



**Análisis sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar  
los sistemas de seguridad en el trabajo.**

Modalidad: Monografía de Análisis

Dayana Lizeth Benítez Mancipe

CC 1052405968

Elsy Paola Pedraza Pineda

CC 1019103137

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA**  
**Tecnología en Producción Industrial**  
**Bucaramanga (1/11/2022)**



**Análisis sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar  
los sistemas de seguridad en el trabajo.**

Modalidad: Monografía de Análisis

Dayana Lizeth Benítez Mancipe

CC 1052405968

Elsy Paola Pedraza Pineda

CC 1019103137

**Trabajo de Grado para optar al título de:**

Tecnología en Producción Industrial

**DIRECTOR(A):**

Obdulio Solano Ruiz

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA  
Tecnología en Producción Industrial  
Bucaramanga (15/11/2022)**

Nota de Aceptación

APROBADO en cumplimiento de  
los requerimientos exigidos por las  
Unidades Tecnológicas de Santander para optar  
el título de Tecnólogo en Producción Industrial según acta del  
comité de trabajo de grado número 43 del 16 de Diciembre del 2022  
Evaluador: Luis Fernando Gualdrón



Luis Fernando Gualdrón Q.  
Ing. Electrónico

---

Firma del Evaluador



Firma del Director

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a nuestros padres quienes nos brindaron un apoyo constante en todo el proceso universitario, gracias a ellos logramos llegar hasta el final de este ciclo formativo de la carrera para el caso de la Tecnología y, además, siempre recibimos la orientación y los mejores deseos a en todo momento. Igualmente cabe un reconocimiento y dedicatoria especial a los docentes de la Tecnología en Producción Industrial de la UTS que con su guía y orientación nos ayudaron en el proceso de enseñanza a nivel académico e institucional.

***Dayana Lizeth Benítez Mancipe***

***Elsy Paola Pedraza Pineda.***

## AGRADECIMIENTOS

De manera unánime los autores del presente trabajo en la modalidad de Monografía de Análisis, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento, principalmente al docente y tutor, Obdulio Solano Ruiz, pues gracias a sus conocimientos, fue posible la realización de este trabajo y también gracias a su constante dedicación y tiempo para el desarrollo del mismo.

A nuestros padres porque nos enseñaron que gracias al esfuerzo y trabajo constante se consigue un objetivo. Y finalmente a nuestros compañeros de trayectoria académica de la Tecnología en Producción Industrial, que formaron parte del aprendizaje continuo y el crecimiento como futuros tecnólogos y profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO .....	9
INTRODUCCIÓN .....	9
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
2. MARCO REFERENCIAL.....	17
2.1 MARCO TEÓRICO.....	17
2.1.1 CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	17
2.1.2 LOS AMBIENTES SEGUROS DE TRABAJO O ATS .....	22
2.1.3 CULTURA DE LA SEGURIDAD Y COMPORTAMIENTOS SEGUROS EN EL TRABAJO .....	25
2.1.4 SG SST O SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL .....	29
2.3 MARCO LEGAL.....	32
3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	35
3.1 ENFOQUE Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.3 FASES DE INVESTIGACIÓN .....	36

F-DC-125	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO	VERSIÓN: 1.0
4.	DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....	38
4.1	ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS .....	38
5.	RESULTADOS .....	40
5.1	MÉTODOS DE CONFIABILIDAD UTILIZADOS EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y COMPARACIÓN DE LOS MISMOS .....	40
5.1.1	EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	40
5.1.2	DIAGRAMA DE PARETO .....	42
5.1.3	ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	43
5.2	ACTUALES OPCIONES DE MEJORA CONTINUA AL SISTEMA DE SEGURIDAD EN LAS EMPRESAS .....	45
5.2.1	ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ .....	45
5.3	RECOMENDACIONES PARA UN PLAN DE MEJORA ESTRATÉGICO, CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DEL MANTENIMIENTO .....	49
6.	CONCLUSIONES .....	52
7.	RECOMENDACIONES .....	54
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Impacto de la ingeniería de la confiabilidad en la Industria .....	20
figura 2. El sistema de gestión SST en Colombia .....	28
Figura 3. Diagrama de Pareto .....	42
Figura 4. Análisis de criticidad .....	44
Figura 5. Línea de tiempo de las metodologías del ACR.....	47
Figura 6. Diagrama de Ishikawa.....	48

## RESUMEN EJECUTIVO

La confiabilidad se ha convertido en un proceso y aplicación estratégica de vital importancia para la mayoría de las empresas y organizaciones, ya que significa reducir la frecuencia, la duración y el impacto de los eventos planificados y no planificados. Esto último significa que, la confiabilidad se orienta hacia el mantenimiento de la coherencia y la ejecución de la producción, siempre buscando garantizar operaciones confiables para mantener la competitividad. Es decir, lo que persigue o busca la confiabilidad aplicada a cualquier sector industrial es mejorar la efectividad general de equipos, recurso humano, proceso y servicios con el fin de reducir tiempos muertos.

En este orden de ideas, el presente trabajo traza por objetivo analizar la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo. Para ello se parte de una descripción de los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo, lo cual permitirá a su vez comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo, para finalmente poder generar un plan de mejora estratégico centrado en la confiabilidad del mantenimiento. El diseño metodológico que se empleó fue descriptivo con el fin de abordar y desarrollar el tema planteado.

**PALABRAS CLAVE:** *Confiabilidad, Fallas, Mantenimiento, PHVA, SST.*

## INTRODUCCIÓN

Para hablar de la SST, es necesario tener presente que dentro de toda actividad industrial el recurso humano sigue siendo una pieza central, que junto con la ocurrencia de fallas, problemas o accidentes que pueden comprometer no solo la salud y seguridad del personal, son factores fundamentales dentro de todo proceso productivo en una empresa (Contreras & Lesmez, 2021).

En efecto, se trata de una de las realidades inherentes a toda actividad industrial, donde para el caso del factor humano, siempre está presente la posibilidad de equivocarse o inducir a errores, por lo que esta realidad ha llamado la atención en diversas áreas del conocimiento en especial por sus consecuencias. En el sector industrial, por ejemplo, se observa gran interés por medir la contribución humana en las fallas que generan pérdidas al igual que se les atribuye un gran porcentaje en los accidentes laborales lo que ha llevado a buscar respuestas en estrategias que ayuden a entender el error y controlarlo (García I., 2018).

Inicialmente las compañías más interesadas en este tema pertenecían a la industria petrolera, ferroviaria y nuclear que, desde finales de los 70s, han aplicado modelos de Confiabilidad Humana, HR por sus siglas en inglés (Human Reliability), enfocadas en la posibilidad de mejorar la relación hombre-máquina, producto de la preocupación por la dimensión catastrófica que podrían tomar las consecuencias de posibles errores que pudieran cometerse en sus procesos; sin embargo, en la actualidad se busca transferir estas metodologías a otros sectores productivos encontrando interesantes avances en la comprensión del error humano y se espera que aunque por el momento está siendo utilizado en su componente reactivo pueda llegar a aplicarse con el verdadero fin de la confiabilidad que es el componente proactivo-predictivo y así contribuya a evitar efectos negativos de los errores humanos (García I., 2018).

A propósito de las actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas, resulta preciso subrayar que cada vez más se buscan respuestas en los modelos de confiabilidad humana para entender el error; y buscar alternativas (aplicando la ingeniería de la confiabilidad), para lo cual se está transfiriendo estas metodologías a otros sectores productivos y se espera que pueda llegar a aplicarse con su verdadero fin “proactivo-predictivo” y así evitar o mitigar los efectos negativos de los errores humanos, en este caso centrado en un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad (Candelaria, 2018).

Por lo tanto, el presente trabajo de grado desarrollado en la modalidad de monografía de análisis planteó analizar la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo. Para ello se parte de una descripción de los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo, lo cual permitirá a su vez comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo, para finalmente poder generar un plan de mejora estratégico centrado en la confiabilidad del mantenimiento. El diseño metodológico que se empleo fue descriptivo.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La confiabilidad es un área específica, que guarda estrecha relación tanto con el mantenimiento como con el carácter preventivo, para estimar la vida útil de productos, calidad en los procesos y desde luego vida útil de máquinas o equipos industriales (Salazar, 2019).

Tal y como señalan (Gasca, Camargo, & Medina, 2018), en este sentido la gestión del mantenimiento se asocia con una mayor eficiencia en todos y cada uno de los procesos involucrados dentro del proceso productivo, y que a mediano y largo plazo, suele representar mejoras en términos de optimización y estandarización de procesos, para garantizar mayor durabilidad tanto de la maquinaria que es empleada en los diferentes sectores industriales, como de los procesos asociados a esta. Los criterios y parámetros de desarrollo para la implementación de actividades de mantenimiento usualmente provienen desde la alta gerencia, no obstante; en muchas ocasiones se omite o ignora la necesidad de garantizar una vida útil de manera eficiente para aquellos activos de una empresa u organización con los cuales se lleva a cabo toda la actividad productiva.

El objetivo central y razón de ser de la confiabilidad, es que aumenta y mejora las condiciones de operabilidad tanto de los activos de cualquier empresa, al tiempo que permite garantizar las metas en términos de procesos productivos para cualquier sector e industria y lo hace es a través de un diagnóstico y estimación sobre que tanto puede funcionar por un periodo de tiempo de forma óptima,

equipos, procesos, personal, y la manera en que se ejecuta la confiabilidad del mantenimiento dentro de la organización (Olarte, Botero, & Cañón, 2018).

Ahora bien, en el caso de las empresas del sector de alimentos, dichas empresas desarrollan productos certificados logrando una mayor eficiencia y rentabilidad en los procesos de producción para; restaurantes, hoteles, pastelerías, reposterías entre otros.

Sin embargo y pese a que el proceso de producción se desarrolla gracias una serie de equipos industriales, los cuales requieren de rutinas de mantenimiento para garantizar la confiabilidad y eficiencia de los mismos; en muchas ocasiones se producen una serie de impactos negativos derivado de paradas por fallos no diagnosticados a tiempo, y a su vez se enfatiza en la importancia de aumentar el tiempo promedio con que se presentan fallas, y reducir los tiempos de reparaciones (Díaz, García, & Ramírez, 2018).

Por lo tanto, esta propuesta se concibe a partir de la necesidad de contar con un enfoque basado en la confiabilidad para garantizar la eficiencia en los sistemas de seguridad de las empresas de alimentos. Para lograr tal cometido es necesario estudiar, como funciona y cuál es el alcance de un programa de mantenimiento como mejora estratégica, al sistema de seguridad en el trabajo para las empresas de alimentos.

### **Pregunta de Investigación**

La Pregunta de investigación planteada es:

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

En los últimos 5 años ¿Cuál es la importancia de los métodos de confiabilidad para mejorar la gestión de mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo en las empresas?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Con la confiabilidad y el mantenimiento como ejes centrales de trabajo dentro de cualquier actividad industrial, lo que se persigue es, tanto la eficiencia como la eficacia en los procesos productivos y para ello es indispensable el desarrollo de enfoques y metodologías de trabajo que brinden seguridad en términos de prevención temprana de fallas y tiempos de respuesta ante los problemas detectados para los equipos (Yañez, Perdomo, & Gómez de la Vega, 2018).

En efecto, se puede afirmar que la confiabilidad es una herramienta metodológica de análisis, con la cual se reducen tiempos de espera dentro del proceso productivo, derivado de paradas por fallas de las maquinas, activos y personal involucrado y en donde además es posible contar con una estrategia de eficiencia en toda la cadena productiva orientada según el tema aquí propuesto, hacia la optimización de sistemas de seguridad en el trabajo.

Por lo tanto, con el desarrollo de la presente propuesta, se contribuye desde el punto de vista académico y práctica, hacia la resolución de problemas detectados al interior de las empresas de alimentos frente a sus sistemas de seguridad, en la cual como futuros tecnólogos en producción industrial, se direcciona la aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación académica, hacia un problema puntual, a saber; la confiabilidad del mantenimiento como mejora continua al sistema de seguridad en el trabajo en las empresas de alimentos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo, mediante consultas en diferentes fuentes bibliográficas.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Crear una base de datos con revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el periodo de tiempo de enero de 2015 a Marzo de 2022 de acceso abierto y texto completo en idioma inglés y español sobre los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión de mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo.
- Describir los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo.
- Comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo
- Identificar las actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas.
- Formular una serie de recomendaciones, para generar un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Marco Teórico

A continuación, se desarrollan y exponen los principales enfoques, teorías y autores vinculados con la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos trazados en el presente trabajo.

#### 2.1.1 Confiabilidad del Mantenimiento

El mantenimiento es visto, en la industria, como un mal necesario, un gasto o una pérdida en el que debe incurrir la organización para mantener operativo su proceso productivo. Debido a esto, las prioridades de la empresa no se centran normalmente en el mantenimiento de sus equipos sino en la producción que estos presentan. La utilización de indicadores objetivos de mantenimiento, que permitan evaluar estos procesos, puede ayudar a corregir deficiencias e incrementar la producción de cualquier planta industrial (Mata, Aller, & Bueno, 2018).

Muchos de estos indicadores pueden relacionar los costos del mantenimiento con la producción o las ventas, otros permiten determinar si la disponibilidad es adecuada o qué factores se deben modificar para lograr que se incremente. Los objetivos principales de las actividades de mantenimiento se pueden resumir en: permitir que las operaciones de mantenimiento puedan ser realizadas rutinariamente, reducir su cantidad y frecuencia, minimizar los insumos necesarios, optimizar la cantidad de mantenimiento preventivo requerido, asegurarla adecuada utilización de los talleres donde se realiza y mejorar su organización (Gasca, Camargo, & Medina, 2018).

Puede afirmarse entonces, que la importancia del mantenimiento para el sector industrial radica en la necesidad que tienen las empresas de conservar todas sus máquinas, activos productivos y repuestos empleados e instalaciones trabajando continua y eficientemente. Existen dos formas de mantenimiento, uno es el mantenimiento correctivo dedicado a la reparación de los equipos en el momento en que fallan; y el otro, es el mantenimiento preventivo encargado de detectar daños en los equipos antes de que éstos dejen de funcionar y detengan el proceso de producción (Botero & Cañón, 2019).

De lo que antecede, se puede afirmar que es de suma importancia garantizar no solo la calidad de los procesos y operaciones que se llevan a cabo con maquinaria, equipos, y repuestos en general, sino también, garantizar la calidad de los mismos. Para ello se hace necesario mantenerlos en condiciones operativas y asegurar que los procesos tengan continuidad de trabajo. Igualmente cabe subrayar que se dispone de equipos que por uso continuo están sujetos a desgaste y como tal requieren de revisiones periódicas y de mantenimientos que garanticen la integridad de los mismos.

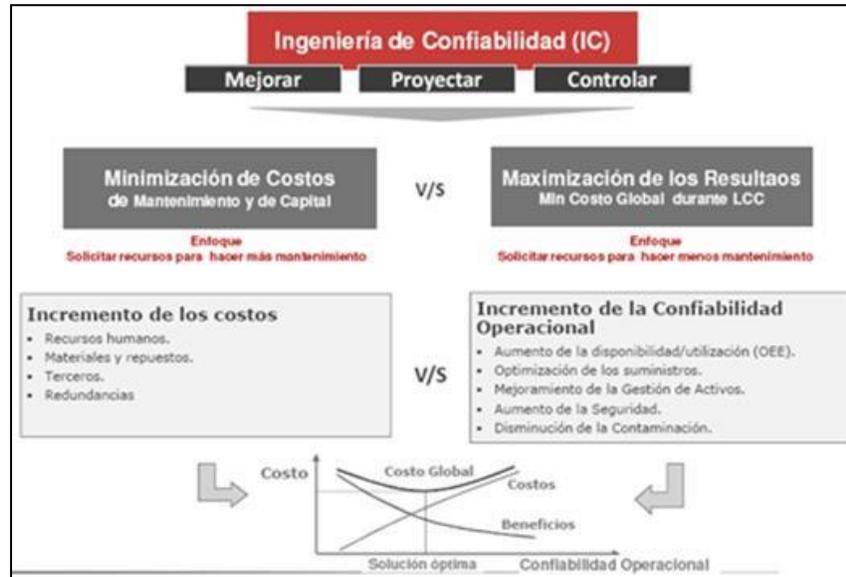
Desde luego el mantenimiento en sí mismo, debe ser complementado para garantizar el cumplimiento de los estándares en los procesos de producción en cualquier empresa, sector o industria (incluida la industria de alimentos). Es así, como junto al mantenimiento también interviene la confiabilidad, la cual es la base justamente de aquello que se denomina como ingeniería de Mantenimiento. Naturalmente la ingeniería de la confiabilidad resulta en extremo importante, pues al involucrar análisis probabilísticos -que permitirán estimar la ocurrencia-, frente al correcto funcionamiento en un periodo de tiempo determinado, de cualquier equipo o componente; en ese mismo sentido, permite al sector industrial aplicar esta ingeniería bajo una metodología de análisis que, de forma eficaz, mejora los

tiempos de respuesta evitando las fallas en el tiempo de las maquinas y equipos industriales (Scenna, 2018).

La Ingeniería de Confiabilidad aumenta y mejora las condiciones de operabilidad de los activos lo cual permite garantizar las metas en términos de procesos productivos para cualquier sector e industria. Y lo hace es a través de un diagnóstico y estimación sobre que tanto puede funcionar por un periodo de tiempo de forma óptima los equipos, procesos y personal, y la manera en que se ejecuta la confiabilidad del mantenimiento dentro de la organización. Por lo tanto se busca disminuir el impacto derivado de paradas por fallos no diagnosticados a tiempo, y a su vez se enfatiza en la importancia de aumentar el tiempo promedio con que se presentan fallas, y reducir los tiempos de reparaciones, es decir, (MTTF) y (MTTR). Se persigue tanto la eficiencia como la eficacia en los procesos productivos y para ello es indispensable el desarrollo de enfoques y metodologías de trabajo que brinden seguridad en términos de prevención temprana de fallas y tiempos de respuesta ante los problemas detectados para los equipos (Arango, Tarantino, & Aranguren, 2018).

En efecto, para entender cuál es el impacto de la ingeniería de la confiabilidad sobre los procesos industriales y en particular como contribuye en la optimización de los equipos industriales, desde el punto de vista del mantenimiento y la prevención de fallas en los equipos que de hecho, se vincula con el mantenimiento preventivo, es necesario, determinar conceptualmente, que se entiende por confiabilidad y que implica la ingeniería de la confiabilidad, como un tipo de ingeniería aplicada (ver figura 1).

**Figura 1.** Impacto de la Ingeniería de la confiabilidad en la Industria



Fuente: (Scenna, 2018)

Así, por ejemplo, autores como Scenna (2018), sostienen que, debido a la obsolescencia programada, al desgaste natural o el uso acumulado y repetitivo, es natural que equipos, activos y maquinaria en general falle, motivo por el cual la teoría de la Confiabilidad, establece que las probabilidades de que cualquier componente falle son altas y no se puede garantizar la prevención de la falla, a menos que se identifica de manera temprana.

De la teoría de la confiabilidad surgen campos disciplinares y áreas aplicadas como la ingeniería de la confiabilidad, en la cual, la prioridad es el análisis en las fallas de los dispositivos, el análisis del impacto en el entorno ante una explosión, un incendio: ver cómo identificar esas fallas y minimizar su frecuencia de ocurrencia, Esto se puede realizando mediante la implementación de adecuadas inspecciones e intervenciones preventivas y predictivas de (Scenna, 2018).

De otra parte, la confiabilidad, es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes. Como se deduce de esta definición, la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros. A su vez, este mismo autor, sostiene que, la confiabilidad es una constante en los departamentos de mantenimiento ya que éste mide, en cierta forma, la efectividad de los planes de mantenimiento que se están aplicando sobre los activos mantenibles (Palacio, 2019).

Cabe advertir entonces que de la ingeniería de la confiabilidad se desprenden dos conceptos clave, que se vinculan con el análisis de equipos o sistemas y en conjunto estos conceptos, permiten orientar una metodología para mejorar tanto procesos como los activos en el entorno industrial. A este último respecto, se plantea dos definiciones importantes que son:

- Confiabilidad: Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.
- Confiabilidad Operacional: Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico (Huerta , 2019).

Este proyecto se fundamenta sobre los principios del mantenimiento preventivo y sus herramientas. La identificación correcta de los equipos y un historial de falla son los principales argumentos para iniciar con la clasificación, cuantitativa y cualitativa de la criticidad de los equipos y los procesos.

Uno de los objetivos más importante de mantenimiento es asegurar que el equipo estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que esto puede llegar a ser muy caro y anti rentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es pues generalmente suficiente

Por medio de herramientas básicas del mantenimiento preventivo (RCM) tales como son: Análisis Causa Raíz, Diagramas de Pareto y Análisis de Criticidad, se pretende enfocar y dar respuesta al objetivo principal, el cual permitirá optimizar la disponibilidad y operatividad de los equipos de una organización o institución, así como mejorar tiempos de respuesta, control sobre los costos, repuestos y herramientas utilizadas en el proceso de mantenimiento. Sin embargo, para el desarrollo del mismo se incorpora en este marco teórico otros enfoques relacionados con el mantenimiento y cuidado básico, tales como la ingeniería de la confiabilidad, así como otras herramientas y métricas para identificar y valorar fallas de equipos.

### ***2.1.2 Los ambientes seguros de trabajo o ATS***

Durante las últimas décadas el proceso de desarrollo ha producido importantes y múltiples alteraciones del medio, las cuales, a su vez, han afectado positiva o negativamente la salud de las personas. Los factores de riesgo laboral pueden darse en el ambiente local del puesto de trabajo, pueden depender de la forma de organización del proceso productivo o bien derivarse de una compleja red de elementos que constituye el sistema social en el cual están insertadas las diversas actividades profesionales. Lo dicho muestra la necesidad de identificar los factores etiológicos que intervienen en un accidente o en una enfermedad originada en el desempeño de un trabajo (Loli, 2018).

Actualmente se sabe que el origen de las enfermedades asociadas al trabajo de mayor prevalencia entre la población no está sólo en los factores considerados como clásicos (exposición a una sustancia concreta, inhalaciones, horarios extenuantes), sino que son debidas a múltiples productos tóxicos, aunque en cantidades menores, y cuyas consecuencias, sin ser en un principio mortales, se producen a más largo plazo. Las enfermedades ocupacionales de hoy se producen dentro y fuera del ámbito laboral y son multifactoriales.

Tal y como señala (González & Bonilla, 2018), los accidentes laborales pueden generarse por causas inmediatas o básicas: las inmediatas son las que producen el accidente de manera directa y están conformadas por actos inseguros (comportamientos inadecuados de los trabajadores que pueden originar un incidente laboral) y condiciones inseguras (Instalaciones, equipos, maquinaria y herramientas que se encuentran en mal estado y ponen en riesgo de sufrir un accidente a los trabajadores). Pero para lograr una solución efectiva de los accidentes de trabajo es fundamental el reconocimiento y control de las causas básicas, las cuales dan origen a las causas inmediatas integradas por factores personales (Hábitos de trabajo incorrectos, Uso incorrecto de equipos, herramientas e instalaciones; defectos físicos o mentales, deficiencias en la audición etc.) y factores del trabajo (Supervisión y liderazgo deficiente; Políticas, procedimientos, guías o practicas inadecuadas; Planeación y/o programación inadecuada del trabajo, etc.)

Justamente una forma de mitigar y prevenir es mediante la identificación de las causas de los accidentes. Para ello se dispone de una metodología o enfoques que permiten evaluar y analizar cuáles han sido las causas de un accidente.

En este orden de ideas, puede afirmarse que la investigación de accidentes sirve para orientar acciones preventivas. Es decir; cuando se logran identificar las causas de los accidentes de trabajo, se promueve una cultura de prevención, que mejora tanto las condiciones como los ambientes o entornos de trabajo.

Aunado a lo anterior se debe señalar que, según Luna (2020), una administración efectiva de riesgos nos debe indicar cómo podemos planear cada trabajo para identificar, controlar y poder prevenir los accidentes, lesiones o daños a la salud. Un buen método para realizar la planeación de cualquier trabajo es la técnica llamada “análisis seguro de trabajo” (AST) o AHJ (“job hazard analysis”) en sus siglas en inglés, según OSHA.

Lo antes descrito, implica que el análisis seguro de trabajo (AST) es el proceso de analizar, planear y documentar por escrito y en forma detallada, completa y minuciosa la secuencia, paso a paso, de todas las actividades de un trabajo. El análisis es realizado por el equipo de trabajo del área antes de llevarlas a cabo enfocándose en detectar todos los peligros y riesgos a los que se estarán expuestos con el fin de poder controlarlos y mitigarlos, también con el fin de asegurarse de que se cuenta con todo lo necesario para que el personal lo tenga disponible (materiales, herramientas, equipo, maquinaria, etc.) antes de la realización del trabajo (Luna, 2020)

En síntesis y tal y como lo plantea Orihuela (2019), el Análisis de Trabajo Seguro (ATS) es una técnica que se basa en identificar, en el mismo lugar de trabajo y con los propios trabajadores, los peligros a los que están expuestos al realizar su labor diaria. Tiene como objetivo disminuir o eliminar el riesgo a sufrir accidentes.

De lo que antecede se puede afirmar entonces, que uno de los beneficios del ATS, es que se puede considerar como una medida proactiva, en la medida en que

permite identificar y eliminar las posibles pérdidas, asegurándose que se cuente con procedimientos para diseñar, construir, mantener y operar instalaciones y equipos de manera segura. Además, la identificación de peligros y evaluación de los riesgos en seguridad industrial y salud ocupacional asociados a los procesos, operaciones, actividades y servicios en el centro de trabajo, mejora notablemente el propósito de jerarquizar y determinar el orden de atención de las medidas de prevención, protección y control (Orihuela, 2019)

### ***2.1.3 Cultura de la seguridad y comportamientos seguros en el trabajo***

Cuando se aborda el tema de ambientes seguros de trabajo, coexisten o mejor aún surgen temas afines y conexos, cuya relación no se puede obviar, si lo que se busca es desarrollar no solo una comprensión clara del objeto teórico de estudio (la identificación de peligros valoración y evaluación de los riesgos laborales) como soporte del presente trabajo en la modalidad de fortalecimiento empresarial; sino además, sobre cómo conseguir resultados eficaces dentro de las organizaciones, en términos de entornos de trabajo más seguros. En este sentido, temas afines como la cultura organizacional, la Seguridad y Salud en el Trabajo, se presentan, como elementos sustanciales y por lo demás necesarios, dentro de un marco común de ideas, en torno a la cultura de la seguridad, tanto física, como mental y social del personal dentro de las empresas u organizaciones.

Las dos variables de análisis, que centran la presente investigación son de una parte, los entornos seguros de trabajo, y de otra las condiciones de posibilidad para lograr esos ambientes de trabajo más seguros. En este sentido, la segunda variable se sitúa dentro del campo de análisis de aquello que se conoce como seguridad basada en el comportamiento, la cual sirve como instrumento de mitigación y atenuación de accidentalidad y riesgos ocurridos en los lugares de trabajo, al tiempo que permite comprender en que forma la disminución de la accidentalidad, se traduce en una mayor eficacia y seguridad, al tiempo que en

una mejora ostensible de la productividad en las empresas (Montero, 2019)

Pues bien, se debe reconocer entonces, que, si bien la mayor parte de los esfuerzos se enfocan a motivar a los empleados en el desarrollo de una buena cultura de seguridad, este compromiso usualmente se enfoca desde el planogerencial, no obstante la seguridad como elemento primario en el diseño y construcción de una organización, también encuentra su génesis y su trabajo de implementación desde áreas específicas como las de, la ingeniería en seguridad industrial e higiene ocupacional.

En este sentido y a modo de antecedente teórico, se debe observar, junto al investigador Ciro Martínez Oropesa, que la ingeniería tradicional y los enfoques de gestión han enfocado su atención sobre los controles que exige la automatización, el cumplimiento de los procedimientos y de los controles administrativos, y hay que reconocer que, aunque en algún momento lograron reducir de manera significativa el número de accidentes, las tasas de incidentes se han mantenido en niveles inaceptables. Las sociedades demandan niveles de vida más elevados y lógicamente esto pasa primero, por no accidentarse, ni enfermarse en el trabajo. La fusión de diferentes disciplinas o ciencias no es un concepto nuevo. En 1876, como parte de una cátedra universitaria en filosofía se comenzó a estudiar procesos de comportamientos y del desarrollo de la ciencia de la psicología. Entre las décadas de 1970 y 1980, la fusión de las ciencias del comportamiento en concordancia con la seguridad determinó el nacimiento de la seguridad basada en el comportamiento (Martínez, 2018).

La accidentalidad y riesgo laboral, debido a su naturaleza multicausal (esto es, que presenta y posee más de un origen y motivo específico), trata de explicar desde diversas disciplinas, tal como la Seguridad y Salud en el Trabajo, entre otras, las condiciones suficientes y necesarias para que ocurran las lesiones, los

incidentes y/o los accidentes laborales (Montero, 2019). Por consiguiente, cuando se habla de seguridad como las restantes funciones de la empresa, se debe comprender, que está (la seguridad) está influenciada por decisiones y comportamientos no solo de aquellos que ejercen el liderazgo en la organización sino también de la dinámica que surge de la interacción entre el personal dentro de una empresa, ya sea que se trate de directivos, gerentes, administradores, empleados y personal en general.

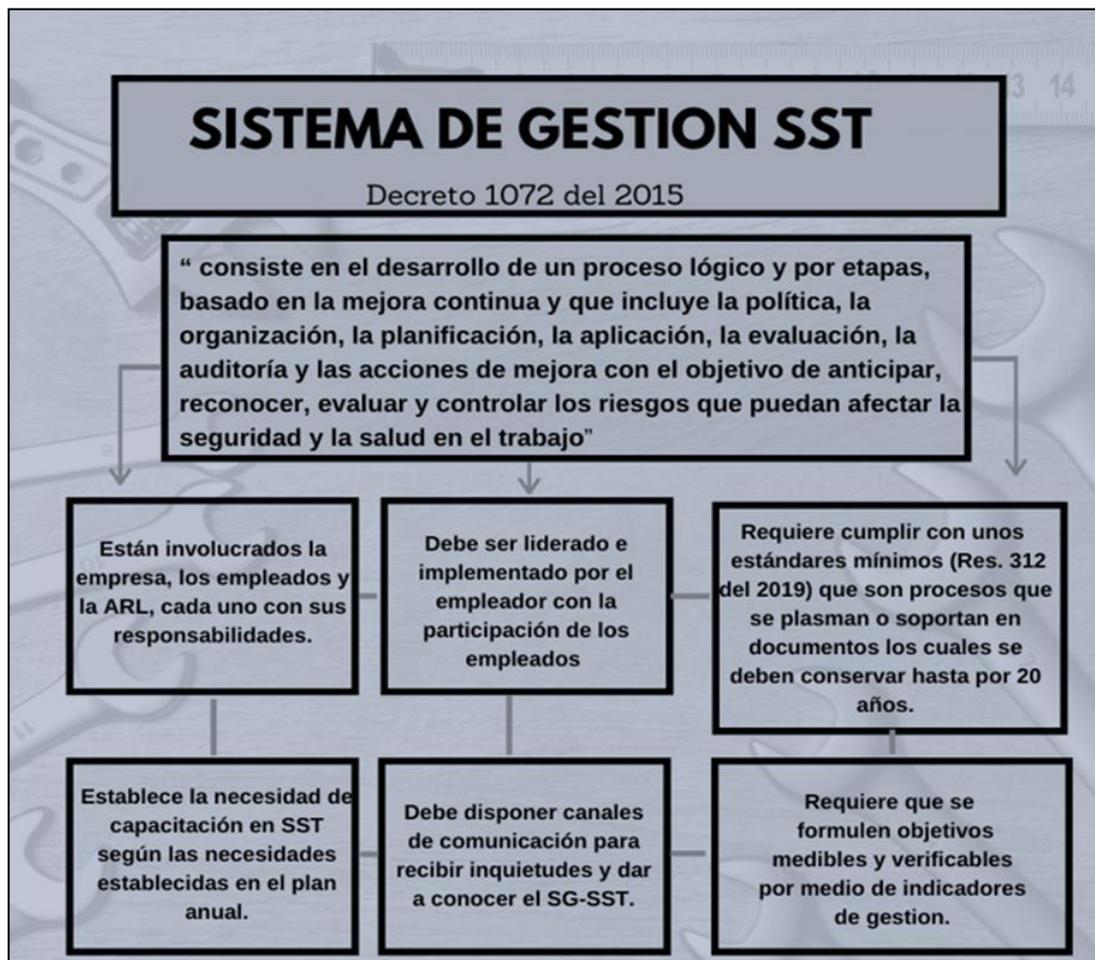
#### **2.1.4 SG SST o Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo**

Un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) tiene por objeto el control de peligros y riesgos laborales enfocados en la prevención de accidentes de trabajo y enfermedad laboral. El Ministerio del Trabajo instaura su obligatoriedad a través del Decreto 1072 del 2015 (ver figura 2) mediante lineamientos para su desarrollo. En Colombia se han presentado cambios en los programas de salud ocupacional en lo relativo a los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST) desde el 2015. Ello ha llevado a las empresas a reorganizarse según dicho modelo con enfoque de proceso, orientado a la gestión que busca la mejora continua. Según la ISO, en la norma 9000 del 2015, se define „gestión” como “actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización” (García , Navarro, & Parra , 2020).

Se puede afirmar que, la Seguridad y Salud en el Trabajo tiene el propósito de crear las condiciones para que el trabajador pueda desarrollar su laboreficientemente y sin riesgos, evitando sucesos y daños que puedan afectar su salud e integridad, el patrimonio de la entidad, el medio ambiente, y propiciando así la elevación de la calidad de vida del trabajador, su familia y la estabilidad social. Es evidente el progreso de estas actividades, pero aún no se logra disminuir significativamente la ocurrencia de accidentes y daños manteniéndose

amplio el campo de investigación a realizar, para dotar a las empresas de guías efectivas para organizar y gestionar la seguridad de sus empleados, controlar los riesgos, evitar pérdidas y preservar el entorno en que desarrollan su trabajo.

**Figura 2.** El sistema de Gestión SST en Colombia



Fuente: (Bernal, 2019)

En efecto, todo trabajador pasa gran parte de su existencia en el lugar de trabajo y puede verse sometido, a la acción de factores que atentan contra su salud e

integridad física, dando origen a enfermedades profesionales y a accidentes de trabajo, que ocasionan costos tanto para él, como para la empresa y para la nación, por lo que es importante identificar los factores de riesgos que pueden incidir en los trabajadores, para poder actuar de manera preventiva y evitar efectos perjudiciales.

## 2.2 Marco conceptual

A continuación se describen y explican los principales conceptos asociados al tema planteado.

**Accidente de trabajo:** Es accidente de trabajo todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional o psiquiátrica, una invalidez o la muerte. (Ley 1562 del 11 de julio 2012)

**Confiabilidad:** es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes. Como se deduce de esta definición, la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros.

**Confiabilidad Operacional:** Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico. Huerta (2010)

**Cuidado básico:** Como premisa del plan de mantenimiento, se tiene que siempre que se presenta un modo de falla el primer nivel de detección y atención, por lo

tanto el cuidado básico se centra en atender en primera instancia los modos de falla que se presentan en la vida útil del equipo y evitar que estos desarrollen patologías que luego tengan que ser atendidas por el personal de mantenimiento de la instalación. Por ello, el mantenimiento básico que se le da a cada equipo de trabajo, es muy importante para garantizar la seguridad y prolongar el tiempo de vida útil.

**Enfermedad laboral:** Es enfermedad laboral la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a trabajar. (Ley 1562 del 11 de julio 2012)

**Mantenimiento Industrial:** El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento.

**Mantenimiento predictivo:** Realización de pruebas y ensayos que permitan predecir fallos que condicionen la vida útil de los componentes a los que se aplica.

**Mantenimiento preventivo:** El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta. A través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas.

**Programa de Salud Ocupacional:** en lo sucesivo se entenderá como el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. Este Sistema consiste

en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo (Ley 1562 del 11 de julio 2012)

**Seguridad Industrial:** Es el conjunto de actividades destinadas a la identificación y control de los agentes de riesgo. Con la aplicación de las técnicas adecuadas de Seguridad Industrial en una empresa se evita que existan accidentes de trabajo que causan pérdidas al trabajador (en la salud y económicas), pérdidas directas en la empresa por el daño de alguna máquina y pérdidas indirectas provenientes de la disminución en la producción durante varias horas post accidente, colocar un trabajador menos entrenado y productivo en el sitio de riesgo, otros.

**Seguridad y Salud en el Trabajo:** Aquella disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo y así como la salud en el trabajo que conlleva la promoción y mantenimiento de bienestar físico, social y mental de los trabajadores en todas sus ocupaciones.

**Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST:** consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora, continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en el trabajo (DECRETO 1443 del 2014).

### 2.3 Marco Legal

A continuación, se presentan, los decretos, leyes y resolución vinculadas directa o indirectamente con el tema planteado en este trabajo a través de una pequeña exposición del alcance de dichas leyes en el marco del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST en Colombia.

Se debe mencionar para el caso de los riesgos laborales en Colombia:

- Resolución número 1401 de 2007 Que corresponde al Ministerio de la Protección Social, definir políticas y programas de prevención en materia de riesgos profesionales, para lo cual se requiere contar con información periódica y veraz, sobre las contingencias de origen profesional ocurridas a los trabajadores dependientes e independientes. El Consejo Nacional de Riesgos Profesionales, en su función de recomendar las normas técnicas de salud ocupacional que regulan el control de los factores de riesgo, creó mediante el Acuerdo número 004 de 2001 la Comisión para el Desarrollo de Normas Técnicas de Protección de la Salud de los Trabajadores, la cual estableció como prioridad reglamentar, entre otros temas, la investigación de los accidentes e incidentes de trabajo; Que la investigación de los accidentes e incidentes de trabajo tiene, como objetivo principal, prevenir la ocurrencia de nuevos eventos, lo cual conlleva mejorar la calidad de vida de los trabajadores y la productividad de las empresas.
  
- Resolución 0312 de 2019: Por el cual se definen los estándares mínimos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST. Aplicables a todos los empleadores y contratantes de personal, donde se especifican el conjunto de normas, requisitos y procedimientos de

obligatorio cumplimiento, indispensables para el funcionamiento, ejercicio y desarrollo de actividades.

La Resolución 0312 de 2019 por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST, estipula en su Artículo 1 el objeto y alcance de la misma, el cual es:

“Establecer los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST para las personas naturales y jurídicas señaladas en el artículo 2° de este Acto Administrativo.” (Resolución 0312 de 2019)

Cabe agregar que, en el artículo 2 el campo de aplicación de dicha resolución establece, que se aplica a los empleadores públicos y privados, a los contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, a los trabajadores dependientes e independientes, a las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, a las agremiaciones o asociaciones que afilian trabajadores independientes al Sistema de Seguridad Social Integral, a las empresas de servicios temporales, a los estudiantes afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales y los trabajadores en misión; a las administradoras de riesgos laborales; a la Policía Nacional en lo que corresponde a su personal no uniformado y al personal civil de las Fuerzas Militares; quienes deben implementar los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de SST en el marco del Sistema de Garantía de Calidad del Sistema General de Riesgos Laborales.

Los presentes Estándares Mínimos corresponden al conjunto de normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento de los empleadores y contratantes, mediante los cuales se establecen, verifican y controlan las condiciones básicas de capacidad técnico-administrativa y de suficiencia patrimonial y financiera indispensables para el funcionamiento, ejercicio y desarrollo de actividades en el Sistema de Gestión de SST.

En efecto, según dicha resolución hace obligatoria la implementación de este sistema de gestión en todas las empresas en el estado colombiano de cualquier ente ya sea privada, pública, administrativa, corporativa y solidaria al margen del sector económico y actividad que desempeñen.

- RESOLUCIÓN 2400 DE 1979 (mayo 22) Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Las disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad reglamentadas en la presente resolución se aplican a todos los establecimientos de trabajo, sin perjuicio de las reglamentaciones especiales que se dicten para cada centro de trabajo en particular, con el fin de preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades.
  
- Decreto 1072 de 2015 regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo. La implementación del SG-SST es de obligatorio cumplimiento. ... El Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (1072) compila todas las normas que reglamentan el trabajo.
  
- DECRETO 1477 DE 2014 (Ministerio de trabajo) Por la cual se expide la nueva tabla de enfermedades laborales- Sección 1, numeral 2 Agentes físicos, temperaturas extremas frío - calor.

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

La investigación fue de carácter exploratorio descriptivo. El enfoque es de tipo cualitativo, con el fin de realizar un análisis sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo, mediante una revisión documental con el fin de describir y comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica inicial con el fin de identificar las actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas. Entre los principales aspectos, rasgos y componentes del tema planteado; se abordó:

- Los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo. Este aspecto comprendía la descripción y comparación de dichos métodos.
- Identificar las actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas.
- Formular una serie de recomendaciones, para generar un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad.

**Fuentes de consulta:** en el desarrollo de esta monografía, se seleccionaron y revisaron informes técnicos, publicaciones, artículos, trabajo de investigación, sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo y autores a través de la búsqueda en repositorios digitales tales como:

Dialnet, Redalyc, Scielo, Ebscohost y Google scholar entre otros.

Los descriptores empleados fueron: *confiabilidad del mantenimiento, fallas de producción, mantenimiento, mejora continua, y sistemas de salud y seguridad.*

### **Criterios de búsqueda:**

Como criterio de búsqueda, se tuvo en cuenta trabajos, informes técnicos, documentos, y artículos publicados entre los años 2015 a 2022. Sin embargo no se excluyeron trabajos por su antigüedad (esto es, anteriores al año 2015), debido a que sirven como antecedentes y puntos de referencia teóricos respecto a la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo. También se incluyeron artículos y publicaciones en inglés.

### **3.1 Enfoque y Método de investigación**

Esta monografía se llevó a cabo bajo el enfoque cualitativo. El enfoque cualitativo se distingue por permitir el desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas (Hernandez , 2018).

### **3.2 Tipo de investigación**

La investigación fue de carácter exploratorio descriptivo. El enfoque es de tipo cualitativo.

### **3.3 Fases de investigación**

El proceso de investigación realizado para dar cumplimiento con lo propuesto en la presente monografía fue el siguiente:

Fase 1. Ambientación teórica. Proceso de revisión de literatura con el fin de ampliar el espectro de conocimiento en temas relacionados con la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo.

Fase 2. Análisis e interpretación de información. Con la información obtenida en el proceso de consulta bibliográfica, se seleccionaron los trabajos que se consideraron pertinentes para la investigación, los cuales sirvieron para la construcción del documento en el referente teórico.

Fase 3. Construcción del documento. Una vez seleccionada la información pertinente para la investigación, se procedió con la construcción del marco referencial y el diseño de la investigación.

Fase 4. Desarrollo de la investigación. Partiendo del requerimiento de cumplir cada uno de los objetivos específicos planteados, se establecieron todas las actividades a seguir durante el desarrollo de la monografía. Puntualmente, describir y comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo.

Fase 5. Resultados. En este capítulo se explicaron los resultados obtenidos dando respuesta a cada uno de los objetivos específicos trazados.

Fase 6. Conclusiones y recomendaciones. En esta fase se exponen las conclusiones finales relacionadas con los hallazgos de la investigación y las sugerencias o recomendaciones que se presentan con el fin de dar cumplimiento al tema trazado.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

La presente monografía planteo una investigación de tipo descriptivo con enfoque cualitativo debido a la naturaleza propia de su contenido investigativo. Con base a lo anterior y para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos propuestos, se desarrollaron las siguientes actividades:

- Describir y comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento de los sistemas de seguridad en el trabajo.
- Identificar las actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas.
- Formular una serie de recomendaciones, para generar un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad.

### 4.1 Actividades realizadas para el cumplimiento de los objetivos

Búsqueda en repositorios digitales y de investigación científica y académica sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo y temas afines, tales como:

- ✓ Ebsco
- ✓ Dialnet
- ✓ Google Scholar.
- ✓ Redalyc
- ✓ Scielo

Clasificación e identificación de descriptores empleados como criterios de búsqueda, como:

- ✓ Confiabilidad del mantenimiento
- ✓ Fallas de producción
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Mejora continua y
- ✓ Sistemas de salud y seguridad.

El análisis estructural de los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica de investigaciones realizadas en el periodo de tiempo de enero de 2015 a Marzo de 2022, para el caso de la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo, se puede evidenciar en el capítulo de RESULTADOS de la presente monografía. Este capítulo a su vez, fue dividido en tres sub-capítulos con el fin de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento y comparación de los mismos.

A continuación, y con el fin de cumplir con los objetivos específicos planteados, en este apartado se procede tanto a describir como a comparar los métodos de confiabilidad utilizados en la gestión del mantenimiento y comparación de los mismos.

#### 5.1.1 *El mantenimiento preventivo*

La programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario; también es conocido como Mantenimiento Preventivo Planificado -MPP.

Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno (López, 2016).

Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

Ventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Se pueden programar las paradas de los equipos, logrando tener con anticipación los repuestos y elementos de consumo que se requieren para la tarea.
- Se estandarizan los procedimientos y se realizan protocolos de reparación y rutinas de mantenimiento según tablas de Rutina de Mantenimiento General.
- Sirve para observar, otras posibles fallas que puedan afectar la operación de un equipo.
- Se establecen rutinas y se generan órdenes de trabajo, que luego son lanzadas con la periodicidad, que sugiere el fabricante del equipo para garantizar una mayor vida útil además del análisis posterior al trabajo por condición.

Desventajas del mantenimiento preventivo son:

- El gasto inicial es alto, ya que requiere cambiar componentes que probablemente aún tienen vida útil, pero son fundamentales en la operación de sistemas o subsistemas.
- Se deben realizar las rutinas del preventivo en los tiempos establecidos ya que de no hacerlo, un componente puede ir a falla sin detección y afectar la operación del equipo.
- Es posible que todas las tareas programadas no se puedan ejecutar, debido al número de estas, la complejidad de las mismas o la variación en la programación de las paradas por aumento de la operación de la compañía (López, 2016)

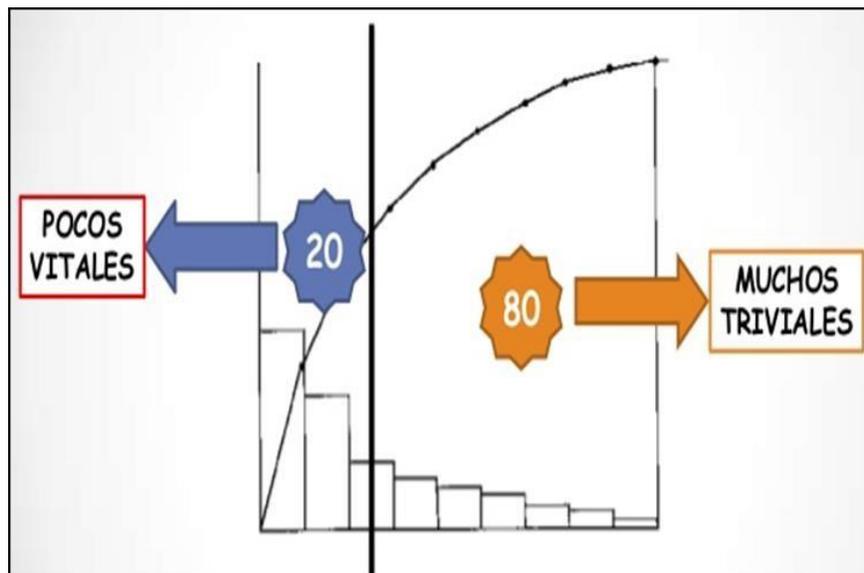
Se puede dar incumplimiento por parte del responsable del preventivo en cuanto a la ejecución de las tareas, mal diligenciamiento de formatos, información errada o provisional, lo cual conlleva a fallos en la operación.

### 5.1.2 Diagrama de Pareto

El análisis de fallas con diagrama de Pareto consta de un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves (Viveros, 2018).

Ya que, por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos. Si se quiere mejorar un proceso o atender sus problemas, no se recurra a la emergencia y se trabajen todos los problemas al mismo tiempo tratando de atacar todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis de Pareto, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde se puedan tener mayor impacto.

Figura 3. Diagrama de Pareto



Fuente: (Viveros, 2018)

### **5.1.3 Análisis de criticidad**

Para el análisis de la criticidad que se ve reflejada en la confiabilidad operacional podemos mejorar en cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento (Hernández, 2019).

Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en el área de producción ¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio?

El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad. Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer

prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad (Hernández, 2019).

**El Análisis de Criticidad:** El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

**Figura 4.** Análisis de criticidad

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	PROBABILIDAD						
HUMANAS	AMBIENTALES Y SALUD PÚBLICA	COSTOS PRODUCCIÓN Y MTTO	IMAGEN		IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE	
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	Mayor a \$100.000.001	Internacional	Catastrofico	5	A5	B5	C5	D5	E5	F5
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE \$10.000.001 y \$100.000.000	Nacional	Critico	4	A4	B4	C4	D4	E4	F4
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE \$1.000.001 y \$10.000.000	Regional	Marginal	3	A3	B3	C3	D3	E3	F3
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE \$50.001 y \$1.000.000	Local	Insignificante	2	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Ninguna	No afecta el medio ambiente	< \$50,000	Ninguno	Ninguno	1	A1	B1	C1	D1	E1	F1
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F
						1	2	3	4	5	6
Observaciones:	Humana	Ninguna							E1	1	
	Ambiental	Efectos reversibles en menos de 6 meses							E3	3	
	Costos	Se han presentado fallas con paradas entre \$1.000.001 A \$10.000.000 en los ultimos 6 meses.							E2	2	
	Imagen	Se ha visto afectado el buen nombre por parada de produccion a nivel Regional							E1	1	
	Consecuencia	Debido a el impacto producido a nivel Ambiental, Salud y Costos el equipo se considera de criticidad MEDIA							35	7	

Fuente: (Hernández, 2019)

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

## **5.2 Actuales opciones de mejora continua al sistema de seguridad en las empresas.**

### ***5.2.1 Análisis de causa raíz***

Uno de los elementos más importantes de un sistema de gestión aplicado a la seguridad y salud en las empresas y organizaciones es la mejora continua; y dentro de los diversos modelos para esta mejora se tiene la implementación de acciones correctivas y preventivas que atiendan situaciones indeseables -reales o potenciales- que se presenten dentro de la organización.

Para que estos elementos sirvan como una herramienta eficaz para mejorar las prácticas de la empresa, es importante contar con una metodología para solución de problemas, y dentro de esta, la correcta identificación de las causas que originan dichos problemas (Mercado & Peña, 2016).

Previo al ACR, se requiere:

- ✓ Establecer un equipo que conozca la metodología del ACR.
- ✓ Identificar los sistemas de información con datos de los eventos adversos.
- ✓ Disponer de los recursos y de tiempo necesarios para el ACR.
- ✓ Acceso libre a la documentación para elaborar el ACR.
- ✓ Asegurar que la información sea asertiva y de las fuentes de primera mano y especialistas.

- ✓ Apoyo de los equipos de trabajo para la realización y seguimiento del ACR, y así poder realizar el plan de mejora que a su vez se verá reflejado en el plan de mantenimiento.
- ✓ Establecer plan de comunicación de resultados a todo el personal involucrado en el proceso.
- ✓

### **Desarrollo del análisis ACR**

El nivel de análisis de una falla depende de la gravedad del problema; del tiempo y recursos disponibles; y de la capacidad y conocimiento del personal de mantenimiento. El tiempo de una investigación está relacionado con la complejidad, puede suponer: Una hora, un día, un mes o incluso un año.

### **Los pasos para el ACR**

Paso 1. Identificar la falla por investigar.

Paso 2. Recopilar información de la falla o daño.

Paso 3. Elaborar el mapa de los hechos.

Paso 4. Analizar la información.

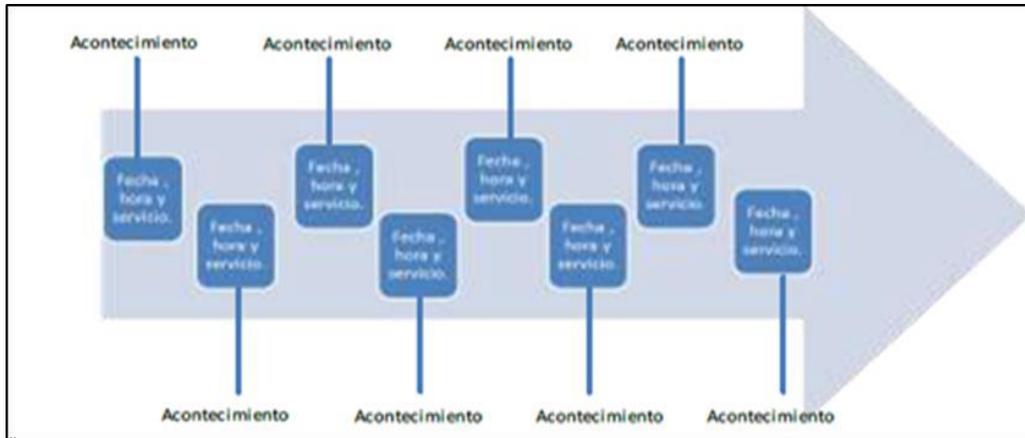
Paso 5. Categorizar las causas y analizar las barreras.

Paso 6. Elaborar estrategias de mejora y el plan de acción.

Paso 7. Realizar el informe final y compartir las lecciones aprendidas

Para realzar el ACR se tienen varias metodologías las cuales y según la falla deben realizarse y se describen a continuación. (Figura 5)

**Figura 5.** Línea de tiempo de las metodologías del ACR



Fuente: Guía para el Análisis Causa-Raíz. DGCES, SSA. 2016

Otra técnica empleada es la de cascada, ya que esta técnica determina las causas principales del evento adverso, a partir de la pregunta ¿Por qué ocurre? Inicia con la definición de la falla, se realiza una tabla de 2 a 5 columnas, y a través de la técnica de “lluvia de ideas”, se pregunta ¿Por qué ocurren estas causas? Así, se identifican las principales causas se colocan en una segunda columna, repitiendo el mismo procedimiento hasta agotar las causas.

FALLA: \_\_\_\_\_

¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?

Fuente: Guía Técnica para el Análisis Causa – Raíz.

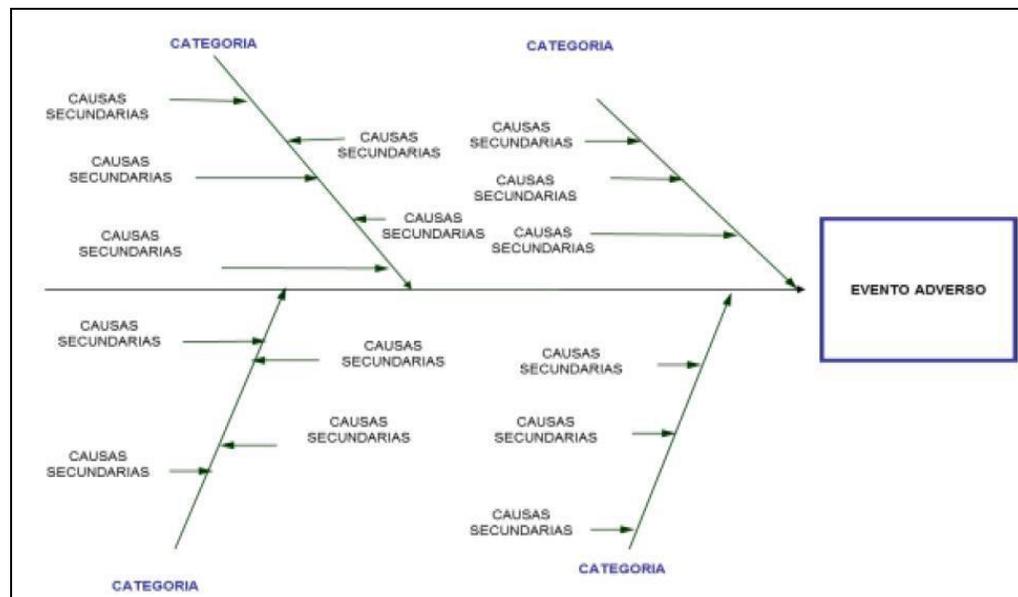
### Diagrama de Ishikawa

Representa la relación entre un evento adverso y todas sus posibles causas, se utiliza para simplificar el análisis y para mejorar la solución de cada problema.

Para la realización del diagrama, se propone:

- Colocar la falla en un cuadro a la derecha.
- Dibujar líneas en forma de esqueleto de pescado.
- Categorizar las probables causas en cada línea del esqueleto.
- Dibujar líneas oblicuas en cada categoría.
- Describir cada categoría (máquina laboratorio, consecución de repuestos, back up y producción entre otros)
- En cada línea oblicua escribir la causa secundaria de la falla.
- Presentar el diagrama para la revisión de la información de la falla adversa

**Figura 6.** Diagrama de Ishikawa



Fuente: (Mercado & Peña, 2016)

### **5.3 Recomendaciones para un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento**

A partir de los resultados obtenidos de los análisis sobre sobre la importancia de la confiabilidad del mantenimiento para mejorar los sistemas de seguridad en el trabajo; desde el punto de vista de la ingeniería de la confiabilidad, se determinaron las siguientes estrategias y recomendaciones:

Desde el punto de vista metodológico, esto es como metodología de análisis probabilística para las fallas, de un activo, el recurso humano (y junto a este la seguridad y salud del mismo y del entorno seguro de trabajo) sistema, instalación o equipos, la mayoría de textos, artículos y trabajos consultados sostienen que, la ingeniería de confiabilidad se enfoca en los costos de fallas causadas por el tiempo de inactividad del sistema, que incluye el costo de fallas ocasionadas por el factor humano, reparación de equipos, revisión de equipos, garantía de personal y equipos.

Se puede afirmar entonces, que el objetivo de la ingeniería de confiabilidad es realizar una evaluación de la confiabilidad del equipo de la instalación e identificar áreas potenciales de mejora. Esto incluye mejoras no solo en el diseño del equipo, sino también en términos de cómo se opera y se mantiene las cuales deben ser aplicadas e implementadas por el personal o recurso humano de la empresa. Desde una perspectiva pragmática, no se pueden eliminar todos los fracasos; por lo tanto, la ingeniería de confiabilidad también se enfoca en la identificación y mitigación de fallas de alta probabilidad y sus efectos.

Se debe enfatizar para todo el sector industrial y para este caso para las empresas de alimentos, la importancia del mantenimiento, toda vez que se trata de un conjunto de actividades que se deben realizar en las instalaciones y equipos, con

el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstas continúen prestando el servicio para el que fueron diseñadas. Debido a la incapacidad de los equipos e instalaciones para funcionar correctamente por sí solos, se debe capacitar y contar siempre con un grupo de personas para que se ocupen de ello y así constituir una “organización de mantenimiento y confiabilidad” cuyo objetivo principal será la conservación del servicio dentro del entorno industrial. Es decir, un equipo, un activo, una máquina y los repuestos mismos, debe recibir un mantenimiento para su conservación y para garantizar que la función que desempeña dentro del proceso productivo, para que este último se cumpla lo mejor posible y que la capacidad productiva se mantenga al nivel deseado.

Junto a la necesidad de la evaluación de confiabilidad de los equipos industriales, es necesario indicar que se debe efectuar un proceso de análisis denominado análisis de criticidad. El Análisis de Criticidad es una técnica semi-cuantitativa de cuantificación del riesgo, sustentada primordialmente en la “Opinión De Expertos”; que permite “Jerarquizar Activos”, (Componentes, Equipos, Sistemas o Procesos), se basa en un indicador llamado “Criticidad” que es proporcional al riesgo. Por su Carácter Semicuantitativo, el “Espíritu” del análisis de criticidad es básicamente establecer un “Ranking” y no calificar la tolerabilidad del riesgo; no obstante, los valores obtenidos de estos análisis (Puntajes) pueden transformarse en valores que puedan ingresarse a una matriz, en donde se pueden “Calificar” estos valores, como valores “Alto o Intolerable”, “Medio Alto”, “Medio Bajo” y “Bajo”. Esta calificación es básicamente un “Acuerdo”, que es válido para un grupo particular de activos, pero que pudiera no ser extrapolable a otros activos, ubicados en otro proceso productivo (Alavedra , 2016).

Se puede afirmar por tanto, que siendo la ingeniería de la confiabilidad una herramienta metodológica de análisis, la mayoría de estas herramientas y metodologías buscan alcanzar la mejor relación costo/riesgo /beneficio en las

acciones emprendidas para conservar y restablecer la función de los activos que incluyen desde luego al personal y los sistemas de seguridad en las empresas, lo cual se logra con un adecuado análisis de los patrones de falla de los principales elementos que componen el equipo y del impacto de su función en la operación.

Respecto a la relación entre confiabilidad y mantenimiento a nivel industrial se logró evidenciar que el mantenimiento esté integrado en un contexto empresarial orientado hacia los negocios con un alto grado de competitividad para asegurar la confiabilidad de los activos de las empresas. Por lo tanto, en la actualidad, todas las grandes empresas del mundo se encuentran enfrascadas en el mejoramiento u optimización del mantenimiento preventivo planificado (MPP) a partir de la introducción de técnicas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MBC) y del basado en la condición de mejora continua para todos sus procesos (Yañez, Perdomo, & Gómez de la Vega, 2018).

## 6. CONCLUSIONES

Tras el desarrollo del presente trabajo se halló que, es indispensable llevar a cabo siempre independientemente del sector industrial, una eficiente gestión de mantenimiento, cuya base debe ser las estrategias de mantenimiento y mejora continua, con el fin de minimizar los costos asociadas a eventos adversos, fallas o accidentes en el lugar de trabajo en el sector industrial, garantizando así el cumplimiento de metas a nivel productivo y a su vez, enfocándose en la necesidad de maximizar la rentabilidad del personal, de los activos y equipos en general.

Otro aspecto para destacar es, dentro de la confiabilidad del mantenimiento para la Industria, los procesos de control de fallos, con lo cual el mantenimiento y la confiabilidad, se deben establecer como ejes de trabajo central, para contribuir con las buenas prácticas industriales y estimular así, los estándares del proceso de producción y las metas operacionales.

Aunado a lo anterior, se logró evidenciar que tanto la confiabilidad como el mantenimiento persiguen el mismo objetivo de manera común dentro de cualquier proceso industrial, el cual es; no solo garantizar el correcto funcionamiento de los activos, equipos y maquinaria, sino además, certificar conforme el proceso productivo, el máximo rendimiento del mismo.

Es necesario contar y aplicar con herramientas propias del mantenimiento industrial (específicamente el preventivo) y de la ingeniería de confiabilidad, debido a que no todos los patrones de falla a nivel industrial pueden ser manejados fácilmente a través de las actividades de mantenimiento efectuadas después de su fabricación y puesta en marcha, por lo que la eliminación de ciertas

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

necesidades de mantenimiento debería abordarse desde las mismas fases de diseño, para evitar que se presenten fallas de alto impacto, en términos de producción, calidad, seguridad, ambiente, costos, entre otros otro más.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda adelantar trabajos posteriores en la línea de ingeniería de la confiabilidad, para el sector de alimentos y en general para cualquier sector industrial, con el fin de describir y entender las ventajas y beneficios que ofrece la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad.

Se sugiere igualmente, proseguir con estudios y trabajos desde el campo de la Tecnología en Producción Industrial, para poder evaluar en el mediano y largo plazo, la importancia de establecer un plan de mejora estratégico, centrado en la confiabilidad del mantenimiento como mejora al sistema de seguridad no solo para empresas de alimentos, sino para cualquier actividad industrial.

Se recomienda para el caso de la industria de alimento, aplicar e implementar un mantenimiento tanto predictivo como preventivo, basado en la confiabilidad con el fin de establecer un conjunto de actividades susceptibles de ser integradas a los procesos, al personal y al sistema de seguridad en las instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstas continúen prestando el servicio para el que fueron diseñadas y garantizando así una mayor eficiencia en términos productivos.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alavedra , C. (2016). Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad. *Ingeniería Industrial Vol. 34.*, 11-26.
- Arango, A., Tarantino , R., & Aranguren, S. (2018). A summary of methodologies which can be applied in industrial reliability-engineering. . *Rev. Colombiana de Tecnologías de Avanzada.*
- Bernal, C. (2019). El sistema de gestión SST en Colombia. *Forjar Salud* .
- Botero, A., & Cañon, B. (2019). Técnicas de Mantenimiento Predictivo utilizadas en la Industria de alimentos. *Scientia Et Technica.*
- Candelaria , D. (2018). Teoría y beneficios de la Ingeniería de la Confiabilidad. *Gestion.* .
- Contreras, O., & Lesmez, J. (2021). Enmarcando la seguridad y la salud en el trabajo: entre lo reglamentario, lo estratégico y lo moral. *Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 90*, 101-122.
- Diaz, C., García, J., & Ramirez, N. (2018). Impacto de Paradas y Fallas en Producción: Análisis de Criticidad. *Researchgate.*
- García , L., Navarro, P., & Parra , R. (2020). Desarrollo de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Colombia a partir del Decreto 1072: una revisión sistemática.
- García, I. (2018). *Confiabilidad humana y su aplicación en la investigación de incidentes y accidentes laborales.* Universidad Católica de Manizales .
- Gasca, M., Camargo, L., & Medina , B. (2018). Sistema para Evaluar la confiabilidad en el sector Industrial. . *Inf. Technol. Vol. 28.*
- González, A., & Bonilla , J. (2018). Análisis de las causas y consecuencias de los accidentes laborales. *Ing. Construcción.*

- Hernandez , R. (2018). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill.
- Hernández, P. (2019). "Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico- práctico." . *Ingeniería Energética*, 14-25.
- Huerta , R. (2019). El Análisis de Criticidad, una Metodología para mejorar la Confiabilidad Operacional. *Scientia Et Tec*.
- Loli, A. (2018). Ambiente Laboral y Condiciones de Salud de las Enfermeras en los Hospitales de las Fuerzas Armadas. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 136-141.
- López, J. (2016). *Programa de mantenimiento preventivo en los equipos críticos de LANCASCO, S.A.* . Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Luna, Z. (2020). Análisis de trabajo seguro (ATS). Seguridad laboral. *Seguridad Laboral* .
- Martínez, C. (2018). La gestión de la seguridad basada en los comportamientos: ¿un proceso que funciona?
- Mata, D., Aller, J., & Bueno, A. (2018). Análisis probabilístico del mantenimiento predictivo y correctivo de máquinas eléctricas rotativas en una planta trefiladora. . *Universidad Ciencia y Tecnología* .
- Mercado, V., & Peña, J. (2016). Modelo de gestión de mantenimiento enfocado en la eficiencia y optimización . *Saber*, 99-105.
- Montero, R. (2019). Siete principios de la seguridad basada en los comportamientos. *Facultad de Ingeniería Industrial* .
- Olarte, W., Botero, A., & Cañon, B. (2018). Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la Industria. *Scientia Et Technica*.
- Orihuela, P. (2019). Análisis de trabajo seguro (ATS): Los obreros lo entienden? *Boletín ATS*.
- Palacio, L. (2019). El Cálculo de la confiabilidad. *IR/SS*.
- Salazar, L. (2019). Mantenimiento Industrial. ¿Que es la gestión de mantenimiento? *Dialnet*.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

Scenna, N. (2018). ¿Qué es la Ingeniería de la Confiabilidad? *CONICET*.

Viveros, P. (2018). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. . *Ingeniare*, 125-138.

Yañez, J., Perdomo, H., & Gómez de la Vega, H. (2018). Ingeniería de la Confiabilidad. Pilar fundamental del Mantenimiento. . *Dialnet*.