto a analizar y del tiempo que se dispone para realizar el análisis (INSHT, 2004, p 2).

Descripción del método

A continuación, se presenta de forma estructurada los pasos a seguir y la información necesaria que debe estar en la hoja de análisis para la aplicación del método AMFE de forma genérica. El esquema y la información que se muestra en esta NTP buscar principalmente orientar, pero se puede adaptar a todo tipo de organización independientemente de sus características e intereses de la misma. Al final se adjunta una sencilla aplicación práctica, a modo de ejemplo. Se debe como primer paso definir si el AMFE se va a realizar a un proyecto o un

producto/proceso. Dado que cuando el AMFE se aplica a un proceso determinado, se debe seleccionar los elementos importantes del mismo que se asocian al resultado esperado. Como ejemplo, tenemos un proceso de intercambio térmico para enfriar un reactor químico, los elementos más importantes a aplicar entonces en el AMFE podrían ser el propio intercambiador y la bomba de suministro de fluido refrigerante. En el caso de centrarnos en el producto o proceso, en el AMFE realiza el análisis de elementos materiales con unas características determinadas y con unos modos de fallo que se trata de conocer y valorar.

Denominación del componente e identificación

Se debe identificar el producto o la parte del proceso, esto incluye todos los componentes y subconjuntos que hacen parte del producto o proceso al cual se le va a realizar el análisis, puede ser desde el punto de vista de diseño del producto o proyecto o directamente del proceso. Es importante que la identificación se haga con códigos numéricos, ya que esto evita confusiones al definir los componentes (INSHT, 2004, p 3).

Parte del componente. Operación o función

Siempre que se use el AMFE, es necesario completar con información dependiendo si se está realizando el análisis de diseño o de proceso

Cuando analizamos la parte de diseño siempre se deben incluir las partes del componente en que puede subdividirse junto con las funciones que realiza cada una de ellas, teniendo en cuenta las interconexiones que puedan existir. Para el AMFE

desde la parte del proceso se deben describir las operaciones que se realizan en el mismo o parte del proceso productivo considerado, incluyendo las operaciones de aprovisionamiento, de producción, de embalaje, de almacenado y de transporte (INSHT, 2004, p 3).

Fallo o Modo de fallo

El “Modo de Fallo Potencial” es la manera en la que una parte o conjunto puede generar una falla potencial en el momento de satisfacer el propósito de su diseño/proceso, así mismo los requisitos de rendimiento y/o las expectativas del cliente.

Los modos de fallo potencial se describen en términos “físicos” o técnicos, y no como un síntoma que puede ser detectado por el cliente. El error humano de acción u omisión al principio no se considera en un modo de fallo del componente analizado. Es recomendable numerarlos correlativamente (INSHT, 2004, p 3).

Se puede presentar que un fallo no se detecte inmediatamente y esto se considera un aspecto muy importante que siempre debe tenerse en cuenta.

Efecto/s del fallo

Se le denomina así al síntoma detectado por el cliente/ usuario del modo de fallo, es decir si ocurre el fallo potencial como lo percibe el cliente, pero también como afecta en el sistema. Se busca detallar las consecuencias no deseadas de un fallo que se puede llegar a observar o detectar, y como afecta en términos de rendimiento o

eficacia del producto o proceso. Es decir, se deben describir los síntomas tal como lo haría el propio usuario (INSHT, 2004, p 3).

Siempre que se analiza una sola parte se debe tener en cuenta las consecuencias negativas en el conjunto del sistema, y poder ofrecer una descripción más clara del efecto.

Cuando un modo de fallo potencial tiene muchas repercusiones, a la hora de evaluar, se deben elegir los más graves.

Causas del modo de fallo

“La causa o causas potenciales del modo de fallo se encuentran en el origen del mismo y son la prueba de una debilidad del diseño en el cual la consecuencia es el propio modo de fallo”(INSHT, 2004, p 3).

Se deben relacionar todas las causas de fallo posibles que puedan asignarse a cada modo de fallo. Estas causas se deben relacionar de una forma clara, concisa y completa para que los esfuerzos de corrección puedan dirigirse adecuadamente. En circunstancias normales un modo de fallo tiene su origen por dos o más causas encadenadas.

Medidas de ensayo y control previstas

En muchos AMFE se incluye esta sección de análisis para mostrar las medidas de control y verificación que existen y permiten asegurar la calidad de respuesta del componente/producto/proceso. La fiabilidad de las medidas de ensayo y control limitaran su vez a la frecuencia de aparición de los modos de fallo. Las medidas de

control tomadas deberán aplicar a cada una de las causas de los modos de fallo (INSHT, 2004, p 3).

Gravedad

Se utiliza para determinar la importancia o gravedad del efecto del modo de fallo posible para el cliente (no necesariamente tiene que ser el usuario final); permite medir el nivel de consecuencias, es por ello que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación del rendimiento esperado y el gasto de la reparación.

El índice se puede mejorar aplicando acciones en el diseño, y estas no deben afectar los controles producto de aplicación del AMFE o de revisiones periódicas de calidad.

“La tabla de clasificación del índice se debe diseñar en cada empresa de acuerdo al producto, servicio o proceso en específico. El rango se expresa en números enteros” (INSHT, 2004, p 3), en la siguiente tabla la puntuación va del 1 al 10, pero en ocasiones se pueden usar rangos menores (de 1 a 5), que representan una pequeña insatisfacción, degradación de las funciones por el uso, hasta el caso más grave de no adaptación al uso, problemas de seguridad o infracción reglamentaria importante. A continuación, un ejemplo de clasificación de la gravedad del modo de fallo:

Tabla 9

Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/usuario

| GRAVEDAD | CRITERIO | VALOR |
|---|--|--------------|
| Muy baja Repercusiones imperceptibles | No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo | 1 |
| Baja Repercusiones irrelevantes, apenas perceptibles | El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable | 2-3 |
| Moderada Defectos de relativa importancia | El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema | 4-6 |
| Alta | El fallo puede ser crítico y verse inutilizado al sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado | 7-8 |
| Muy Alta | Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10 | 9-10 |

Nota: (INSHT, 2004)

Si observamos desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad permite determina las consecuencias cuando se materializa un riesgo, pueden ser accidentes o daños más habituales o probables. En la aplicación del AMFE este término se complementa con la importancia del tipo de daño que sea en el sistema y la percepción que tenga el cliente. Con esto el nivel de gravedad nos permitirá conocer también cuales serían las peores consecuencias, al determinar el grado de importancia del fallo desde el punto de materiales como personales u organizacionales (INSHT, 2004, p 3).

Cuando la gravedad y la detectabilidad sean superior a 4 se debe considerar el fallo y sus características como importantes. Así el IPR resultante sea menor al

valor especificado como límite, es muy importante tomar acción sobre estos modos de fallo. Cuando el AMFE centra su atención a los aspectos más críticos, el método toma el nombre de AMFEC, siendo la última letra el aspecto cuantificable de la criticidad

“Las características de criticidad se pueden identificar mediante símbolos como por ejemplo un triángulo de diferentes colores, e ingresar estos símbolos en la hoja de registro del AMFE, en el plan de control y en el plano cuando corresponde” (INSHT, 2004, p 4).

Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial o específica de fallo se genere y dé lugar al modo de fallo.

Es una evaluación subjetiva, en la cual, se recomienda utilizar datos estadísticos o históricos en caso que se disponga de esta información. En caso tal, de que una organización posea un Control Estadístico de Procesos esta información es valiosa ya que permite objetivar el valor. Es importante mencionar que la experiencia es esencial (INSHT, 2004, p 4). La información relacionada a la frecuencia de los modos de fallo de un producto final con funciones clave de seguridad, que es adquirido a un proveedor, debería ser siempre suministrada al usuario desde la adquisición de dicho producto. Una posible clasificación se muestra en la tabla 10.

Existen dos formas de disminuir el índice de frecuencia:

- a. Cambiar el diseño, para reducir la probabilidad de que el fallo pueda producirse.

- b. Incrementar o mejorar los sistemas de prevención y/o control que impiden que se produzca la causa de fallo.

Controles actuales

En la siguiente sección se mostrarán todos los controles que existen en la actualidad para prevenir las causas del fallo y detectar el efecto resultante.

Detectabilidad

La detectabilidad es la capacidad de detectar un fallo antes de que llegue al cliente final, se busca detectar el modo de fallo con antelación para evitar daños futuros, esto se realiza estableciendo controles. La detectabilidad es inversa a otros índices, dado que entre menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente Índice de Riesgo, el cual es definitivo para priorizar la intervención (INSHT, 2004, p 4). Ver la tabla 11.

“Cabe mencionar que la detección no significa control, ya que se pueden establecer controles muy eficaces, pero el producto defectuoso llega al cliente final, esto se presenta por errores, en este caso la detección tendrá un valor alto” (INSHT, 2004, p 3). Pero se puede reducir este índice aplicando una de las siguientes opciones:

- a) Aumentar los controles, que genera un aumento en el costo, lo que lo convierte en una regla no prioritaria en los métodos de Calidad ni de Prevención.
- b) Cambiar el diseño para facilitar la detección.

Tabla 10

Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

| Frecuencia | Criterio | Valor |
|---------------------|--|--------------|
| Muy baja improbable | Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado una única en el pasado, pero es concebible | 1 |
| Baja | Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda | 2-3 |
| Moderada | Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en vida del componente/sistema | 4-5 |
| Alta | El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado | 6-8 |
| Muy alta | Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente | 9-10 |

Fuente: (INSHT, 2004)

Tabla 11

Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

| Detectabilidad | Criterio | Valor |
|-----------------------|--|--------------|
| Muy alta | El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes | 1 |
| Alta | El defecto aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en algunas circunstancias, escapar a un primer control, aunque sería detectado en otro control a posteriori | 2-3 |
| Mediana | El Defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente, posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción | 4-5 |
| Pequeña | El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento | 6-8 |

| | | |
|------------|---|------|
| Improbable | El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final | 9-10 |
|------------|---|------|

Fuente: (INSHT, 2004)

Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Es el producto de los tres factores que lo determinan. Este índice se relaciona con la prioridad de intervención, se calcula para todas las causas de fallo y aunque no se tiene establecido un criterio de clasificación, un IPR inferior a 100 no requiere intervención siempre y cuando las correcciones sean sencillas de realizar y contribuyan a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo (INSHT, 2004, p 5). Al organizar las causas de modos de fallo de forma numérica por tal índice se podrá tener una primera visión sobre su importancia, pero es el análisis profundo de los factores que las determinan, lo que permite la toma de decisiones para generar la acción preventiva. Como todo método cualitativo se busca facilitar tal reflexión.

Acción correctora

Es el tipo de acción que sigue los siguientes criterios, de ser posible:

- a) Cambio en el diseño del producto, servicio o proceso general.
- b) Cambio en el proceso de fabricación.
- c) Incremento del control o la inspección.

Se debe tener siempre en cuenta la eficiencia del proceso y minimizando costos de cualquier tipo, en la mayoría de los casos resulta más económico reducir la

probabilidad de ocurrencia de fallo que destinar recursos para detección de fallos. Pero, la gravedad de las consecuencias del modo de fallo deben ser siempre el componente principal del índice de prioridad del riesgo. Es decir, en caso tal, que dos situaciones tengan el mismo índice, la gravedad sería el factor distintivo que marcaría la prioridad (INSHT, 2004, p 5).

Responsable y plazo

Es necesario establecer el responsable de cada acción correctora y las fechas para la implementación.

Acciones implantadas

Aunque esta sección es opcional para el método AMFE, puede resultar de gran utilidad implementarlo para facilitar el seguimiento y control a las soluciones implantadas. Las acciones se deben ver reflejadas, aunque estas no coincidan con las propuestas iniciales, en caso tal se debe recalcular el nuevo IPR para comprobar que está por debajo del nivel de actuación exigido (INSHT, 2004, p 5).

A continuación, se muestra la ilustración 18, la cual es una hoja que recopila la información y datos de un AMFE, de acuerdo a lo solicitado en esta Nota Técnica de Prevención. Se ha diligenciado con una situación hipotética de análisis de una operación de soldadura mix, específicamente en el proceso de prensas y chapistería en una empresa de fabricación de automóviles.

Ilustración 18 Proceso de actuación para la realización de un AMFE de proceso

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.

Fuente: (INSHT, 2004)

Tabla 12

Ejemplo de formulario de AMFE cumplimentado parcialmente para el análisis de operaciones de soldadura y marcado del proceso de prensas y chapistería

| ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E.) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|---|---|---|-----|---|-----------------------------|---|--|--|
| AMFE de Proyecto <input type="checkbox"/> AMFE de <input type="checkbox"/> Proceso | | Denominación del componente/Parte del Proceso | | | | Código de identificación del componente | | | | Hoja | | | | |
| Nombre y Dpto. de los participantes y/o proveedor: | | | Coordinador: (Nombre/Dpto) | | | Modelos/Sistema/Fabricación | | | | Fecha inicio: Fecha Revisión | | | | |
| Operación o función | Fallo No. | Fallos potenciales | | | | Estado actual | | | | Situación de mejora | | | | |
| | | Modos de Fallo | Efectos | Causas del modo de fallo | Medidas de ensayo y control previstas | F | G | D | IPR | Acción correctora | Responsables/ plazo | Situaciones de Mejora Acciones implantadas | | |
| | | F | G | D | IPR | | | | | | | | | |
| Soldadura MIG | 1.1 | Falla de soldadura | Retrabajos, ruidos, falla de rigidez | Defectos de acoplamiento | Ninguna | 8 | 8 | 2 | 128 | Previstos grupos y aprietes en zona MIG | Proceso chapa/ anteproyecto | | | |
| | 1.2 | | | Pestañas fuera de geometría | Ninguna | 8 | 8 | 2 | 128 | Pestañas bien diseñadas para garantizar geometría | Proceso/ anteproyecto | | | |

Fuente: (INSHT, 2004)

NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

A fin de establecer prioridades para la eliminación y control de los riesgos, es necesario disponer de metodologías para su evaluación. Probabilidad y consecuencias son los dos factores cuyo producto determina el riesgo, que se define como el conjunto de daños esperados por unidad de tiempo. La probabilidad y las consecuencias deben necesariamente ser cuantificadas para valorar de una manera objetiva el riesgo (INSHT, 1993, pág. 1).

Esta metodología muy útil en aquellos casos donde es difícil definir la probabilidad de accidente laboral, los resultados obtenidos dan información orientativa y poco precisa de dicho factor. Sin embargo, se considera como un método simple que no da valores reales absolutos sino “niveles” en escalas de cuatro posibilidades.

La finalidad de la aplicación de este método será obtener un nivel de riesgo (NR) establecido por los niveles de probabilidad (NP) y nivel de consecuencia (NC), donde, a su vez el NP estará determinado por el nivel de deficiencia y el nivel de exposición, tal como lo muestra la siguiente ecuación:

$$NR = (ND \times NE) \times NC$$

El nivel de deficiencia se identifica como **ND** y hace referencia al vínculo esperable de los factores de riesgo y su relación directa con el accidente. Los valores numéricos que son empleados se encuentran en la siguiente ilustración:

Ilustración 19 Tabla de nivel de eficiencia

| Nivel de deficiencia | ND | Significado |
|----------------------|----|--|
| Muy deficiente (MD) | 10 | Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz. |
| Deficiente (D) | 6 | Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable. |
| Mejorable (M) | 2 | Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable. |
| Aceptable (B) | — | No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora. |

Fuente: Tomado de NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.

Es importante mencionar que cuando el nivel de deficiencia sea aceptable, la probabilidad será definida por la valoración del nivel de exposición.

Como lo resalta Calvo Roy (2015), “para ser más objetivos el método indica valorar el ND mediante una checklist que se puede encontrar en la NTP-324 que analiza los posibles factores de riesgo en cada situación.” (pág. 10)

El nivel de exposición se expresa como **NE** y hace referencia al tiempo de exposición de los trabajadores al riesgo, que puede ser permanencia en áreas de trabajo, tiempo de operación de equipos o maquinas, entre otros. Los valores numéricos que son empleados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 13

Nivel de exposición

| Nivel de exposición | Ne | Significado |
|---------------------|----|---|
| Continuada | 4 | Continuamente en la jornada laboral. Varias veces en la jornada laboral por tiempo prolongado |

| | | |
|------------|---|---|
| Frecuente | 3 | Varias veces en la jornada laboral por tiempos cortos |
| Ocasional | 2 | Alguna vez en su jornada laboral y por poco tiempo |
| Esporádica | 1 | Irregularmente |

Fuente: Tomado de NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente

El **NP** como se explicó anteriormente depende de ND y NE y su categorización está definida por los siguientes significados:

Tabla 14

Nivel de Probabilidad

| Nivel de probabilidad | Np | Significado |
|------------------------------|-----------|---|
| Muy alta | 40-24 | El riesgo se materializa frecuentemente. |
| Alta | 20-10 | Es posible que el riesgo se materialice varias veces en el ciclo de vida laboral. |
| Media | 8-6 | Es posible que se materialice el riesgo alguna vez |
| Baja | 4-2 | No se espera que se materialice el riesgo, pero puede suceder |

Fuente: Tomado de NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente

Para obtener el **NC** se establece un doble significado que debe ser evaluado por separado, el primero categorizado por los daños físicos y el segundo por los daños materiales.

En la siguiente tabla se encontrará la valoración numérica de la consecuencia, se debe tener en cuenta que siempre los daños a las personas tendrán más peso que los daños materiales:

Tabla 15

Nivel de Consecuencia

| Nivel de consecuencias | Nc | Significado | |
|-------------------------------|-----------|---|---|
| | | Daños personales | Daños materiales |
| Mortal | 100 | 1 muerto o mas | Destrucción total del sistema, donde su reparación puede ser muy difícil |
| Muy grave | 60 | Lesiones graves que pueden ser irreparables | Destrucción parcial del sistema, donde se reparación puede ser muy costosa y compleja |
| Grave | 25 | Lesiones por incapacidad laboral temporal | Se deben interrumpir procesos para realizar las reparaciones |
| Leve | 10 | Pequeñas lesiones que no requerirán hospitalización | Se puede reparar sin la necesidad de interrumpir los procesos |

Fuente: Tomado de NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente

Finalmente, este método da una orientación frente a la prioridad con la cual se deben intervenir los riesgos, categorizándolos igualmente en cuatro niveles así:

Tabla 16

Nivel de Intervención

| Nivel de intervención | Nr | Significado |
|------------------------------|-----------|---|
| I | 4000-600 | La situación es crítica y se debe corregir urgentemente |
| II | 500-150 | Corregir y adoptar medidas de control |
| III | 120-40 | Corregir de ser posible |
| IV | 20 | No es necesario intervenir según los resultados |

Fuente: Tomado de NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente

“Este método no es viable para el uso de este en todos los riesgos de una empresa ya que resulta más tedioso y a veces sería incoherente su utilización para riesgos leves”

(Calvo Roy, 2015, pág. 13)

Método William T Fine.

En el año 1971, William T Fine publico esta metodología que pretende hallar el grado de peligrosidad de los riesgos laborales, teniendo en cuenta las consecuencias de su materialización, la exposición de los trabajadores a los mismos y la probabilidad de que ocurran los accidentes.

Calvo Roy (2015) ha afirmado lo siguiente

“El método aun siendo bastante viejo, da la impresión que a partir de él se han apoyado diferentes métodos como sería el método Binario del INSHT, me parece subjetivo el factor de reducción del riesgo ya que la magnitud de riesgo final, ya que es difícil de averiguar objetivamente el porcentaje en que se ve reducido el riesgo” (pág. 20)

El grado de peligrosidad esta dado por la siguiente ecuación:

$$GP = C * E * P$$

Además, con este método no solamente se da un valor a los riesgos, sino que se analiza la justificación o no de la inversión propuesta para su control.

La siguiente tabla muestra la categorización dada para la valoración del grado de peligrosidad:

Tabla 17

Grado de Peligrosidad

| Factor | Clasificación | Valoración |
|---|---|------------|
| Consecuencia (C): Daño debido a la materialización del riesgo que incluye a personas o materiales | Muerte de personas y/o daños mayores a 6000 dólares | 10 |
| | Lesiones incapacitantes irreversibles y/o daños entre 2000 y 6000 dólares | 6 |
| | Lesiones con incapacidades temporales y/o daños entre 600 y 2000 dólares | 4 |
| | Lesiones con heridas leves que no requieren hospitalización y/o daños económicos pequeños | 1 |
| Exposición (E): Frecuencia con la que se presenta la situación de riesgo | Continuamente o muchas veces al día | 10 |
| | Una vez al día | 6 |
| | Una vez por semana | 2 |
| | Remotamente posible | 1 |
| Probabilidad (P): una vez se presenta el riesgo el mismo se pueda materializar | Lo más posible es que se materialice si la situación de riesgo se da | 10 |
| | Lo más posible con una probabilidad de materialización del 50% | 7 |
| | Rara coincidencia del 20% de probabilidad de materialización | 4 |
| | Se puede dar, sin embargo, nunca ha sucedido | 1 |

Fuente: Tomado método William T Fine

Para hallar el valor de justificación de intervención de riesgos se establece la siguiente ecuación donde se añaden los factores de coste y corrección:

$$J = \frac{GP}{CC * GC}$$

CC corresponde al Costo de Corrección categorizado en la siguiente tabla:

Tabla 18

Costo de corrección

| Factor | Clasificación | Valoración |
|---|-------------------------------------|-------------------|
| | Si cuesta más de 5000 dólares | 10 |
| | Si cuesta entre 3000 y 5000 dólares | 6 |
| | Si cuesta entre 2000 y 3000 dólares | 4 |
| Coste de corrección o factor de corrección FC: costo estimado de la acción de control | Si cuesta entre 1000 y 2000 dólares | 3 |
| | Si cuesta entre 500 y 1000 dólares | 2 |
| | Si cuesta entre 100 y 500 dólares | 1 |
| | Si cuesta menos de 100 dólares | 0.5 |

Fuente: Tomado método William T Fine

GC corresponde al Grado de Corrección categorizado según la siguiente tabla:

Tabla 19

Grado de corrección

| Factor | Clasificación | Valoración |
|---|--|-------------------|
| | Eficiencia de corrección del 100 % | 1 |
| | Eficiencia de corrección del 75% | 2 |
| Grado de Corrección GC: disminución del grado de peligrosidad | Eficiencia de corrección entre el 50% y el 75% | 3 |
| | Eficiencia de corrección entre el 25% y el 50% | 4 |
| | Eficiencia de corrección de menos del 25% | 5 |

Fuente: Tomado método William T Fine

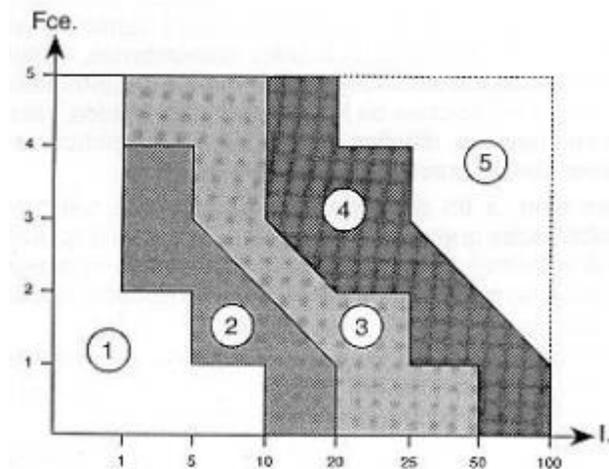
El análisis del valor obtenido de la justificación de corrección se fija en 20. Todo valor obtenido por encima del 20 se considera como justificado y por debajo de 20 se considera que la medida de corrección es injustificada.

Método JAM o NTP 410.

Este método es específico para riesgos de naturaleza mecánica se conoce como Justificación Analítica de Medida del Riesgo – JAM identificado por el INSHT en el año 2004, como guía de buenas prácticas NTP -440.

Basado en análisis de las variables de incidencia (I) y Factor de Implicación (Fce) permite ubicar gráficamente la medida de riesgo (MR) en un cuadrante dividido en cinco zonas, especificadas en la siguiente imagen:

Ilustración 20 Medidas del riesgo



Fuente: Tomado método NTP 440

La clasificación de las zonas de medida de riesgo se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 21 Clasificación del riesgo

| ZONA | NIVEL DE RIESGO |
|------|-----------------|
| 1 | Trivial |
| 2 | Tolerable |
| 3 | Moderado |
| 4 | Importante |
| 5 | Intolerable |

Fuente: Tomado método NTP 440

Con la anterior clasificación se genera una nueva categorización sobre el tiempo en el que se debe actuar para atender la incidencia evaluada, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 22 Tiempo de Actuación

| ZONA | TIPO DE ACTUACIÓN |
|------|--------------------------|
| 1 | Eliminar a largo plazo |
| 2 | Eliminar a medio plazo |
| 3 | Eliminar a corto plazo |
| 4 | Eliminar con urgencia |
| 5 | Paralización del trabajo |

Fuente: Tomado método NTP 440

El tiempo de actuación, urgente, corto, medio y largo plazo, vendrá dado por las circunstancias objetivas del análisis efectuado. No pueden darse cifras concretas con carácter universal. Por lo que se deja a criterio de cada técnico de prevención y en última instancia, al director-gerente de la empresa afectada, el tiempo de realización de la mejora necesaria para eliminar la incidencia evaluada. (INSHT, 1996, pág. 3)

Medida de Riesgo (MR) es el producto de estos dos valores:

$$MR = I * Fce$$

Donde la incidencia se calcula a partir de cuatro factores:

$$I = Ip * Vi * Nd * Ci$$

Cada factor se categoriza como se muestra en la siguiente imagen:

Tabla 20

Factor de Incidencia

| Factor | Clasificación | Valoración |
|--|-----------------------|-------------------|
| | Esporádica | 1 |
| (Ip) Indicador personal: tiempo de incidencia | Poca | 2 |
| | Media | 3 |
| | Permanente | 4 |
| (Vi) Valor de incidencia: Reiteración mecánica | Escasa | 1 |
| | Media | 2 |
| | Permanente | 3 |
| (Nd) Nivel de deterioro: Cuantía económica | Escasa | 1 |
| | Poca | 2 |
| | Media | 3 |
| | Elevada | 4 |
| (Ci) Calidad del incidente: Potencialidad lesiva | Escasa o asumible | 1 |
| | Poca o cierta levedad | 2 |
| | Elevada gravedad | 3 |
| | Gravísima | 4 |

Fuente: Tomado método NTP 440

Una vez obtenida la incidencia según el resultado también se clasifica como muestra la siguiente imagen:

Ilustración 23 Clasificación de incidencia

| VALORES DE (I) | CRITERIOS |
|----------------|------------------------|
| 1 | Mínimo posible |
| 2 a 12 | Nivel de aceptabilidad |
| 13 a 50 | Nivel de expectación |
| 51 a 191 | Nivel de peligro |
| 192 | Máximo posible |

Fuente: Tomado método NTP 440

Para el cálculo del Factor de implicación (Fce) se utiliza la siguiente ecuación:

$$Fce = \frac{n - IP}{100}$$

Donde n, es el número de personas (trabajadores o no) afectadas por la incidencia.

Donde Ip, es el indicador personal ya valorado y definido anteriormente.

La siguiente imagen muestra la clasificación que se puede dar para la implicación obtenida:

Ilustración 24 Factor de implicaciones

| VALOR Fce OBTENIDO | VALOR EQUIVALENTE |
|--------------------|-------------------|
| < 0'10 | 1 |
| 0'11 a 0'25 | 2 |
| 0'26 a 0'50 | 3 |
| 0'51 a 1'00 | 4 |
| > 1'00 | 5 |

Fuente: Tomado método NTP 440

La medida de Riesgo (MR) tiene en esta metodología una valoración final la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 21

Medidas del riesgo

| Valores | | | Valoración final |
|----------------|------------|-----------|-------------------------|
| I | Fce | MR | |
| 192 | 4 | 768 | |
| 144 | 3 | 432 | |
| 128 | 2 | 256 | Muy elevado |
| 108 | 1.5 | 162 | |
| | 1 | 100 | |
| 96 | | 95 | Elevado |
| 81 | 0.75 | 61 | |
| 72 | 0.50 | 36 | Moderado |
| 64 | 0.40 | 26 | |
| 54 | 0.30 | 16 | Ligero |
| 48 | 0.25 | 12 | |
| 39 | | | |
| 36 | 0.20 | 7 | |
| 32 | | | |
| 27 | 0.15 | 4 | Aceptable |
| 24 | 0.10 | 2 | |
| 18 | | | |
| 16 | 0.05 | 1 | |

12

9 0.04 0.35

8

6 0.03 0.20

4

3 0.02 0.05

2 0.01 0.02

Fuente: Tomado método NTP 440

Realizar una matriz donde se evalué atributos específicos de cada una de las metodologías.

Tabla 22

Clasificación de metodologías por atributos

| Metodología | Cualitativa o Cuantitativa | Requiere de caracterización de procesos y se puede aplicar a todo tipo de industria? | Es deductiva la forma de identificar los peligros y Se requiere conocimientos en Seguridad y Salud en el trabajo para diligenciarla? | La valoración de los riesgos tiene medidas muy subjetivas? | La interrelación entre variables (nivel de deficiencia, exposición, probabilidad, consecuencia y riesgo) y aplicación del método puede ser compleja? | ¿Cómo se define la apreciación de las probables consecuencias? | ¿Probabilidad? Exige o tiene algún sistema estadístico o probabilístico? | La metodología revisa como un todo el sistema o tiene en cuenta partes de él? |
|-------------------------------------|----------------------------|---|--|--|--|---|--|---|
| Estrategia Sobane y la guía Deparís | Cualitativa | No requiere caracterización y puede ser un inicio de evaluación para un problema específico pero para la gestión de todo el Sistema de Gestión e industrias con variada complejidad sólo se | No es deductiva, sin embargo parte de una guía de 18 ítems que se podrían tomar como punto de partida para identificar los peligros | No tiene valoración de riesgos, las medidas a tomar no se cuantifican en eficacia, más que si fue válida la solución.. | Técnica cualitativa que no hace uso de cálculos matemáticos | En el recuadro de los 18 ítems evaluados, existe una situación deseada donde se prevé lo que se quiere conseguir, pero no las consecuencias fatales o calamitosas | Ningún proceso estadístico o probabilístico | Puede ser aplicable a un caso concreto o una situación puntual |

recomienda y se hacen como primer paso y uso de primer diagnóstico por los trabajadores que tienen la experiencia en el trabajo con ayuda de una persona que comprenda la metodología

RMPP - OSALAN

Cuantitativa

Requiere una caracterización y puede ser utilizada en cualquier industria, contemple todo tipo de peligro y Frecuencia, consecuencia y exposición.

El método es deductivo y no se requiere de un asesor experto con habilidades en Seguridad y salud para aplicarla, una vez se haya apropiado el conocimiento. Utiliza unas tablas de medidas en rangos, sobre tiempos exposición, posibilidad de que suceda = Matriz de probabilidad, impacto de fatalidad a la persona = Matriz de riesgos, al final se cruzan ambas matrices para determinar cuáles de los peligros tienen mayor incidencia

El paso a paso de la aplicación del sistema podría ser de cuidado y detalle, pero el método no es complejo.

El método tiene como finalidad dar una valoración a los casos más graves identificados para generar un Pareto de trabajo. No define ni da parámetros para realizar un plan de acción

Para determinar los tiempos de exposición y en general los rangos, fueron determinados por casos comprobados a través de casuística en sucesos anteriores de EEUU. La Metodología tiene el atributo para dar una estimación completa de la empresa

y hacer trabajo de implementación según la severidad.

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|--|--|---|---|--|--|
| Matriz IPER | Cualitativo | Si requiere una identificación de procesos en la misma tabla y no tiene restricción para implementarse en cualquier tipo de industria. | No es deductiva y se requieren conocimientos de aplicación del Seguridad y Salud en el trabajo. (Probabilidad, severidad y cruce de ambas para una calificación) sin embargo los rangos para la gravedad solo son tres, un rango muy amplio entre dañino y extremadamente dañino | Tiene como base Tabla que identifica en primera instancia consecuencias con el tipo de riesgo, por último, evalúa la probabilidad con la severidad. El método es muy didáctico. | Las consecuencias se quieren controlar con las siguientes medidas Eliminar el proceso: cuando se trata de riesgos importantes. Sustituir el proceso: encontrar un equivalente menos riesgoso. Control de ingeniería: reparar, reinstalar, etc. Control administrativo | Estadística de accidentes, incidentes en la empresa y tabulación de entrevistas a trabajadores | Puede ser aplicable en una parte de la empresa o en todo su contexto |
|-------------|-------------|--|--|---|---|--|--|

vo: planear
el proceso
de una
forma
diferente.

EPP

| | | | | | | | |
|---------------------|-------------|---|--|---|--|--|---|
| Metodología QRam | Cualitativo | No requiere caracterización por procesos, el método se centra en la realización un árbol de sucesos en cuatro factores y seis partes (Pinto, 2014) Así mismo es una metodología diseñada y muy versátil para el uso en la industria de la construcción (Carpio, 2017) el cual incorpora incertidumbres con el uso de conjuntos | Se requiere conocimiento en el sector de la construcción, sin embargo, el método cuenta con varios instrumentos que apoyan la identificación de riesgos, mediante la aplicación de un conjunto de preguntas. | La valoración del riesgo contempla varios elementos de seis. (1) Variables lingüísticas para calificar factores de riesgo (2) Estimación de niveles de riesgo: agregación de factores (3) Clima de seguridad (4) Gravedad (5) Posibilidad y (6) Barreras de seguridad. Para las cuales da unos parámetros de revisión de los mismos (Pinto, 2014) | Dependiendo del nivel técnico del responsable (s) dónde se deben tener conocimientos aritméticos sólidos por debajo de 0,3), Nivel medio evitando el uso para riesgos estadísticos, más nivel tan bajo como probabilísticos sea razonable ente posible, por sus siglas en inglés) (entre 0,3 y 0,7, incluidos estos valores) e inaceptable | QRam Recopilación de datos extensa, sistemática y fácil de usar de las condiciones de trabajo del sitio, de datos estadísticos, más allá de los datos probabilísticos ya contemplados (Pinto, 2014) | La metodología está enfocada para el proceso de construcción |
|---------------------|-------------|---|--|---|--|--|---|

difusos (Pinto, 2014)

(por encima de 0,7) (Pinto, 2014)

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Metodología ORL-OC/PV | Mixto: El análisis cuantitativo se establece para los riesgos físicos y químicos. Otros riesgos, como los biológicos, deben controlarse con análisis cualitativos, es decir si están o no presentes en el ambiente (Claudino, 2012) | La validación realizada ha sido mediante enfoque de procesos (Claudino, 2012) | Los riesgos son identificados de forma sistemática mediante unos instrumentos definidos en la aplicación del método (Claudino, 2012) en el diseño del mismo | La valoración del riesgo contemplan cuatro coeficientes (1) indicador de seguridad, (2) índice básico, (3) coeficiente de error y (4) coeficiente de parcialidad, dónde esta información es obtenida en la fase de protocolo (Caprio, 2017) | Dependiendo del nivel técnico del responsable (s) dónde se deben tener conocimientos medios en aritmética | Esta metodología cuantifica el rango de seguridad recibe la siguiente clasificación, un índice de seguridad (Is) igual a 1, riesgo óptimo de seguridad; para Is menor que 1 y mayor o igual a 0,95, riesgo moderado de seguridad; para Is menor que 0,95 y mayor o igual a 0,76, riesgo | No se contempla dentro del protocolo establecido por el autor | La metodología está enfocada para el proceso de construcción |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|

| | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|--|--|--|
| | | | | | | importante de seguridad; y, para Is menor que 0,76, riesgo crítico de seguridad | |
| NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores" | Este método se presenta como un método cuantitativo el cual permite encontrar la probabilidad que de ocurra un evento no deseado (INSST, 1995) | El método está diseñado para la evaluación funcional, mediante análisis probabilísticos | También se describe de un instrumento para la identificación de posibles riesgos relacionados a la operación (Villegas, 2014) | Las medidas son objetivas, en el sentido que el desarrollo de la medición de los riesgos parte de una evaluación de probabilidades de diferentes situaciones | Si, requiere conocimientos altos en aritmética y probabilidades. | Se pueden generar gráficos de barras u otros para evaluar los sucesos más probables y sobre ellos generar las acciones y controles (Villegas, 2014) sin embargo el método normalizado no establece una caracterización de los riesgos. | No necesariamente, dependerá de la forma en que se defina por la implementación del sistema, el método está definido y podría ser más adecuado para sectores y actividades industriales. |
| NTP 679: Análisis | Cualitativo: Este método se | El método está diseñado para la | Si, además de un | El método normalizado | No necesariamente, se requiere un nivel | El resultado de este | No, el método no requiere de No necesariamente, |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|---|---|---|---|--|
| modal de fallos y efectos. AMFE | presenta como un método cualitativo que, por sus características, resulta de utilidad para la prevención integral de riesgos, incluidos los laborales (INSST, 2004) | evaluación funcional, lo que puede llevar a una aplicación por procesos, así es requerido, el método sólo más no es de carácter obligatorio. | conocimiento adecuado en el proceso o actividad a analizar, ya que el método sólo da parámetros generales, que requieren la interpretación de quien (es) lo implementan. | incluye parámetros que tratan de hacer objetiva la valoración del riesgo, esto mediante el análisis de tres factores: Gravedad, frecuencia y detectabilidad (INSST, 2004) | básico de conocimientos en matemática, ya que se limita al uso de multiplicaciones, es más importante el análisis en la detección de riesgos. | método es un Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), para el cual de un único límite normalizado (INSST, 2004) de 100, donde resultados menores a éste, se les considera que pueden ser asumidos. Sin embargo, en otros escenarios, éste número puede variar a 300 (Vázquez, 2018) | análisis estadísticos | dependerá de la forma en qué se defina por la implementación del sistema, el método está definido y podría ser más adecuado para sectores y actividades industriales o de servicios. |
| NTP 330 Sistema simplificado de | Cuantitativo | Si requiere caracterización, la metodología se puede aplicar | Si, el método aplica un procedimiento de actuación | No maneja valoración subjetiva, se asigna una | No, se requiere un nivel básico de conocimientos en matemática, ya que | Establecido por su significado | No, el método no requiere de análisis estadísticos ya | No necesariamente, dependerá de la forma en qué se |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|--|---|--|---|--|---|--|
| Evaluación de riesgos | a todo tipo de industria | que guía al responsable de la identificación de peligros en la deducción de los mismos y su calificación | calificación y clasificación dependiente los resultados obtenidos | se limita al uso de multiplicaciones, es más importante el análisis en la detección de riesgos. | la calificación del nivel de probabilidad | que asigna una calificación al resultado de la multiplicación del nivel de exposición y deficiencia | defina por la implementación del sistema, el método está definido y podría ser más adecuado para sectores y actividades industriales. | |
| Método William T Fine | Cuantitativo | El método está diseñado para la evaluación funcional, mediante análisis probabilísticos | Si, el método maneja tablas de valoración de las posibles consecuencias de materialización de los riesgos y depende de la aplicación de un profesional que conozca de temas de seguridad y además presupuesto de actividades de seguridad | En el factor de reducción de riesgos la calificación tiende a ser subjetiva debido a la dificultad de cuantificación económica | No, se requiere un nivel básico de conocimientos en matemática, ya que se limita al uso de multiplicaciones, es más importante el análisis en la detección de riesgos | El método asigna una calificación con las posibles consecuencias descritas en daño a las personas o costes económicos de su aplicación | No, el método no requiere de análisis estadísticos ya que asigna una calificación dependiendo de los conocimientos del responsable de su aplicación | No necesariamente, dependerá de la forma en qué se defina por la implementación del sistema, el método está definido y podría ser más adecuado para sectores y actividades industriales. |
| JAM o NTP 410 | Cuantitativo | El método requiere caracterización de procesos y puede ser | Los riesgos son identificados de forma sistemática mediante unos | No maneja valoración subjetiva, se asigna una calificación y | No, se requiere un nivel básico de conocimientos en matemática, ya que se limita al uso de | Se asigna con la calificación de la incidencia y | No, el método no requiere de análisis estadísticos | El método requiere un análisis por separado de todos los riesgos |

| | | | | | |
|--|---|---|---|--|-----------------------|
| aplicado a industrias con riesgos mecánicos | instrumentos definidos en la aplicación del método | clasificación dependiente los resultados obtenidos | multiplicaciones, es más importante el análisis en la detección de riesgos | sus niveles de aceptabilida d | de la organización |
|--|---|---|---|--|-----------------------|

Fuente: Elaboración propia

Caracterizar los métodos ya descritos, según tipo de industria, número de trabajadores y peligros.

Para la clasificación de las metodologías, se usarán los siguientes parámetros de análisis:

a) Método analizado

Aplicabilidad según tipo de industria

- b) Del sector primario, es decir, que crea la utilidad de los bienes al obtener los recursos de la naturaleza (agrícolas, ganaderas, pesqueras, mineras, etc.).
- c) Del sector secundario, que centra su actividad productiva al transformar físicamente unos bienes en otros más útiles para su uso. En este grupo se encuentran las empresas industriales y de construcción.
- d) Del sector terciario (servicios y comercio), con actividades de diversa naturaleza, como comerciales, transporte, turismo, asesoría, etc.

Cantidad de trabajadores

- a) Microempresa: Personal no superior a 10 trabajadores.
- b) Pequeña Empresa: Personal entre 11 y 50 trabajadores.
- c) Mediana Empresa: Personal entre 51 y 200 trabajadores.
- d) Grande empresa: Más de 200 trabajadores.

Peligros

- a) Aplicabilidad del método a peligros específicos

Tabla 23

Matriz por tipo de industria, no. trabajadores y peligros

| Metodología | Aplicabilidad según tipo de industria | Cantidad de trabajadores | Peligros |
|--|---|---|--|
| Estrategia Sobane y la guía Deparis | No tiene excepción para tipo de industria | Se considera para Pymes que están iniciando su proceso de evaluación de riesgos, más enfocados en Microempresas. Máximo 50 trabajadores | El manual contiene 18 ítems que intenta abarcar todo las fuentes de peligro que puedan existir en todo lugar |
| RMPP – OSALAN | No tiene excepción para tipo de industria | Hasta empresas medianas, es decir, un máximo de 200 trabajadores | Todos los considerados como fuente. No tiene una especificidad |
| Matriz IPER | No tiene excepción para tipo de industria | Más enfocados en Microempresas. Máximo 50 trabajadores | |
| Metodología QRam | Construcción | No hay limitantes por número de trabajadores | Los relacionados a la industria de construcción |
| Metodología ORL-OC/PV | Construcción | No hay limitantes por número de trabajadores | Los relacionados a la industria de construcción |
| NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores" | Ideal en industria | No hay limitantes por número de trabajadores | Cualquiera, pero es ideal para riesgos mecánicos |
| NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE | Aplicable a cualquier industria | No hay limitantes por número de trabajadores | Todos los considerados como fuente. No tiene una especificidad |
| NTP 330 Sistema simplificado de Evaluación de riesgos | Se puede aplicar a todo tipo de industria | Indeterminado | Se puede aplicar para todo tipo de peligros, sin embargo, resulta más útil aplicarlo para la evaluación de riesgos que sean más complejos a simple vista |
| Método William T Fine | Se puede aplicar a todo tipo de industria | Indeterminado | Se puede aplicar para todo tipo de peligros |

JAM o NTP 410

Se puede aplicar a todo
tipo de industria

Indeterminado

Peligros que originen
riesgos de naturaleza
mecánica

Fuente: Elaboración propia

Realizar un análisis identificando los beneficios de las metodologías analizadas frente a la más utilizada en Colombia correspondiente a la GTC 45 versión 2012.

Para hacer una comparación lógica de la metodología propuesta por el ICONTEC la matriz GTC 45 versión 2012, quisimos partir de cuatro importantes características de la misma, nivel de deficiencia (ND) relaciona un alto grado de probabilidad de que suceda un incidente o accidente, incluso teniendo en cuenta las medidas efectuadas. Está también el nivel de exposición (NE) hace referencia a los momentos que puede estar expuesta la persona a cualquier peligro, tiene en cuenta tanto repetición como duración.

El nivel de probabilidad (NP) se da de la multiplicación del valor de exposición * nivel de deficiencia y da una claridad acerca de que suceda o se materialice un accidente.

$$NP = ND * NE$$

y finalmente el nivel de riesgo definida por la guía en su versión 2012:

“Nivel de riesgo (NR) es la magnitud de un riesgo resultante del producto del nivel de probabilidad (NP) por el nivel de consecuencia (NC).”

donde el nivel de consecuencia es *“La medida de la severidad de las consecuencias.”* y es catalogado en cuatro niveles de gravedad o resultado trágico.

De los siguientes métodos:

Estrategia Sobane y la guía Deparís en comparación GTC 45 versión 2012 Ventajas: El método guía por 18 ítems que contempla, relacionados con peligros, podría ser un un

buen inicio de entrenamiento y capacitación para los trabajadores, y una muestra didáctica de posibles sucesos y consecuencias.

RMPP – OSALAN en comparación GTC 45 versión 2012

Desventajas:

1. La GTC45 en el nivel de deficiencia tiene en cuenta hasta las medidas y acciones tomadas con respecto a los peligros y consecuencias
2. No se elabora un plan de acción

Ventajas:

1. Da guía y es deductiva para identificar fácilmente un peligro
2. Los niveles y rangos contemplados son definidos a través de casos reales sucedidos en EE. UU

Matriz IPER en comparación GTC 45 versión 2012

Desventajas:

La separación en una de las matrices (Severidad) es demasiado amplio y la decisión es subjetiva en el momento de tomar la decisión en que podría pasar.

Ventajas:

Tiene establecido los enfoques para abordar un riesgo e invita a tomar varias acciones que lleven a enfrentar lo mejor posible.

QRAM Qualitative Risk Assessment Model en comparación GTC 45 versión 2012

1. Mientras que la GTC 45 versión 2012 define la evaluación del riesgo usando el nivel de deficiencia, el nivel de exposición y el nivel de probabilidad mientras que QRAM analiza el clima de seguridad (SC), Factores de Severidad (S) Factores Posibilidad (AP) y barreras de seguridad (BS).
2. Mientras que la GTC 45 versión 2012 realiza una multiplicación de los niveles el QRAM utiliza el operador Fuzzy-Or debido a que se aplica la teoría de conjuntos difusos.
3. Mientras que la GTC 45 versión 2012 habla de probabilidad, QRAM habla de posibilidad, esto debido a la utilización de la teoría de conjuntos difusos y a la variable en la que se evalúa la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo.

Ventajas

Las principales ventajas QRAM son (Claudino Véras, 2012):

1. La facilidad del método como una herramienta sistemática de evaluación de las condiciones de trabajo lo que permite a las empresas constructoras identificar, evaluar y controlar los factores de riesgos de accidentes.
2. El método se destaca por su carácter general y facilidad para ser aplicado a cualquier tipo de obra. Sin embargo, para asegurar una evaluación de riesgos consistente, se debe ajustar o particularizar al tipo de obra en análisis.
3. El protocolo aporta una herramienta que sistematiza el reconocimiento de los riesgos in situ de complejos ambientes de trabajo como son las obras de construcción

4. El método permite disponer un sistema para el tratamiento de los datos de la evaluación de riesgos del ambiente laboral:
 - a) Además de la definición de indicadores que caracterizan condiciones de trabajo.
 - b) Permite estructurar un modelo que facilite el reconocimiento de las normativas incumplidas en la obra.
 - c) Permite estructurar un modelo que sea capaz de indicar económicamente el impacto de las irregularidades en la empresa constructora.
 - d) Establecer un índice del nivel de seguridad de la obra

Desventajas

1. A pesar de lo global del método, su enfoque será la construcción y obras civiles
2. Requiere mayor nivel de tecnificación del personal que realiza los análisis de riesgos, así como para asegurar su implementación adecuada.
3. No cabe la interpretación cuantitativa de las condiciones psicológicas en base al cumplimiento de una normativa, por lo que no puede considerarse de carácter global (Carpio de los Pinos, 2017).
4. Al ser un protocolo creado bajo una legislación específica y estás compuesto por una lista de verificación con preguntas que traducen la legislación de PRL al lenguaje técnico, podría conllevar a que cambios de normatividad u otros, generen desajustes o necesidades de actualización a medida que se presentan los cambios normativos. En palabras del autor “puede resultar difícil, por su distribución en diversos documentos y sus constantes modificaciones” (Claudino Véras, 2012)

ORL-OC/PV en comparación GTC 45 versión 2012

1. Mientras que la GTC 45 versión 2012 define la evaluación del riesgo usando el nivel de deficiencia, el nivel de exposición y el nivel de probabilidad mientras que ORL-OC/PV numeración, requisitos, calificación, número de trabajadores y equipos de trabajo. Posee 125 requisitos distribuidos en 15 grupos en los que se dividieron las actividades de la obra. La estructuración de los requisitos se hace en dos bloques.
2. Mientras que la GTC 45 versión 2012 realiza una multiplicación de los niveles el ORL-OC/PV utiliza como operadores Clasificación, número de trabajadores y tipología de la exposición.

Ventajas

Las principales ventajas ORL-OC/PV son (Claudino Véras, 2012):

1. La facilidad del método como una herramienta sistemática de evaluación de las condiciones de trabajo lo que permite a las empresas constructoras identificar, evaluar y controlar los factores de riesgos de accidentes.
2. El método se destaca por su carácter general y facilidad para ser aplicado a cualquier tipo de obra. Sin embargo, para asegurar una evaluación de riesgos consistente, se debe ajustar o particularizar al tipo de obra en análisis.
3. El protocolo aporta una herramienta que sistematiza el reconocimiento de los riesgos in situ de complejos ambientes de trabajo como son las obras de construcción
4. El método permite disponer un sistema para el tratamiento de los datos de la evaluación de riesgos del ambiente laboral:
5. Además de la definición de indicadores que caracterizan condiciones de trabajo.

6. Permite estructurar un modelo que facilite el reconocimiento de las normativas incumplidas en la obra.
7. Permite estructurar un modelo que sea capaz de indicar económicamente el impacto de las irregularidades en la empresa constructora.
8. Establecer un índice del nivel de seguridad de la obra

Desventajas

1. A pesar de lo global del método, su enfoque será la construcción y obras civiles
2. Requiere mayor nivel de tecnificación del personal que realiza los análisis de riesgos, así como para asegurar su implementación adecuada.
3. No cabe la interpretación cuantitativa de las condiciones psicológicas en base al cumplimiento de una normativa, por lo que no puede considerarse de carácter global (Carpio de los Pinos, 2017).
4. Al ser un protocolo creado bajo una legislación específica y estás compuesto por una lista de verificación con preguntas que traducen la legislación de PRL al lenguaje técnico, podría conllevar a qué cambios de normatividad u otros, generen desajustes o necesidades de actualización a medida que se presentan los cambios normativos. En palabras del autor “puede resultar difícil, por su distribución en diversos documentos y sus constantes modificaciones” (Claudino Véras, 2012)

NTP 333 Metodología del Árbol de fallos y errores comparación GTC 45 versión 2012.

Mientras que la GTC 45 versión 2012 define la evaluación del riesgo usando el nivel de deficiencia, el nivel de exposición y el nivel de probabilidad mientras que NTP 333 hace un análisis probabilístico de actividades que tengan históricos o estadísticos.

Ventajas

1. Las principales ventajas NTP 333 son:
2. Al diseñar sistemas para el control de los fallos analizados, se podría estimar el porcentaje de disminución de la probabilidad, en algunos casos, esa disminución podría ser de hasta un 99.9% (Villegas, 2014)
3. En la implementación de acciones propuestas para la disminución de los fallos, puede derivar en reducción de costos de operación (Villegas, 2014)
4. En la implementación de acciones propuestas para la disminución de los fallos, puede derivar en la generación de sistemas más tecnificados y autónomos (Villegas, 2014)

Desventajas

1. Su aplicabilidad en servicios es limitante y su impacto también, ya que conseguir la información estadística fiable es un proceso más complicado. El diseño e implementación están más enfocados en sectores industriales.
2. Se requiere de mano de obra calificada para el análisis y establecimiento de sistemas de control sobre los riesgos.

NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) en comparación GTC 45 versión 2012

Mientras que la GTC 45 versión 2012 define la evaluación del riesgo usando el nivel de deficiencia, el nivel de exposición y el nivel de probabilidad mientras que NTP 679 analiza una variable adicional relacionada con los controles existentes por parte de la organización, permitiendo minimizar o maximizar el resultado final de análisis del riesgo.

Ventajas

1. Las principales ventajas NTP 679 son:
2. En su diseño normalizado permite la identificación de los responsables de la implementación de controles (INHST, 2004)
3. En su diseño normalizado permite realizar un control de implementación de las acciones propuestas y un segundo análisis de riesgo residual calculado en la medición de un segundo NPR (INHST, 2004) Esto puede derivarse en que el mismo se derive como una herramienta de seguimiento y evaluación de la eficacia de los controles propuestos.

Desventajas

1. No permite una clasificación de los controles propuestos en función de controles de los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
2. El método normalizado es genérico en cuanto a la cuantificación de los grados de probabilidad, gravedad y detectabilidad, no estableciendo criterios específicos para situaciones de seguridad y salud en el trabajo.

Método NTP 330 Sistema simplificado de Evaluación de riesgos en comparación GTC 45 versión 2012

Ventajas

1. Una de las mayores ventajas de este método es que relaciona un nivel de intervención según la valoración resultante, lo que distingue elimina la subjetividad que tiene la GTC – 45 en cuanto a la decisión de priorización de Riesgos.

Desventajas

1. Por otro lado, es importante mencionar que esta metodología requiere mayor tiempo de aplicación que otros métodos, por lo que resulta tediosa e incoherente su aplicación en riesgos leves.

Método William T Fine en comparación GTC 45 versión 2012

Ventajas

1. Su principal diferencia respecto a la GTC – 45 versión 2012, es que este método incluye un análisis de costos y valores tanto de implicaciones como de las medidas de control, lo anterior resulta útil si la persona que califica tiene pleno conocimiento de la actividad

Desventaja

1. Lo que se considera como su principal ventaja también puede jugar un papel en contra si la persona que evalúa no tiene conocimientos en análisis de presupuesto ya que se puede caer en errores de subjetividad.

Método JAM o NTP 410 en comparación GTC 45 versión 2012

Ventaja

1. Este método tiene un análisis matemático simple que gráficamente sitúa el evaluador en cuadrantes que van categorizados según la prioridad de atención del riesgo obtenido.

Desventaja

1. Diferente a la GTC – 45 versión 2012 esta metodología no sirve para evaluar todos los riesgos, además que requiere de mucho tiempo de calificación para contemplar

cada riesgo, por ende, es recomendable aplicar para riesgos que desde la evaluación inicial tenga un valor alto o significativo.

17. Análisis e interpretación de los resultados

Es común en el medio productivo encontrar en las empresas un cierto significado de seguridad cuando se tiene establecida la “matriz de riesgos” como es conocida comúnmente, y al saber que las nuevas exigencias y la nueva modalidad es una valoración “sine qua non” del capital humano, de la vida integral y después de todo un análisis crítico, reconstructivo y valorativo, encontramos que las diferentes metodologías evaluadas aportan tanto como la norma colombiana GTC 45 versión 2012, pero que es importante

- 1) Que cumpla su revisión y versiones más continuamente
- 2) Le agreguen una cuantificación o pérdida valorada a los posibles riesgos y peligros.
- 3) Que se haga uso de los diferentes casos de accidentes sucedidos en años anteriores, para establecer puntajes y tablas basados en datos estadísticos.

Así mismo la recomendación para las empresas, sobre todo aquellas que tienen un riesgo importantes, deben ajustar, apropiar, implementar, varias metodologías incluso que no han sido especificadas para su industria, además de aconsejar el uso en la variedad de metodologías cualitativas y cuantitativas porque el reconocimiento de sus riesgos será más propio y particular, de tal modo que puedan cruzar la información, conformar una base de datos contundente y la planeación de seguridad y salud en el trabajo se encuentre mejor sustentada.

Discusión

En los resultados del presente proyecto se puede apreciar el análisis de diferentes metodologías de evaluación de riesgos laborales recomendadas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, y que han sido aplicadas en diversos análisis.

En concordancia con (Niño, Reyes, & Sandoval, 2018) es imposible establecer una metodología global o única para la identificación de riesgos laborales, debido a la diversidad y dinamismo de los escenarios de trabajo, bien sea por la tecnología, modernización o situaciones ajenas como las que vivimos actualmente con el COVID-19, y porque cada empresa maneja condiciones un conjunto de riesgos particulares.

Adicional a esto, es importante mencionar que tal como lo referencia (Quezada & Martín, 2013) algunas de las metodologías no presentan diferencias significativas en cuanto a riesgos a estimar.

Sin embargo, con la clasificación por atributos de las metodologías analizadas en el presente trabajo se puede facilitar a los analistas de Seguridad y Salud en el Trabajo de las organizaciones la elección de una metodología apropiada. Lo anterior, siempre deberá venir acompañado de fases primordiales para una correcta identificación de riesgos laborales, tales como: la caracterización de la actividad económica, clasificación de actividades, identificación de puestos de trabajo.

Así mismo, es importante mencionar que el proceso de identificación y valoración de riesgos siempre debe desencadenar a un conjunto de acciones que se encaminan desde la priorización de los riesgos identificados, todo esto con el fin de estructurar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo de una manera racional y lógica.

18. Análisis financiero

La inversión que se realizó para el presente proyecto de investigación se presenta por medio de la siguiente Tabla donde se evidencian costos de materiales y costos de trabajo de los profesionales.

Tabla 24

Costos del trabajo de investigación

| Elemento | Valor hora | Cant. horas aprox. | Total | Participación de la inversión % |
|----------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------|--|
| Uso de computador | \$ 1.000 | 180 | \$180.000 | 6% |
| Internet | \$ 800 | 180 | \$ 144.000 | 5% |
| Hora de trabajo profesional | \$ 15.000 | 180 | \$ 2.700.000 | 89% |
| Costo total elaboración análisis | \$ 16.800,00 | | \$ 3.024.000 | 100% |

Fuente: Elaboración propia

19. Conclusiones

Se alcanzó a examinar y analizar a profundidad 10 metodologías con todas sus variaciones para realizar caracterizaciones, comparaciones y resultados, incluso con respecto a la GTC 45 versión 2012.

Encontramos que la subjetividad y las presunciones pueden hacer parte de las aplicaciones de los métodos. Aunque varias de ellas contengan series matemáticas que lleven a soluciones más fidedignas.

Actualmente se diferencia la importancia de metodologías enfocados en sus resultados, en los datos y los históricos, en proyectos en donde no se cuenta con registros justificados; el análisis de riesgo se verá comprometido en accidentes y capital humano “sacrificado”

El predominio de los diferentes tipos de exploraciones, siendo la cualitativa, la que más facilidades proporciona para el período inicial y final, y durante las etapas intermedias el cuantitativo integra la solidez puntual que justifica la toma de decisiones.

Los métodos diseñados para sectores específicos pueden proveer de sistemas o mecanismos de control de riesgos más robustos, para los mismos, derivando mayor eficacia del sistema de gestión del riesgo.

Los métodos genéricos, que aplican a varios sectores, requieren mayor conocimiento de las actividades a analizar, ya que no existen mecanismos o instrumentos que permitan la identificación sistemática de riesgos en las actividades misionales de la empresa.

Los métodos probabilísticos serán de mayor eficacia en actividades industriales, sobre todo en aquellas que los sistemas de control o mecanismos dispuestos, permitan evaluar objetivamente la disminución de probabilidad de materialización del riesgo.

Pocos métodos incluyen dentro de los documentos normalizados actividades para el seguimiento de las actividades propuestas para el control de los riesgos y una posible evaluación del riesgo residual, en particular el único método analizado que incluía en su versión normalizada esta condición era AMFE.

La existencia de métodos con instrumentos de evaluación de riesgos (OC/PV-ERL) permiten evaluar de forma sistemática los riesgos relacionados al sector en el que se propone su implementación.

20. Referencias

- Icontec Internacional. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. Disponible en:*
<https://idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/gtc450.pdf>
- Bedoya-Marrugo, E. (2017). Sistemas de riesgos laborales en América Latina y otros países. Bogotá D.C.: Alfaomega.*
- Ceballos G., R., Rincón, J. y Montaña O., K. (2020). Análisis de factores de riesgos laborales a través de datos abiertos. Mare Ingenii. Ingenierías, 1(2), 29-45. Disponible en: <http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi/article/view/298>.*
- Confederación Española de Comercio, Federación Estatal de Trabajadores de Comercio, Hostelería-Turismo y juego, Unión General de Trabajadores, Federación Estatal de Comercio, Hostelería y Turismo de Comisiones Obreras (2012). La prevención de riesgos laborales en el sector comercio. Madrid: SGS.*
- Cortés D., J.M. (2002). Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales. México: Alfaomega.*
- Hernández, P. J., A. (s. f.). Una propuesta de nuevo paradigma para ejercer la salud y seguridad en el trabajo. Health and safety, 14.*
- INSST: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (1996). Evaluación de Riesgos Laborales. <https://www.insst.es/>*
- INSST: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (1994). Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente (NTP 330). <https://www.insst.es/>*

Organización Internacional de Normalización (2019). Técnicas de evaluación de riesgos (ISO/IEC 31010). <https://www.iso.com/>

Medina Bermúdez, C. I. (2001). Paradigmas de la investigación sobre lo cuantitativo y lo cualitativo. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 10, 79-84. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rcin.1382>

Ministerio del Trabajo. Resolución 312 de febrero 13 de 2019. “Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST”. Disponible en: http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_46de196963114b319f6f857c71866976

Normas ISO escuela europea. (2014) Oshas 18001. Matriz IPER. Recuperado de: <https://www.nueva-iso-45001.com/2014/12/ohsas-18001-matriz-iper/>

Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte (s.f.). Diseño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, basado en la norma ISO 45001:2018, para la empresa “Macusa” de la ciudad de Ibarra. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10094>

Calvo Roy, Jorge. (diciembre de 2015). Análisis Comparativo de Metodologías de Evaluación de Riesgos. Zaragoza.

Contreras Velásquez, Z. R. (2019). Comparación de métodos utilizados en la valoración del riesgo biológico. Rev Asoc Esp Med Trab, 91 - 108.

Díaz, K., & Martínez, L. (2019). Análisis comparativo entre los sistemas de seguridad y salud en el trabajo SG-SST de los países miembros de la comunidad andina de naciones CAN. Bogotá, Colombia.

- Niño, M., Reyes, C., & Sandoval, W. (2018). *Análisis comparativo de metodologías para identificación y valoración de riesgos laborales en américa latina. Cúcuta, Colombia.*
- Ayuud, B. (2003). *Risk analysis in engineering and economics*. E.U.A: GlobalBook Technical & Scientific Books.
- Hessian, R. (1991). *Checklists Reviews. Risk assessment for the chemical process industry*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- INSHT. (1995). *NTP 333: Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores"*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- INSHT. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- INSST. (1996). *GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES*. Obtenido de Evaluación de riesgos laborales:
https://www.insst.es/textos-tecnicos/-/asset_publisher/Af6M6IuiLPta/content/evaluacion-de-riesgos-laborales-ano-1996?inheritRedirect=false
- Montoya, J. (23 de junio de 2008). *Bibliotecas UDLAP*. Recuperado el 04 de 2021, de Análisis de riesgo con la metodología HAZOP a subestaciones eléctricas de CFE:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/montoya_m_j/
- Pinos, A. J. (2017). *Nueva metodología de evaluación de riesgos laborales adaptada a obras de edificación: nivel de la acción preventiva*. Madrid (España): Universidad Politécnica de Madrid.

- Pinto, A. (2013). *QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets*. Costa da Caparica, Portugal: El Sevier (Safety Science).
- Rubio, J. C. (2004). *Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Valencia, A. V. (2018). *Seguridad del paciente y gestión del riesgo sanitario aplicando el análisis modal de fallos y efectos (AMFE)*. Madrid (España): Universidad Complutense de Madrid.
- Véras, J. C. (2012). *Método para la Evaluación de Riesgos Laborales en Obras de Construcción de Grandes Viaductos*. Barcelona (España): Universitat Politècnica de Catalunya.