

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA EL ÁREA
DE MANTENIMIENTO EN ACYCIA LTDA**

Eliana Estupiñán

Sonia Lozano

Universidad ECCI

Dirección de Posgrados

Especialización en Gerencia en Salud y Seguridad en el Trabajo.

Febrero 2021

**DISEÑO DEL PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PARA EL ÁREA
DE MANTENIMIENTO EN ACYCIA LTDA**

Eliana Estupiñán Cód. 96491

Sonia Lozano Cód. 95064

*Proyecto de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud
en el Trabajo*

Asesor:

Angela María Fonseca Montoya

Magister en Prevención de Riesgos Laborales

Universidad ECCI

Dirección de Posgrados

Especialización en Gerencia en Salud y Seguridad en el Trabajo.

Febrero 2021

Copyright © 2020 por Eliana Estupiñán & Sonia Lozano. Todos los derechos reservados.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mi esposo, por su paciencia y apoyo constante durante el tiempo que ha tomado la especialización y durante la realización de este proyecto de investigación y a mis padres quienes con su ejemplo de vida han inspirado mi deseo de querer seguir aprendiendo y capacitándome en el campo que me apasiona como es la seguridad y salud en el trabajo.

Eliana.

A mis dos grandes inspiraciones: mi padre Henry Lozano Torres y mi abuela Ana Torres, quienes con su ejemplo, bondad, paciencia, sabiduría, amor y apoyo incondicional han dado todo de sí por mi bienestar y felicidad, quienes han estado presentes desde mis primeros pasos y me han formado para ser mejor cada día en todos los aspectos de mi vida.

Y a Yesid, mi compañero de vida, quien me conoce ejerciendo mi profesión y aportó elementos clave para decidir convertirme en un agente de cambio positivo para la comunidad desde la salud y seguridad en el trabajo.

Sonia.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a Dios, quien nos ha permitido tener la sabiduría y determinación para el duro trabajo que significó este proyecto debido a las múltiples dificultades que ha traído este año. Agradezco a mis padres por su motivación continua, a mi esposo por su apoyo incondicional. Agradezco a ANTONIO CASTRO Y CIA LTDA por facilitarnos la información requerida, el espacio y permitirnos documentar los procesos de su organización para lograr ofrecerles en retorno un programa de prevención que evitará la materialización de accidentes de trabajo y dar a los trabajadores condiciones de trabajo cada vez más dignas.

Eliana.

Agradezco a Dios por permitirnos desarrollar este trabajo en medio de algunas dificultades, unas de mayor impacto que otras para nosotras, por contar con el apoyo y motivación constantes de mi padre, por el grandioso trabajo en equipo y alegría de mi compañera Eliana, por las facilidades de ANTONIO CASTRO Y CIA LTDA y por aquellas personas que aportaron y nos acompañaron en las diferentes etapas de este trabajo de grado.

Sonia.

Contenido

Introducción	10
1. Título.....	11
Diseño Del Programa De Prevención De Accidentes Para El Área De Mantenimiento En ACYCIA LTDA.....	11
2. Planteamiento Del Problema.....	12
2.1. Descripción Del Problema	12
2.2. Pregunta De Investigación	13
2.3. Sistematización De La Pregunta Principal De Investigación	13
3. Objetivos.....	14
3.1. Objetivo General.....	14
3.2. Objetivos Específicos.....	14
4. Justificación	15
4.1. Delimitaciones	16
4.2. Limitaciones.....	16
5. Marco De Referencia	17
5.1. Estado Del Arte.....	17
5.2. Marco Teórico.....	25
5.2.1. Higiene y Seguridad Industrial	25
5.2.2. Identificación De Peligros, Evaluación De Riesgos Y Prevención De Accidentes De Trabajo	26
5.2.2.1. Peligro Eléctrico.	27

5.2.2.2.	Peligro Mecánico.....	29
5.2.2.3.	Peligro Locativo.....	33
5.2.2.4.	Peligro Público.....	36
5.2.2.5.	Peligro Tecnológico.....	37
5.2.2.6.	Peligros Naturales.....	42
5.2.3.	Herramienta Retriever y Válvula de Servicio.....	11
5.2.4.	Pruebas hidrostáticas.....	13
5.2.5.	Consecuencias de falla de una prueba hidrostática.....	16
5.3.	Marco legal.....	24
6.	Marco Metodológico.....	27
6.1	Tipo de investigación.....	27
6.2	Paradigma.....	27
6.3	Método.....	27
6.4	Fuentes de información.....	28
6.4.1	Fuentes primarias.....	28
6.4.2	Fuentes secundarias.....	28
6.5	Población.....	28
6.6	Muestra.....	29
6.7	Criterios de inclusión.....	29
6.8	Criterios de exclusión.....	29
6.9	Instrumentos de recolección de datos.....	29
6.10	Fases.....	30
6.10.1	Fase inicial.....	30

6.10.2	Segunda fase	30
6.10.3	Fase final.....	31
6.11	Consentimiento informado.....	31
6.12	Cronograma.....	32
7.	Resultados.....	33
7.1.	Visita a las instalaciones y análisis del área de mantenimiento, personas, equipos, herramientas, procedimientos y actividades realizadas en esta.	33
7.2.	Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos de Seguridad.....	38
7.3.	Diseño del Programa de Prevención de Accidentes en el Área de Mantenimiento de ACYCIA.	50
8.	Análisis Financiero	54
8.1.	Costos de realización del proyecto	54
8.2.	Análisis de costo-beneficio de implementación del proyecto.....	55
9.	Conclusiones.....	60
10.	Recomendaciones	62
11.	Referencias.....	63

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Clasificación del nivel de riesgo de los agentes patógenos.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 2. Número de personas por cargo identificadas durante la fase inicial del proyecto y actividades desarrolladas en el área de mantenimiento de acuerdo con los cargos identificados.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 3. Relación de costos para la realización del proyecto.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 4. Análisis Costo-Beneficio para las medidas de intervención propuestas según Anexo E de GTC-45.....</i>	<i>56</i>

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Ejemplo de contacto directo eléctrico por contacto entre dos conductores activos. ...</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2. Ejemplo de contacto eléctrico indirecto por una pérdida de aislamiento.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Representación del riesgo de proyección de partículas sólidas.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 4. Representación del riesgo de aplastamiento.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5. Representación del riesgo de cizallamiento</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6. Representación del riesgo de atrapamiento por a) succión y b) arrastre.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7. Representación del riesgo de punzonamiento</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8. Representación del riesgo por abrasión.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Representación del riesgo de impacto o choque.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10. Representación del riesgo de corte.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 11. Clasificación de Peligros según el SGA.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 12. Tipos de radiación.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13. Peligros de Seguridad Industrial.....</i>	<i>1</i>
<i>Figura 14. Descripción de los niveles de daño.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 15. Determinación del Nivel de Deficiencia o ND.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 16. Determinación de Nivel de Exposición NE.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 17. Determinación Nivel de Probabilidad NP.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 18. Significado de los diferentes niveles de probabilidad NP</i>	<i>5</i>
<i>Figura 19. Determinación Nivel de Consecuencias NC.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 20. Determinación de Nivel de Riesgo NR</i>	<i>6</i>
<i>Figura 21. Significado del Nivel de Riesgo NR.....</i>	<i>6</i>

<i>Figura 22. Niveles de Aceptabilidad del Riesgo.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 23. Relación costo de la medida de intervención y el factor de costo.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 24. Trabajo en un proceso Presión-volumen.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 25. Diferentes escenarios de falla de una tubería.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 26. Cronograma del proyecto de Diseño del Programa de Prevención de Accidentes en ACYCIA.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 27. Registro fotográfico del área de Mantenimiento de ACYCIA.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 28. Cantidad de veces que se identificó cada tipo de peligro dentro de las tareas de las actividades listadas anteriormente.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 29. Factores de Riesgo de Condiciones de Seguridad identificados en el área de mantenimiento.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 30. Factores de Riesgo Biomecánico identificados en el área de mantenimiento.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 31. Factores de Riesgo Psicosocial identificados en el área de mantenimiento.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 32. Lesiones producidas por los proyectiles de alta velocidad, fragmentables o no fragmentables, y los de baja velocidad al impactar tejidos blandos y/o hueso.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 33. Aceptabilidad del riesgo según Evaluación realizada usando GTC-45.....</i>	<i>47</i>

Introducción

ANTONIO CASTRO Y CIA LTDA (ACYCIA LTDA) es el representante exclusivo en Colombia de CAPROCO LTD-Canadá, empresa fabricante de equipos y herramientas para monitoreo de corrosión interna en la industria del petróleo y gas. En su portafolio de servicios ofrece el suministro de productos, equipos y herramientas con el mencionado propósito junto al mantenimiento de estas, el cual ejecuta en caliente y requiere de una prueba hidrostática. Además del alto nivel de riesgo que implica esta actividad se suman las relacionadas a servicios generales y apoyo para el despacho de mercancía en el área de mantenimiento, lugar de las instalaciones donde, no han sido consideradas en la identificación de peligros y valoración de riesgos para el establecimiento efectivo de controles.

Esta investigación es de tipo descriptivo-explicativo dado que se detallan aspectos relevantes de las actividades ejecutadas en el área de estudio de la organización y a su vez, se genera información de fácil comprensión para el lector. Además, la característica cualitativa-cuantitativa nace de la observación y recolección de información sin asignación de valores numéricos junto a la clasificación y priorización de información de los resultados tras la implementación de la metodología GTC-45. La aplicación del método deductivo está dada por los resultados obtenidos de procedimientos establecidos, metodologías estandarizadas e igualdades matemáticas entre dos expresiones, o también conocidas como ecuaciones. Se emplean los instrumentos de la observación directa, listas de chequeo y análisis documental con el fin de llegar al diseño de un programa de prevención de accidentes en el área de mantenimiento para abarcar la totalidad de las actividades ejecutadas y generar controles efectivos antes de presenciar la materialización de los riesgos, los cuales para algunas actividades pueden llegar a ser mortales.

1. Título

Diseño Del Programa De Prevención De Accidentes Para El Área De Mantenimiento En

ACYCIA LTDA

2. Planteamiento Del Problema

2.1. Descripción Del Problema

ANTONIO CASTRO Y CIA LTDA (ACYCIA LTDA) localizada en el área residencial de Bogotá, es el representante exclusivo en Colombia de CAPROCO LTD-Canadá, empresa fabricante de equipos y herramientas para monitoreo de corrosión interna en la industria del petróleo y gas. ACYCIA LTDA dentro de su portafolio de servicios ofrece el suministro de productos, equipos y herramientas con el mencionado propósito junto al mantenimiento de estas, el cual y sumado a varias actividades, es el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA donde estas se llevan a cabo y a la fecha no han sido contempladas en la identificación de peligros y valoración de riesgos para el establecimiento efectivo de controles.

Dentro de las actividades mencionadas y ejecutadas en el área de estudio, el mantenimiento de herramientas especializadas como el Retriever y su Válvula de Servicio, las cuales “han sido diseñadas para instalar y retirar equipos de monitoreo de corrosión interna con la tubería en operación normal bajo presiones de línea de hasta 3600 psi”, implica operar la herramienta en caliente. Conforme lo establecen los lineamientos del fabricante CAPROCO LTD, es primordial llevar a cabo una prueba hidrostática, lo que permite someter la herramienta a una presión superior a la presión de operación; por lo cual es necesario considerar posibles consecuencias catastróficas en caso de falla (Caproco, 2020). Además de las actividades operativas que se llevan a cabo en su mayoría en el área de mantenimiento, se incluyen las actividades de servicios generales y de apoyo para el despacho de mercancía.

En conclusión, se observa, además, de la no identificación de peligros asociados con la seguridad industrial, la carencia de un programa con estrategias de control para la prevención de accidentes en el área de mantenimiento de la compañía. (ACYCIA, 2016).

2.2. Pregunta De Investigación

¿Cuáles son los componentes que debe tener el programa de prevención de accidentes de trabajo en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA?

2.3. Sistematización De La Pregunta Principal De Investigación

¿Se han presentado fallas o accidentes en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA?

¿ACYCIA LTDA cuenta con un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo?

¿ACYCIA LTDA cuenta con una metodología para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y establecimiento de controles en términos de Seguridad y Salud en el Trabajo?

Además del mantenimiento de Retriever y Válvula de servicio, ¿se ejecutan otras actividades en el área de mantenimiento?

¿Cuántas personas participan dentro de las actividades que se realizan en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Diseñar el programa de prevención de accidentes para el área de mantenimiento en ACYCIA LTDA.

3.2. Objetivos Específicos

Analizar las áreas, personas, equipos, herramientas, procedimientos y demás elementos presentes en el desarrollo de las actividades del área de mantenimiento de ACYCIA LTDA.

Identificar los peligros y valorar los riesgos de seguridad presentes en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA a través de la metodología establecida por la organización para tal propósito.

Formular un programa orientado a la prevención de accidentes laborales en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA con el fin de suministrar información a la organización y anticiparse a la materialización de los daños.

4. Justificación

Debido a la obligatoriedad de cumplimiento legal de las empresas en Colombia frente a la identificación de los peligros, valoración de los riesgos y establecimiento de controles asociados a las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, el valor teórico de este proyecto de grado radica en el diseño de un programa de prevención que contribuya a la disminución de los riesgos de seguridad industrial y prevenga la materialización de accidentes de trabajo en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA, y de este modo, presentarlo como una herramienta para la toma de decisiones con un enfoque basado en la preservación tanto de los recursos físicos y económicos de la organización como en la salud y bienestar del recurso humano y de las personas en los alrededores de las instalaciones. En esta área se presentan riesgos de seguridad como consecuencia del uso de herramientas mecánicas, energizadas, y otras situaciones que vale la pena considerar, tal como lo es el caso del peligro derivado de las operaciones de la prueba hidrostática en recipientes a alta presión.

(Gilaber, Jean Barrera y Bustos, Miguel Camus, 2017) citado por (Ondetti 2018) menciona que las pruebas hidrostáticas son ensayos que permiten verificar y revalidar la integridad estructural, resistencia, funcionamiento y hermeticidad de los equipos o componentes utilizados para almacenar o transportar fluidos o sustancias peligrosas, ya sea por su composición química o su temperatura, a presiones superiores a la atmosférica. Por lo tanto, la magnitud de los posibles daños, en caso de que estos equipos fallen, son de consideración al involucrar alta peligrosidad debida a explosiones, proyección de fluidos o de objetos, golpes por desconexión causando daños materiales y lesiones que pueden ser irreparables o mortales (Ondetti 2018).

4.1. Delimitaciones

Temporal: El presente proyecto de grado se desarrolla entre marzo de 2020 y enero de 2021.

Espacial: El proyecto se desarrolla en las instalaciones de la sede única de ANTONIO CASTRO Y CIA LTDA (ACYCIA LTDA), ubicada en el Barrio El Campín de la ciudad de Bogotá D.C.

4.2. Limitaciones

De acceso de la información: Por un lado, la disponibilidad de información enfocada en la investigación y desarrollo de pruebas hidrostáticas en Colombia es reducida, al igual que la información frente a la accidentalidad en la ejecución de estas actividades. Por otro lado, la empresa cuenta con poca información propia con respecto a la identificación de peligros y riesgos de seguridad de los procesos ejecutados en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA.

Temporal: El tiempo necesario para llevar a cabo el trabajo de grado es poco teniendo en cuenta las actividades laborales de las investigadoras y el ajuste frente a los cronogramas estipulados por la universidad para el desarrollo de las actividades del proyecto, razón por la cual, el alcance de este proyecto solamente abarca los peligros de seguridad industrial.

5. Marco De Referencia

5.1. Estado Del Arte

De acuerdo con la investigación “Identificación de peligros, evaluación de riesgos y estimación de controles de riesgos asociados a condiciones de seguridad en la población de mantenimiento de la División de Recursos Físicos de La Universidad Distrital Francisco José de Caldas.” realizada por Héctor Luis Sánchez Prieto y Vanessa Robayo Puentes en 2018 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, se selecciona el método simplificado para evaluación de riesgos teniendo en cuenta que es una metodología para la identificación de peligros, valoración de riesgos y establecimiento de controles de riesgos asociados a accidentalidad, cuenta con la participación de 12 trabajadores del área de mantenimiento de la división de recursos físicos de la Universidad, para evaluar sus condiciones de seguridad en las tareas de adecuación de aulas y oficinas, mampostería, fontanería y soldadura, calificando el nivel de riesgo de acuerdo a las tareas específicas de cada una de las actividades y a partir de esto se definen medidas de intervención para la mitigación de los riesgos evaluados. (Robayo Puentes & Sánchez Prieto, 2018)

Según lo relacionado en el documento “Identificación y valoración de los riesgos en seguridad en el trabajo con la estimación de sus respectivos controles para el Departamento Administrativo de COLDEPORTES” cuyos autores son Lorena Hernández Guerrero, Oscar Alberto Carrillo Romero y Migue Eliecer Torres Martínez, publicado en 2018 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, se realiza una evaluación inicial que muestra la transición existente entre el Programa de Salud Ocupacional al Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo empleando la GTC-45 para evaluar los peligros observados por condiciones de

seguridad o relacionados con fenómenos naturales y a su vez, propone los controles asociados a los mismos y con el uso del factor de reducción del riesgo y del factor de justificación, determinaron las medidas idóneas para mitigar el nivel de riesgo y mejorar las condiciones de salud de los trabajadores. (Hernández Guerrero et al., 2018)

En el documento “Determinación De Controles Que Permitan Mitigar y/o Eliminar Los Riesgos De Seguridad Identificados En La Empresa METROLABOR LTDA” de las autoras Viviana Paola Morales y Zulma Ximena Rojas Martínez, del año 2017 de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, se realiza la identificación de peligros asociados a condiciones de seguridad en las actividades de toda la población de la empresa METROLABOR LTDA en sus instalaciones por medio de la GTC-45 y para las actividades realizadas en instalaciones de los clientes se desarrolla el análisis de trabajo seguro. Posteriormente, establecen una relación entre los riesgos de seguridad y los índices tanto de ausentismo como de accidentalidad de la organización. De esta forma, determinan las causas principales de accidentes y establecen los controles a los riesgos identificados. (Morales Bejarano & Rojas Martínez, 2017)

El proyecto de grado titulado “Identificación de peligros, valoración de riesgos en seguridad y establecimiento de controles para los procesos adelantados por IDAE Pruebas Estandarizadas”, realizado por Tatiana Puentes Acosta y Santiago Páez Soto en 2020 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, se realiza la identificación y valoración de riesgos de seguridad para el establecimiento de controles asociados a los procesos desarrollados por IDAE Pruebas Estandarizadas SAS utilizando un método mixto de investigación cualitativo y cuantitativo. En su primera fase realiza un comparativo entre cuatro métodos para caracterizar y valorar niveles de riesgo: Sistema Simplificado de Evaluación de Riesgos de Accidente NTP

330, Método Fine, Método Binario y Guía Técnica Colombiana GTC-45. De este modo, eligen el primer método por ser específico para los riesgos de seguridad y lo complementan con el análisis de costos y la justificación propuesta por el método Fine para dar más claridad frente al nivel de impacto que pueden tener las medidas de intervención propuestas. Luego se procede a diseñar el procedimiento para la identificación y valoración del riesgo junto a las listas de chequeo, incluyendo una herramienta de percepción del riesgo aplicada a los trabajadores, luego de la aplicación de las metodologías se proponen planes de intervención a los riesgos prioritarios. (Páez Soto & Puentes Acosta, 2020)

En el artículo “Nivel de implementación del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo en empresas de Colombia del territorio Antioqueño” publicado por Ninfa Del Carmen Vega-Monsalve en el 2017 de la Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, se investiga el nivel de implementación del programa en mención en 73 empresas con más de 50 trabajadores del Departamento de Antioquia empleando entrevistas, listas de chequeo y revisión de procesos encontrando que dichas empresas medianamente cumplen el modelo propuesto por la OIT, se concluyen dos situaciones: la primera radica en el poco compromiso de jefes de áreas y poca disponibilidad de recursos económicos y la segunda, se basa en el hecho de dar cumplimiento legal con el fin de evitar sanciones mas no por establecer controles que reduzcan la fuente de los accidentes laborales. Según el Ministerio de Trabajo, por cada 100 trabajadores 7.73 sufren accidentes laborales y si se establece un paralelo con la tasa de accidentalidad mundial, la cual está entre 8 y 12, Colombia con un 52.7% de empresas con actividades de bajo riesgo, resulta ser un índice muy elevado dado que no se justifica dada la baja industrialización del país. Este trabajo aporta al desarrollo de este proyecto de grado metodologías para la obtención de la información a estudiar. (Vega-Monsalve, 2017)

Del trabajo de grado “Programa de prevención de accidentes de trabajo en HIDROYUNDA SAS ubicada en la ciudad de Bogotá” publicado por Michael Alexander Hernández y Yenis Jojana Martínez en 2018 de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, se propone el diseño del programa de prevención de accidentes de la organización mediante la metodología mixta tras la identificación de los peligros empleando inspecciones derivadas de la observación directa en campo junto a la consulta y actualización de la matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos; Además se tienen en cuenta la caracterización de los accidentes de trabajo reportados ante la ARL entre 2016 y 2017. Una vez se dispone de dicha información, se procede a realizar un análisis que permite determinar las actividades preventivas y finalmente, estructurar el programa ya mencionado alineado con el ciclo PHVA y la definición de los procedimientos de inspecciones de seguridad, de capacitación y entrenamiento, de análisis de trabajo seguro, de orden y aseo, y de reporte de actos y condiciones inseguras. (Hernández, 2018)

El trabajo de grado “Programa de mejora para la prevención de riesgos laborales en el área de producción de una planta química” elaborado por Glitza Johanna Vega de la Corporación Universitaria Minuto de Dios en el 2018, realiza énfasis en el diseño de un programa de mejora. Esta investigación se desarrolla mediante la metodología descriptiva cuantitativa teniendo como base la aplicación del Diagrama de Pareto para el análisis de la causalidad de tanto de incidentes como de accidentes de trabajo durante el 2017. La organización dispone de un SG-SST estructurado, sin embargo, la ocurrencia de incidentes y accidentes afecta la operación de la organización; por esta razón, se diseña una estrategia gerencial basada en el modelo de administración participativa de Anthony William para que los trabajadores tomen decisiones que prevengan los riesgos laborales a los que se encuentran expuestos en el área de producción de QUIMPAC DE COLOMBIA S.A, cuyo alcance va desde los objetivos de la alta dirección hasta

las recomendaciones derivadas de la implementación y evaluación de la estrategia diseñada. Este proyecto es de utilidad frente a las estrategias de socialización y sensibilización de los trabajadores frente a la importancia de la prevención de accidentes de trabajo. (Vega, 2018)

La publicación “Importancia y beneficios en la prevención de accidentes y enfermedades laborales en empresas de vigilancia con prestación de servicios a entidades financieras en la ciudad de Bogotá” escrita por Wilmar Mujica Jaime en 2016 en la Universidad Militar Nueva Granda tiene como punto de partida la relación entre el conocimiento sobre los beneficios de aplicar prevención primaria en las empresas que ofrecen la prestación de servicios de seguridad y vigilancia a entidades financieras de Bogotá como de los costos indirectos derivados de los accidentes laborales presentados en dicha industria. Esta investigación presenta los comportamientos de accidentalidad y enfermedades laborales entre 2013-2015 junto a la descripción de los peligros identificados con la finalidad de invitar a las entidades financieras a diseñar programas que faciliten la identificación, evaluación, minimización y control de riesgos a los que se encuentra expuesto el personal de seguridad y vigilancia. (Mujica, 2016)

El trabajo de grado “Análisis de identificación de peligros en el trabajo, en 6 de los 16 conjuntos residenciales, en los cuales 3S COLOMBIA S.A.S presta sus servicios de aseo y mantenimiento” escrito por Julieth Alexandra Abella y Oscar Lenin Bernal en 2016 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desarrolla las metodologías cualitativas por medio de la técnica de observación y de entrevistas a los trabajadores, y cuantitativa mediante un diagnóstico con base en la Guía Técnica Colombiana GTC-45. De este modo, los resultados de la construcción de la matriz de riesgos y peligros se encaminan al diseño de actividades planeadas, coordinadas y ejecutadas para que maximicen el bienestar de los colaboradores a través de programa de seguridad y salud en el trabajo. (Abella, 2016)

La monografía “Identificación de peligros y valoración de riesgos en talleres de fundición, motores y metalistería de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central con estimación de medidas, procedimientos y protocolos de seguridad” escrita por Sneyder Alexis Pava y Juan David López en 2017 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas está enfocada en generar apoyo tanto en la gestión como en la mejora continua del área de Seguridad y Salud en el Trabajo de la institución educativa mediante el desarrollo de un estudio de casos en las áreas mencionadas anteriormente y posterior aplicación de la herramienta metodológica de diagnóstico de los procesos ejecutados en cada área sumado a la identificación de peligros y valoración de riesgos a través de la Guía Técnica Colombiana GTC-45, con esto sumar esfuerzos en la implementación del SG-SST. (Pava, 2017)

En la “Propuesta de indicadores de prevención de peligros y riesgos en los empleados del sector de la construcción” elaborada por Carlos Alberto Gómez, Danilo Goez y William Ospina en 2017 en la Universidad de Antioquia se propone mediante una investigación tipo descriptiva la revisión bibliográfica de los sistemas de gestión de peligros y riesgos aplicados en el sector de la construcción junto a las tasas de accidentalidad de los últimos años con el fin de analizar las falencias causantes de la elevada accidentalidad en el sector relacionado. Se analizan las metodologías nacionales de prevención de riesgos con base en la Guía Técnica Colombiana GTC-45, junto a las metodologías internacionales como el modelo de Reason, el modelo de Dupont, seguridad basada en comportamientos SBC, lista de chequeo, NTP 330 y elementos en común como los análisis de trabajo seguro ATS, los procedimientos de trabajo seguro PTS, auditorías, inspecciones de seguridad, observación de tareas, preinspección operativa y observación directa de las actividades, y se elaboran los indicadores de prevención de peligros y riesgos bajo los lineamientos del Decreto 1072 de 2015, lo cual facilita el diseño de un modelo

de indicadores de riesgos laborales para los trabajadores del sector construcción en Colombia que permiten gestionar la prevención de la elevada accidentalidad de este sector en el país.

(Gómez, Góez, & Ospina, 2017)

De la “Propuesta de un sistema de seguridad industrial en el estudio de grabación de la Universidad Manuela Beltrán” de Germán Antonio Vargas en 2016 de la Universidad ECCI se evidencia la exposición a peligros derivados de la ejecución de trabajos en alturas considerables y ambientes con condiciones térmicas que pueden afectar a los trabajadores y trabajos de instalación de luces, sonido y ambientes escenográficos además de la carencia de elementos de protección personal, de procesos de seguridad industrial, de cursos para el trabajo seguro en alturas y capacitación en la ejecución segura del trabajo para el personal del estudio de grabación de la institución educativa. Es por esta razón, que el autor propone la formulación de un sistema de seguridad industrial que prevenga futuros accidentes obteniendo información mediante la metodología de una investigación descriptiva con la cual analiza los diferentes riesgos, los equipos de trabajo, materiales y área de trabajo con el fin de establecer las estrategias de prevención que dan como resultado beneficios, mayor productividad y eficiencia al personal del estudio de grabación obtenidos del análisis de peligros y valoración de riesgos según la metodología del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Industrial en el Trabajo NTP 330.

(Vargas, 2016)

En “Análisis de riesgos laborales presentes en el proceso de pruebas hidrostáticas de líneas de alta presión en la empresa ALPHA PIPER SERVICE S.R.L.” realizado por Claudia Micaela Odenti en 2018 en la Universidad Nacional del Comahue de Argentina mediante una investigación no experimental descriptiva se realiza un análisis de los riesgos laborales presentes en el proceso de pruebas hidrostáticas de las líneas de alta presión en una empresa

nacional: Por lo que se investigan los procedimientos que se desarrollan en las pruebas hidrostáticas y se comparan con la bibliografía. Posteriormente, se desarrolla un análisis de los riesgos presentes en las tareas de dicha prueba y de este modo, se proponen medidas preventivas que minimizan la ocurrencia de incidentes laborales. Para esto, el método de análisis de riesgos que implementan es correspondiente al de la Matriz IPER (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos), de este modo, se calcula el nivel de riesgo y se prioriza para establecer las medidas preventivas. Finalmente, se presenta el plan de medidas de control y seguridad para la ejecución de las pruebas hidrostáticas a líneas de alta presión. (Ondetti, 2018b)

En la tesis de grado titulada “Optimal design for projectile and blast protection during pressure testing” realizada por Eirik Storhaug en 2016, en la Universidad de Stavenger en Noruega, se evidencia un análisis de riesgos para la actividad de una prueba hidrostática en el nuevo taller de TDW OFF-SHORE SERVICES mediante la identificación de peligros y estimación de la severidad de las consecuencias a través de cálculos de ingeniería, estimando el nivel de riesgo, a partir del cual se determinan medidas para su disminución, las cuales son estimadas por medio de análisis que involucran ingeniería de materiales y liberación de energía. El objetivo de este estudio se basa en encontrar un diseño óptimo para un muro de protección frente al posible desprendimiento de proyectiles durante la realización de una prueba hidrostática y reducir el nivel de riesgo a un criterio de aceptabilidad para el mismo, definido por la metodología establecida por la empresa TDW. (Storhaug, 2016)

En la investigación relacionada en el artículo “The Study of Inspection and Supervision for Overage Service Pressure Vessels in Petrochemical Plants” escrito por Jun Si, Jin-Sha Xu, Yu-Qing Yang, Xiang Wen, Xiao-Ying Tang, en 2019, en el Instituto de Investigación

Técnica e Inspección de Equipos Especiales en Shangai, teniendo en cuenta el amplio y diverso uso que tienen los recipientes a presión, se lleva a cabo un análisis para establecer medidas de prevención de accidentes en estos equipos especiales, considerando que la tasa de accidentalidad es mayor cuando están en operación que cuando están en mantenimiento. Dado lo anterior, se define una metodología de Inspección Basada en Riesgo para realizar el análisis de los equipos en estudio que permitan disminuir la tasa de accidentalidad en operación para recipientes a presión. (Jun Si et al., 2019)

5.2. Marco Teórico

5.2.1. Higiene y Seguridad Industrial

La Higiene y Seguridad Industrial son dos disciplinas cuyo principal objetivo es promover y mantener la salud y seguridad de los trabajadores dentro de sus actividades diarias mediante la Prevención de Riesgos Laborales, siendo estos riesgos los accidentes de trabajo y las enfermedades laborales. En este contexto, el riesgo de enfermedad laboral es gestionado a través de la Higiene Ocupacional y el riesgo de accidente de trabajo se analiza y gestiona a través de la Seguridad Industrial. Con esta diferencia en mente, este trabajo de grado se centra en aspectos de seguridad industrial, dado que en este documento se analiza la construcción de un programa para prevención de accidentes de trabajo.

Los cinco objetivos específicos de la seguridad industrial son (Ramirez Cavassa, 2005):

- Evitar la lesión y muerte de trabajadores por accidente de trabajo, evitando pérdidas de potencial humano y con ello una disminución de la productividad.

- Reducir de los costos operativos de producción. Minimización de costos y maximización de beneficios
- Mejorar la imagen de la empresa y, por ende, la seguridad del trabajador que da un mejor rendimiento en el trabajo.
- Contar con un sistema estadístico que permita detectar el avance o disminución de los accidentes y las causas de estos.
- Contar con los medios necesarios para estructurar un plan de seguridad que permita a la empresa desarrollar medidas básicas de seguridad, contar con sus propios índices de frecuencia y gravedad, determinar costos e inversiones que se derivan de esta actividad.

De esta forma la seguridad industrial se convierte en una herramienta que, junto con la calidad, la productividad y el cuidado medioambiental, contribuye a la excelencia empresarial. (Ondetti, 2018b)

5.2.2. Identificación De Peligros, Evaluación De Riesgos Y Prevención De Accidentes De Trabajo

El primer paso frente a la prevención efectiva de accidentes de trabajo consiste en la identificación de peligros, esta actividad implica el conocimiento de las actividades a desarrollar, el área trabajo y sus condiciones, las herramientas y equipos involucrados, la cantidad de personas involucradas y la interacción entre ellas, entre otros factores.

De acuerdo con la GTC 45, un peligro se define como cualquier elemento o factor con potencial de generar un daño en términos de seguridad y salud en el trabajo. (ICONTEC, 2012)

Los tipos de peligros definidos para el estudio de seguridad industrial pueden ser: eléctricos, mecánicos, locativos, públicos, tecnológicos y naturales. Sin embargo, hay algunos peligros que tienen el potencial de generar accidentes como son los peligros biomecánicos y psicosociales. Estos peligros, se especifican en mayor detalle a continuación y se resumen en la figura 13:

5.2.2.1. Peligro Eléctrico.

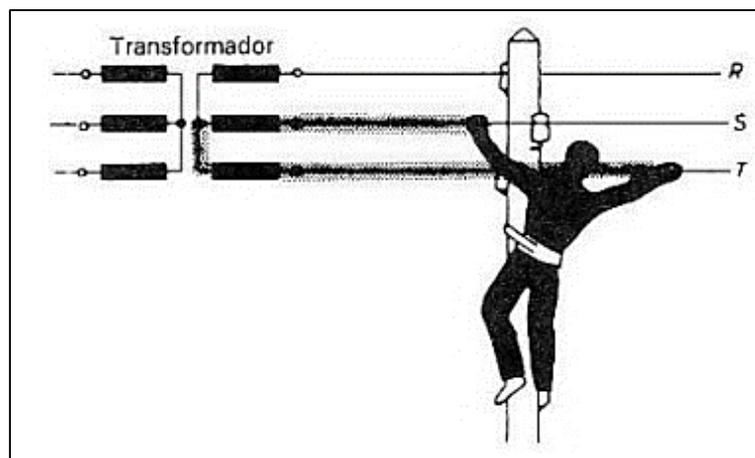
La electricidad es una característica de la materia, la cual se presenta bajo determinadas condiciones como una diferencia de potencial entre dos puntos de esta; es decir, es una forma de energía en la que se da una interacción entre las cargas positivas y negativas. Siendo la electricidad una de las energías de mayor uso y manipulación, implica factores de riesgo y peligros que pueden generar pérdidas a nivel financiero, humano y daños materiales (Henaó, 2014); razón por la cual se debe considerar la magnitud de los accidentes eléctricos dado que producen no sólo quemaduras internas y/o externas (Valencia, 2016) sino suelen ser mortales en la mayoría de los casos. (Sura, 2020)

Las fuentes generadoras son todos aquellos equipos y máquinas energizadas, y están presentes en los procesos de instalación y mantenimiento eléctrico en zonas residenciales e industriales; en los tableros de control; en el montaje y cableado de equipos de alta y baja potencia; montaje y mantenimiento de redes; en los transmisores de energía; en los sistemas de distribución eléctrica industrial y residencial, entre otros (Henaó, 2014)

La electricidad puede ser de dos tipos: corriente continua, la cual tiene una tensión, intensidad y resistencia constantes; y corriente alterna caracterizada por la variación periódica

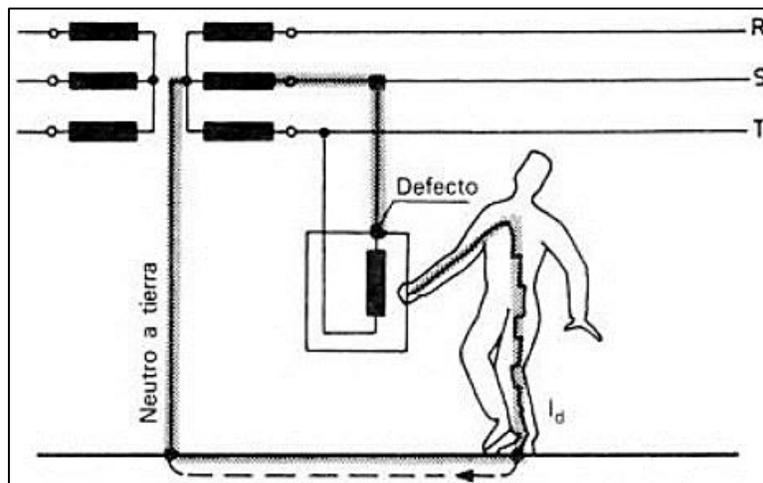
de la tensión y corriente a lo largo del tiempo (Henaó, 2014). El paso de cualquiera de estos dos tipos de corriente en el cuerpo humano puede darse bien sea, por contacto directo, cuando una persona tiene contacto con el elemento activo de la instalación eléctrica (figura 1) o indirecto, cuando un elemento que no forma parte de la instalación adquiere tensión accidentalmente (figura 2). (UPM, 2006)

Figura 1. Ejemplo de contacto directo eléctrico por contacto entre dos conductores activos.



Fuente: (Díaz, 2012)

Figura 2. Ejemplo de contacto eléctrico indirecto por una pérdida de aislamiento.



Fuente: (Díaz, 2012)

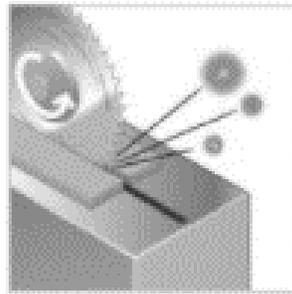
Por otro lado, se deben contemplar los factores que determinan el daño por dichos contactos, dentro de los cuales están la intensidad, la frecuencia de la corriente, la resistencia corporal, la tensión, el tiempo de contacto, el recorrido de la corriente y factores personales (UPM, 2006). De este modo, los factores de los riesgos eléctricos pueden ser baja y alta tensión (Henaó, 2014), incendio y explosión (UPM, 2006) llegando a ser mortales.

5.2.2.2. Peligro Mecánico.

Es la agrupación de factores físicos que pueden generar una lesión debido a la acción mecánica de los componentes de las máquinas, herramientas, piezas, materiales proyectados o sustancias líquidas y sólidas (UC3M, 2020) que, por condiciones de diseño, funcionamiento, forma, tamaño, ubicación y disposición, denotan potencial de lesiones o daños al entrar en contacto con personas o materiales, respectivamente (Canasto, Parra, & Parra, 2017). La definición de máquina incluye los conjuntos de elementos e instalaciones que convierten la energía en una función productiva; estas máquinas poseen zonas de concentración de energía, por lo que se puede diferenciar el conjunto de máquina en dos partes: primero, el sistema de transmisión hace referencia a los elementos mecánicos cuya finalidad es producir, transportar o convertir la energía consumida en el proceso donde el operador no debe intervenir durante las operaciones y, segundo, la zona de operación donde la energía del sistema transmisión es enviada al elemento activo de máquina para hacer el trabajo sobre la pieza, razón por la cual el operador debe intervenir en procesos como alimentación, extracción de piezas o en caso de ser automático, corregir insuficiencias de funcionamiento (Cerquea & Gutiérrez, 2008). Los factores de los riesgos mecánicos son:

Proyección de partículas representado en la figura 3, puede ser de dos tipos: partículas sólidas, que son expulsadas a grandes velocidades por la caída o inserción de objetos ajenos al proceso entre dos componentes de la máquina o herramienta, golpeando a los operadores; y líquidos, los cuales están contenidos en sistemas hidráulicos ocasionando quemaduras y daño en los ojos. (Cerquea & Gutiérrez, 2008)

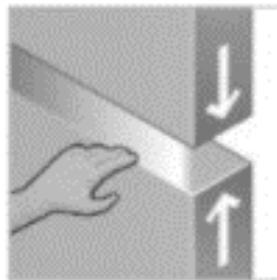
Figura 3. Representación del riesgo de proyección de partículas sólidas.



Fuente: (Fluitronic, 2020)

El aplastamiento, esquematizado en la figura 4, se da en zonas donde dos objetos se mueven uno sobre otro o uno es estático y el otro, móvil. (Cerquea & Gutiérrez, 2008)

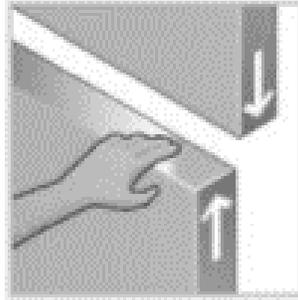
Figura 4. Representación del riesgo de aplastamiento.



Fuente: (Fluitronic, 2020)

El cizallamiento se muestra en la figura 5 y se presenta en zonas donde están en movimiento los filos de dos objetos de forma muy cercana el uno con el otro. (Cerquea & Gutiérrez, 2008)

Figura 5. Representación del riesgo de cizallamiento

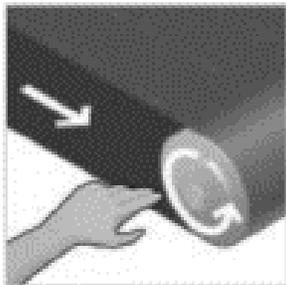


Fuente: (Fluitronic, 2020)

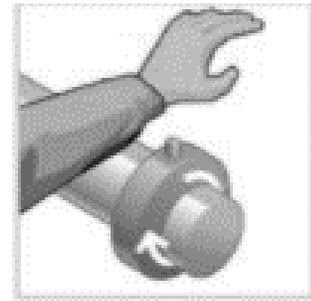
El atrapamiento se representa en a y b de la figura 6, y tiene lugar cuando dos objetos se encuentran en movimiento y de ellos, al menos uno rota. (Cerquea & Gutiérrez, 2008).

Figura 6. Representación del riesgo de atrapamiento por a) succión y b) arrastre.

a)



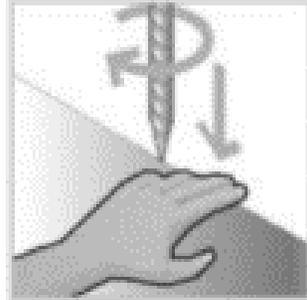
b)



Fuente: (Fluitronic, 2020)

El punzonamiento ocurre por exposición a herramientas punzantes que operan de forma rotacional, traslacional o manual y se muestra en la figura 7. (CIRLAC, 2015)

Figura 7. Representación del riesgo de punzonamiento



Fuente: (Fluitronic, 2020)

La fricción o abrasión se esquematiza en la figura 8 y tiene lugar debido a la exposición a partes de la máquina en movimiento que contienen elementos abrasivos. (CIRLAC, 2015)

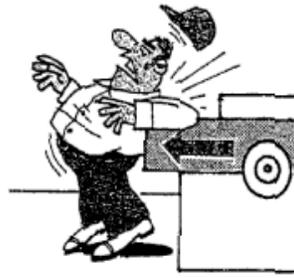
Figura 8. Representación del riesgo por abrasión



Fuente: (CEGESTI, 2012)

El impacto o choque se esquematiza en la figura 9 y tiene lugar cuando hay exposición a partes en movimiento o fijas de los equipos y máquinas e incluso por manipulación de herramientas manuales. (CIRLAC, 2015)

Figura 9. Representación del riesgo de impacto o choque.



Fuente: (CEGESTI, 2012)

El corte se representa en la figura 10 y ocurre cuando hay exposición a bordes filosos y herramientas cortantes con operación rotacional, traslacional o manual. (CIRLAC, 2015)

Figura 10. Representación del riesgo de corte



Fuente: (Monederosmart, 2020)

5.2.2.3. Peligro Locativo.

Está relacionado con las condiciones de la zona geográfica, instalaciones o puestos de trabajo, donde los escenarios no adecuados pueden generar accidentes de trabajo, siendo una de las causas más importantes de los accidentes laborales dado las características que posean

los ambientes de trabajo son una constante de este y así mismo, determina la severidad del accidente (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019). Dentro de los factores de riesgo locativo se encuentran los siguientes:

La estructura de locación debe ser una edificación segura y firme sin riesgo de desplome y adecuada instalación de las redes de los servicios de agua, gas, electricidad, etc., así como del control sobre las condiciones ambientales que puedan afectar el organismo y la eficiencia de los trabajadores. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

La distribución de espacios debe considerar la ubicación de máquinas, equipos y herramientas a fin de prevenir accidentes por falta de espacio. Así mismo, debe asegurar equilibrio dinámico y estático de máquinas y herramientas. También, se debe considerar el aislamiento de máquinas y herramientas con potencial de daño. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

Los techos o cubiertas deben ser totalmente lisos y estar a una altura de mínima de 3 metros con respecto al piso e incluso los sitios transitables por operarios, deben estar a 1.8 metros. Igualmente, se debe evitar el estancamiento de líquidos a fines de impedir la humedad. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

Las puertas indicadas como de emergencia deben estar señalizadas y con apertura externa. Adicionalmente, las diferentes áreas de la organización deben estar aisladas por medio de puertas resistentes al fuego y libres de obstáculos. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

Las ventanas y la iluminación deben estar distribuidas estratégicamente con el fin de proporcionar la cantidad de luz natural necesaria conforme al trabajo realizado y complementar con luz artificial en caso de que se requiera. Por un lado, se deben evitar

molestias a los trabajadores ocasionadas por la luminosidad. Por otro lado, se deben mantener libre de obstrucciones las ventanas y garantizar su limpieza. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

Los pisos deben ser lo suficientemente resistentes para mantener las cargas establecidas en su diseño, así mismo, debe ser liso y homogéneo, constituido por materiales antideslizantes, resistentes y de fácil limpieza. En caso de disponer de escaleras, reemplazarlas por rampas levemente inclinadas. Por otro lado, los pisos de los sanitarios, por cada 15 metros cuadrados debe tener un desagüe. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

Las paredes deben ser lisas, seguras, de colores claros y fácil limpieza, siendo necesario mantenerlas en buen estado. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

El orden y aseo en todas las instalaciones debe ser perfecto, sin acumulación de productos, herramientas, insumos y derrames. Los elementos de trabajo deben ser visibles y estar clasificados y ordenados con el fin de facilitar acceso a estas. Además, la limpieza debe ser minuciosa en las áreas donde hay bastante tránsito, máquinas o puntos de generación de residuos. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

La señalización tiene por objeto generar estímulos visibles, sonoros, olfativos y táctiles y alertar a las personas de los riesgos, prohibiciones y obligaciones a los que están expuestos en su entorno. Por otro lado, deben indicar y facilitar la ubicación y acceso a los elementos de protección, evacuación, emergencia y primeros auxilios. (Bonilla, Carlosama, Córdoba, & Mejía, 2019)

5.2.2.4. Peligro Público.

Hace referencia a los “actos mal intencionados de seres humanos hacia otros seres humanos, donde se ven involucrados los trabajadores de manera directa e indirecta que pueden generar hasta incapacidades permanentes o temporales” (Castro, Cardozzo, & Gómez, 2019, pág. 10). Adicionalmente, los trabajadores están expuestos en sus rutinas cotidianas lo que hace de estos peligros una condición latente para ellos (Petroleros Asociados S.A, 2020). Dichos factores de riesgo incluyen:

El hurto es una modalidad en la que las víctimas son mensajeros, vendedores, cobradores, ventanillas de recaudo, transportadores, ejecutivos y directivos siendo el comienzo para extorsiones y chantajes. (Petroleros Asociados S.A, 2020)

El secuestro es un recurso económico para la delincuencia. No solo los empresarios son secuestrables, también lo son bienes que sean de interés y genere un rescate. (Petroleros Asociados S.A, 2020)

El sabotaje se da cuando en los escenarios con trabajadores resentidos, infiltraciones, competencia desleal, espionaje industrial, sindicatos, fuga y venta de información. (Petroleros Asociados S.A, 2020)

Los accidentes de tránsito amenazan con la vida de las personas al representar una alta tasa de accidentalidad. Siendo los peatones, ciclistas, motociclistas y conductores, los actores viales que pueden sufrir este tipo de accidentes, cabe mencionar que unos son más indefensos que otros. (Petroleros Asociados S.A, 2020)

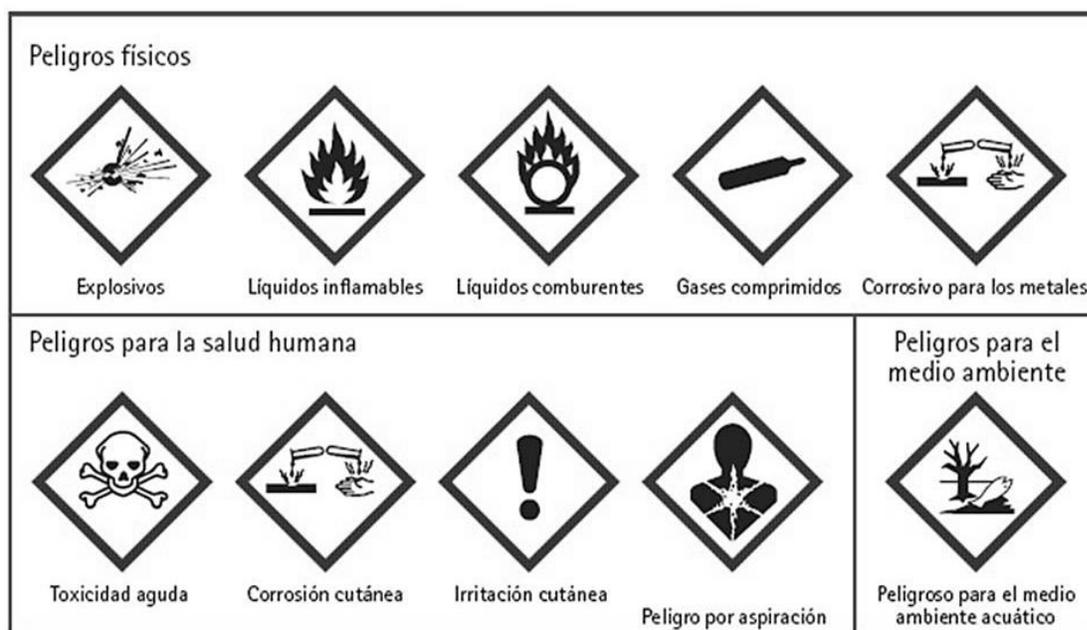
5.2.2.5. Peligro Tecnológico.

En la guía “Lo que usted debe saber sobre riesgo tecnológico”, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres define los accidentes tecnológicos como “eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados por eventos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación. Comprende fugas, derrames, incendios y explosiones asociados a la liberación súbita de sustancias y/o energías con características de peligrosidad” (UNGRD, 2018, pág. 11).

Los peligros tecnológicos se clasifican de la siguiente manera:

1. Según el origen:
 - a. Químico: Son todos los materiales, productos peligrosos y equipos con funcionamiento a base de sustancias peligrosas, que en determinada cantidad afectan no sólo a las personas sino también al medio ambiente e infraestructuras. Conforme a la categorización de sustancias peligrosas propuesta por el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) se establecen los peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente (UNGRD, 2018). Lo anterior se muestra con los respectivos pictogramas en la figura 11.

Figura 11. Clasificación de Peligros según el SGA.



Fuente: (Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, 2020)

- b. Biológico: Tanto organismos como sustancias derivadas de estos al provenir de una fuente biológica patógena representan una amenaza para la salud de las personas, otros organismos y medios de subsistencia. Los agentes biológicos patógenos se clasifican en cuatro niveles de riesgo según su impacto individual y poblacional al provocar enfermedades graves en humanos y animales de manera directa o indirecta (UNGRD, 2018), tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del nivel de riesgo de los agentes patógenos.

<i>Grupo De</i>	<i>Riesgo</i>	<i>Descripción</i>
<i>I</i>		Bajo riesgo individual y comunitario.
<i>II</i>		Moderado riesgo individual y riesgo comunitario limitado.
<i>III</i>		Alto riesgo individual y bajo riesgo comunitario.
<i>IV</i>		Alto riesgo individual y comunitario.

Fuente: Autoría propia

- c. En radiación: la energía que viaja en forma de onda electromagnética o partícula (movimiento de electrones, protones y neutrones) puede ser ionizante o no ionizante, tal como se muestra en la figura 12:

Figura 12. Tipos de radiación.



Fuente: (UNGRD, 2018)

- d. Eléctrico: los equipos y sistemas de distribución y uso de electricidad junto a sus procesos de instalación y mantenimiento manifiestan la electricidad en forma mecánica, térmica, luminosa y química. (UNGRD, 2018)
- e. Mecánico: relacionado a la acción mecánica o movimiento de equipos y maquinaria como lo es el caso de los medios de transporte y carga. (UNGRD, 2018)
- f. En estructuras: hace referencia a elementos unidos, conectados entre sí y ensamblados tales como los muros, vigas, columnas, arcos, etc., los cuales por condiciones internas y externas se ve comprometida la resistencia de estos elementos, ocasionando pérdida de estabilidad, incapacidad de su función e incluso su destrucción. (UNGRD, 2018)
- g. En tecnologías de información y comunicaciones: todo canal de distribución de información como conjuntos de hardware, software, redes aplicaciones, entre otros, pueden sufrir pérdidas por daños, alteración, interrupción y fallas generadas por el uso o por ser una fuente de ataques dado que no tienen las medidas protectoras. (UNGRD, 2018)
- h. Otros pueden ser de tipo intencional y no intencional. Los primeros, están relacionados a sabotaje y ataques con agentes químicos, biológicos, radiológicos, etc. Y los segundos, hacen referencia a los derivados de un evento ocasionado por amenazas naturales o socio-naturales. (UNGRD, 2018)

2. Según la categoría de actividad fuente del riesgo:
 - a. Domésticas y servicios profesionales individuales: hace referencia a las actividades rutinarias como la limpieza del hogar, consultorios médicos u odontológicos y las demás inherentes al espacio. (UNGRD, 2018)
 - b. Comercio, servicios y venta directa: las actividades que se desarrollan en grandes superficies, centros comerciales, estaciones de servicio y distribución de gas licuado de petróleo, restaurantes, etc. (UNGRD, 2018)
 - c. Producción industrial y almacenamiento: son aquellas organizaciones dedicadas a la producción y almacenamiento de aceites, aerosoles, agroquímicos, alimentos, calzado, cemento, combustibles, productos de aseo, medicamentos, pinturas, plásticos, textiles, entre otras. (UNGRD, 2018)
 - d. Producción de energía eléctrica: son las termoeléctricas, hidroeléctricas y diferentes formas de generar energía eléctrica. (UNGRD, 2018)
 - e. Exploración y producción de hidrocarburos: actividades de exploración y producción de gas y petróleo. (UNGRD, 2018)
 - f. Transporte: actividades de movilización de pasajeros, mercancías, productos químicos, etc., por las vías aéreas, fluviales, terrestres y por ducto. (UNGRD, 2018)
 - g. Recuperación, tratamiento y disposición final de desechos: hace referencia al manejo de desechos líquidos y sólidos provenientes de los rellenos sanitarios, bodegas de reciclaje y tratamiento de residuos. (UNGRD, 2018)
 - h. Lugares de interés deportivo, religioso y cultural.

- i. Obras de interés social y territorial: son los establecimientos educativos, judiciales, penitenciarios, gubernamentales, de salud y protección social. (UNGRD, 2018)

Los eventos de tipo tecnológico son:

Incendio: es la oxidación exotérmica rápida que sufre un material combustible sólido, líquido o gaseoso en estado de ignición. (UNGRD, 2018)

Explosión: es la liberación de gas a alta presión en el ambiente. (UNGRD, 2018)

Derrames: es la pérdida de contención accidental de un líquido. (UNGRD, 2018)

Fugas: es la pérdida de contención accidental de un gas o un vapor. (UNGRD, 2018)

Colapso: es la condición interna o externa de una estructura que sufre pérdida de estabilidad, incapacidad de función e incluso destrucción. (UNGRD, 2018)

5.2.2.6. Peligros Naturales.

Según la Organización de los Estados Americanos (OAS), los peligros naturales hacen referencia a todos los elementos presentes en el medio ambiente físico, perjudiciales para el hombre y generados por fuerzas ajenas a este. Los factores de riesgos naturales pueden ser de tipo atmosférico, sísmico, hidrológico, volcánico o incendios. (OAS, 2020).

Los fenómenos naturales contemplados por la GTC-45 se detallan a continuación:

Un sismo es el movimiento brusco de la Tierra generado por la liberación de energía acumulada, es decir, es la activación de placas tectónicas, pero en condiciones de corta duración e intensidad variable y no representa daños materiales o económicos perceptibles ni

pérdidas humanas. Mientras que el terremoto si lo hace. (Red Sismológica Nacional de Costa Rica, 2019)

Una inundación es el aumento gradual del nivel del agua en los terrenos que permanecen libres de agua mientras que las precipitaciones se caracterizan por la presencia de fuertes lluvias y los vendavales, por la presencia de fuertes vientos. (Cómite de Cafeteros de Caldas, 2020)

Y finalmente, los derrumbes se presentan por la pérdida de estabilidad de la tierra ocasionando su desplazamiento o hundimiento. (ECO EXPLORATORIO, 2020)

En la ocurrencia de accidentes no sólo los peligros de seguridad industrial se deben considerar sino también considerar los tipos de peligros psicosociales y biomecánicos. Estos primeros, al perjudicar la salud de las personas genera estrés y con el tiempo, deficiencias cardiovasculares, respiratorias, gastrointestinales, musculoesqueléticas y mentales, siendo el resultado de condiciones inadecuadas de trabajo y una deficiente organización del trabajo. Sumado el acoso laboral (ISTAS, 2020) que experimentan por los compañeros de trabajo en los diferentes niveles de la organización. Y los segundos, generan trastornos musculoesqueléticos debido al tipo e intensidad de las actividades físicas ejecutadas en el trabajo por lo que los factores de riesgo siempre estarán ligados a (CENEA, 2020):

Generación de fuerzas: las posturas y movimientos adoptadas para realizar una fuerza externa somete el cuerpo a realizar fuerzas internas. Por lo que es necesario, en lo posible, automatizar la tarea o implementa herramientas que permitan realizar menos fuerza.

Alta frecuencia de movimientos: la repetitividad de tareas modifica la mecánica de los tejidos del cuerpo como en procesos de girar, abrir, cerrar, doblar, introducir, etc. (CENEA, 2020)

Duración larga de la exposición: en la medida que el tiempo de ejecución de tareas en el trabajo, el riesgo es mayor para la persona. (CENEA, 2020)

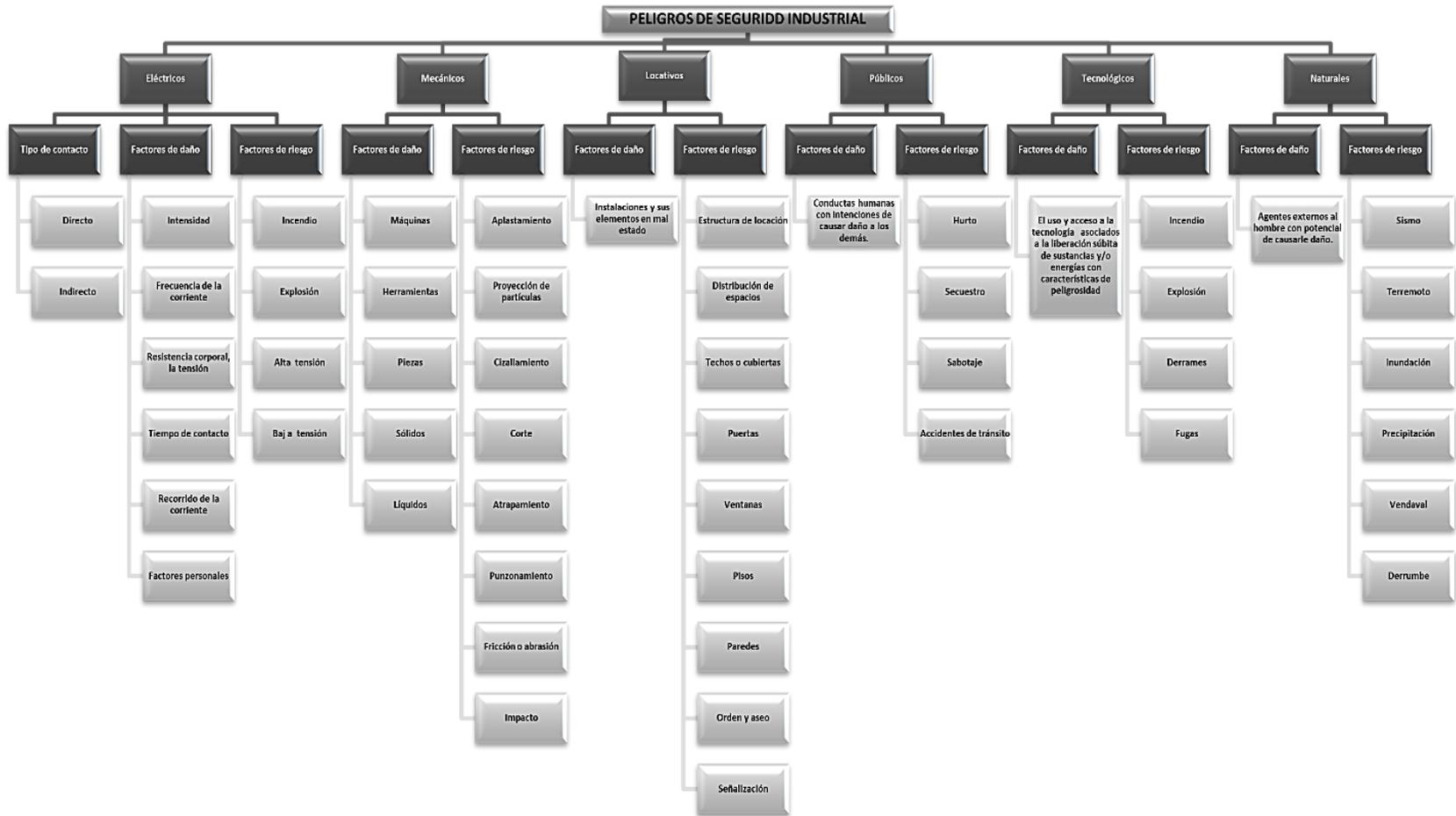
Falta de periodos de recuperación: siendo el reposo fisiológico necesario para recuperar las capacidades funcionales del cuerpo, es una práctica poco aplicada entre los trabajadores y de concientización de los responsables del programa de prevención. (CENEA, 2020)

Estatismo postural: es la condición inmóvil del cuerpo y perjudicial para al cuerpo cuando se trabaja de pie o sentado por tiempo prolongados. (CENEA, 2020)

Exposición a vibraciones: cuando la exposición es en cuerpo entero, cuando parte descansa en una superficie vibrante ocasiona daños psicofisiológicos en columna vertebral y sistema periférico, o cuando es en extremidades superiores, cuando son transmitidas por las manos al realizar uso de herramientas mecánicas ocasionando alteraciones vasculares, musculoesqueléticas y neurológicas. (CENEA, 2020)

Dado lo anterior, los tipos de riesgo biomecánico son levantamiento manual de cargas, transporte manual de cargas, empuje manual de cargas, uso excesivo de extremidades superiores. (CENEA, 2020)

Figura 13. Peligros de Seguridad Industrial



Fuente: Autoría propia.

Una vez identificados los tipos de peligros presentes en el espacio de trabajo, se realiza una estimación de las posibles consecuencias que pueden generarse de cada uno de los peligros identificados en las tareas, su potencial de daño sobre la seguridad de los trabajadores y su probabilidad de ocurrencia, para realizar una adecuada evaluación del riesgo de accidente ya que de acuerdo con el Decreto 1072 de 2015, un riesgo, en términos de seguridad y salud en el trabajo, es la combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causada por estos.

Para realizar dicha evaluación de riesgo, existen numerosas metodologías, algunas de ellas son aplicables a riesgos laborales tanto de enfermedad laboral como de accidente de trabajo, otras que se utilizan específicamente para prevención de accidentes de trabajo y en muchos casos se encuentran evaluaciones de riesgo usando metodologías mixtas que involucran más de un modelo para evaluación del riesgo. Sin embargo, la metodología establecida por la organización corresponde a la GTC-45.

La GTC – 45 (ICONTEC, 2012), es una metodología desarrollada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación o ICONTEC para realizar la identificación completa y organizada de peligros en cada una de las tareas que componen las actividades realizadas por una empresa. Un peligro se define de acuerdo con este documento, como cualquier elemento o factor con potencial de generar un daño en términos de seguridad y salud en el trabajo. Por lo que para su identificación se debe realizar una revisión paso a paso del procedimiento definido por ACYCIA para las actividades en el área de interés.

De igual forma, como elemento para análisis se debe incluir la identificación de las posibles y peores consecuencias que pueden generarse de cada una de esas tareas.

Una vez conocida esta información acerca de las posibles y peores consecuencias se establecerá el Nivel de Daño por medio de la siguiente tabla propuesta por la GTC-45 así:

Figura 14. Descripción de los niveles de daño

Categoría del daño	Daño leve	Daño moderado	Daño extremo
Salud	Molestias e irritación (ejemplo: Dolor de cabeza); Enfermedad temporal que produce malestar (Ejemplo: Diarrea)	Enfermedades que causan incapacidad temporal. Ejemplo: pérdida parcial de la audición; dermatitis; asma; desordenes de las extremidades superiores.	Enfermedades agudas o crónicas; que generan incapacidad permanente parcial, invalidez o muerte.
Seguridad	Lesiones superficiales; heridas de poca profundidad, contusiones; irritaciones del ojo por material particulado.	Laceraciones; heridas profundas; quemaduras de primer grado; conmoción cerebral; esguinces graves; fracturas de huesos cortos.	Lesiones que generen amputaciones; fracturas de huesos largos; trauma craneo encefálico; quemaduras de segundo y tercer grado; alteraciones severas de mano, de columna vertebral con compromiso de la medula espinal, oculares que comprometan el campo visual; disminuyan la capacidad auditiva.

Fuente: (ICONTEC, 2012)

Como agregado, la guía posibilita la asociación de la existencia de un requisito legal a cada uno de los peligros identificados lo que favorece el análisis de las consecuencias legales que pueden desprenderse de la materialización de cada uno de los riesgos evaluados.

Una vez establecidos los peligros y consecuencias se debe analizar el estado actual de los controles existentes en la organización, es decir, las medidas que la organización ha implementado para evitar daños a la seguridad y salud a los trabajadores. Estos pueden ser controles en la fuente, en el medio o en el individuo. Los primeros, son entendidos como los aplicados directamente al factor, equipo o actividad que genera el peligro, los controles en el medio, son los aplicados entre la fuente y el individuo, como una barrera o impedimento para evitar que si el peligro se libera afecte al individuo, y los controles en el individuo son los que se

aplican directamente a quienes realizan las tareas como los elementos de protección personal o la limitación a la exposición al riesgo. Esta diferencia es clave para entender cómo pueden intervenir los riesgos analizados más adelante.

La información concerniente a los peligros y consecuencias identificados se analiza y se relaciona estableciendo unos Niveles de Aceptabilidad para el Riesgo. Este término, el riesgo, a su vez se define en la GTC-45, como la combinación entre la probabilidad de que un peligro genere una consecuencia y la severidad de la consecuencia generada. Por lo que el Nivel de Riesgo (NR) matemáticamente se expresa como la multiplicación entre el Nivel de Probabilidad (NP) y el Nivel de Consecuencia (NC). El Nivel de probabilidad es a su vez una combinación entre el Nivel de Deficiencia (ND) y el Nivel de Exposición (NE), donde el ND se determina de forma cualitativa o cuantitativa de acuerdo con la siguiente ilustración:

Figura 15. Determinación del Nivel de Deficiencia o ND.

Nivel de deficiencia	Valor de ND	Significado
Muy Alto (MA)	10	Se ha(n) detectado peligro(s) que determina(n) como posible la generación de incidentes o consecuencias muy significativas, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo es nula o no existe, o ambos.
Alto (A)	6	Se ha(n) detectado algún(os) peligro(s) que pueden dar lugar a consecuencias significativa(s), o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es baja, o ambos.
Medio (M)	2	Se han detectado peligros que pueden dar lugar a consecuencias poco significativa(s) o de menor importancia, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es moderada, o ambos.
Bajo (B)	No se Asigna Valor	No se ha detectado consecuencia alguna, o la eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes es alta, o ambos. El riesgo está controlado. Estos peligros se clasifican directamente en el nivel de riesgo y de intervención cuatro (IV) Véase tabla 8.

Fuente: (ICONTEC, 2012)

Mientras que para determinar el NE se aplicarán los siguientes criterios:

Figura 16. Determinación de Nivel de Exposición NE

Nivel de exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Fuente: (ICONTEC, 2012)

De acuerdo con las dos tablas anteriores y entendiendo que NP es una combinación entre ND y NE se tiene que el Nivel de Probabilidad genera una matriz de valores posibles de acuerdo con la siguiente tabla:

Figura 17. Determinación Nivel de Probabilidad NP.

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: (ICONTEC, 2012)

De allí que su interpretación se cita como sigue:

Figura 18. Significado de los diferentes niveles de probabilidad NP

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: (ICONTEC, 2012)

Para el segundo término que aparece en la expresión matemática para el Nivel de Riesgo NR se tiene el Nivel de consecuencias NC, el cual se evalúa teniendo en cuenta la consecuencia directa Más grave que se pueda desprender de la actividad analizada con base en la siguiente información:

Figura 19. Determinación Nivel de Consecuencias NC

Nivel de Consecuencias	NC	Significado
		Daños Personales
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte (s)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente parcial o invalidez)
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT)
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad

Fuente: (ICONTEC, 2012)

Finalmente, al combinar NP y NC se obtiene un valor y un significado para el Nivel de Riesgo así:

Figura 20. Determinación de Nivel de Riesgo NR

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 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	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: (ICONTEC, 2012)

Figura 21. Significado del Nivel de Riesgo NR

Nivel de Riesgo y de intervención	Valor de NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500 – 150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato.
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: (ICONTEC, 2012)

Al finalizar la identificación del Nivel de Riesgo la empresa deberá bajo sus propios criterios establecer qué riesgos puede tolerar y qué riesgos no. Sin embargo, la guía propone una forma de hacerlo al definir 4 categorías o Niveles de Aceptabilidad del riesgo. Se encuentran en el Nivel I o Nivel de Riesgo No aceptable, aquellos riesgos que representan una situación crítica y requieren una medida de corrección urgente, luego se debe dar tratamiento a los riesgos ubicados en el Nivel II o Nivel de Riesgos Aceptables con control específico, que incluye aquellos que

requieran la aplicación de un control o corrección específica, seguidamente se deben considerar los Riesgos de Nivel III o Nivel de Riesgo Mejorable, que implica la existencia de un control que debe mejorarse y Finalmente se encuentran los riesgos de Nivel IV o Riesgos Aceptables que no requieren intervención o que requieren un análisis más preciso para definir si se intervienen o no. Lo anterior se evidencia más claramente en la siguiente tabla:

Figura 22. Niveles de Aceptabilidad del Riesgo

Nivel de Riesgo	Significado	Explicación
I	No Aceptable	Situación crítica, corrección urgente
II	No Aceptable o Aceptable con control específico	Corregir o adoptar medidas de control
III	Mejorable	Mejorar el control existente
IV	Aceptable	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique

Fuente: (ICONTEC, 2012)

Una vez se ha establecido la categorización de los riesgos en los cuatro niveles que define la guía, es posible generar una priorización de tratamiento para cada uno de ellos, dando prelación en su intervención a los de Nivel I y siguiendo las categorías establecidas hasta el Nivel IV.

Las medidas de intervención propuestas deben considerar en principio la posibilidad de eliminar el riesgo, si no es posible, se evalúa su sustitución, de no ser una alternativa aún, se estudia la implementación de controles de ingeniería, si esto tampoco es una opción, se deben generar controles administrativos y en última medida proponer el uso de elementos de protección personal.

Los controles de eliminación y sustitución son aplicados generalmente a las fuentes de peligro, mientras que los controles de ingeniería y controles administrativos se pueden

considerar como controles en el medio y los elementos de protección personal son controles en el individuo.

Es importante la realización de una valoración económica de los controles propuestos, ya que se debe tener en cuenta la priorización de los riesgos y el factor costo-beneficio que pueda generar para la organización, la cual se puede llevar a cabo con los factores de reducción de nivel de riesgo y de justificación propuestos en el “Anexo E” de la Guía Técnica Colombiana GTC-45.

Por un lado, el factor de reducción del nivel de riesgo (F) hace referencia a la determinación del grado de disminución del riesgo, tras adoptar una medida de intervención. Este factor corresponde al valor porcentual de la reducción esperada del riesgo con la implementación de una determinada medida de intervención. Lo anterior se obtiene empleando la siguiente fórmula (ICONTEC, 2012):

$$F = \frac{NR_i - NR_f}{NR_i} * 100 \quad (1)$$

Donde,

NR_i : es el nivel de riesgo inicial evaluado para un peligro identificado

NR_f : es el nivel de riesgo final esperado por cada medida de intervención que se va a implementar.

Por otro lado, el factor de justificación representa la relación costo/beneficio de una medida de intervención y se determina en función del nivel de riesgo, del factor de reducción del riesgo y del factor de costo, mediante la siguiente fórmula (ICONTEC, 2012):

$$J = \frac{NR_i * F}{d} \quad (2)$$

Donde,

NR_i : es el nivel de riesgo inicial evaluado para un peligro identificado

F: es el factor de reducción del nivel de riesgo

d: es el costo de la medida de intervención que se toma de la tabla.

La tabla que relaciona el costo de la medida de la intervención con el costo se presenta a continuación:

Figura 23. Relación costo de la medida de intervención y el factor de costo.

Costo		Factor de costo (d)
Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (SMMLV)		
a)	Más de 150	10
b)	De 60 a 150	8
c)	De 30 a 59	6
d)	De 3 a 29	4
e)	De 0.3 a 2.9	2
f)	De 0.06 a 0.29	1
g)	Menos de 0.06.	0,5

FUENTE Adaptado del Centro de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Delegación Provincial de Sevilla. (s/f).

Fuente: (ICONTEC, 2012)

Dado lo anterior, la estimación por cada medida de intervención suministra información sobre cuál resulta tener la mejor relación costo/beneficio bien sea en la eliminación o reducción de un riesgo específico, siendo seleccionada las que genere el mayor valor de J.

Así en última instancia se lograría definir un Programa de Prevención de Accidentes de Trabajo en el área de Mantenimiento de ACYCIA LTDA.

Los programas de prevención son un conjunto de medidas y acciones relacionadas entre sí que tienen por objeto impedir o retrasar la aparición accidentes de trabajo y mejorar las

condiciones de trabajo y de seguridad de un lugar específico, las cuales permiten establecer y adoptar las actividades que garanticen el logro de los objetivos propuestos para la implementación del programa (Ministerio de Salud, 2020) (ESPOL, 2020). Además de establecer la razón de ser del programa de prevención de accidentes, se debe definir un alcance, el cual tiene como propósito precisar de manera sencilla, clara y concreta la forma en cómo se alcanzarán los objetivos propuestos (Universidad Benito Juárez, 20117) hecho que se ve reflejado cuando los tecnólogos, profesionales y profesionales con posgrado en Seguridad y Salud en el Trabajo con licencia vigente y curso de capacitación virtual de 50 horas (Ministerio de Trabajo, 20119), al ser los responsables de dichos programas además de poseer la capacidad técnica, formulan programas muy completos, los cuales al llevarlos a la práctica, no cumplen con las expectativas deseadas dado que olvidan algo esencial: las personas son quienes ejecutan los programas (Universidad Benito Juárez, 20117). Adicionalmente, es fundamental considerar la asignación de recursos financieros, humanos y físicos, los cuales permiten cubrir o no la totalidad del alcance.

Así mismo, fijar un cronograma de actividades que favorezca el logro de los objetivos propuestos en los tiempos estipulados para ejecutar correctamente el diseño, implementación, control y mejora del programa de prevención de accidentes; etapas fundamentadas en el ciclo PHVA. Este ciclo fue desarrollado Edwards Deming como una herramienta para el logro de la mejora continua por medio de los siguientes pasos (Rodríguez, 2018):

Planear: es el eje sobre el cual se determinan las demás acciones (SafetYa, 2019) tales como el diseño de los objetivos, la asignación de recursos, herramientas y metodologías de recolección de información.

Hacer: es la consolidación, ejecución y documentación de lo planeado (SafetYa, 2019), es decir, la identificación de peligros y valoración de riesgos.

Verificar: se establece un periodo tras la implementación del programa confirmando el correcto funcionamiento de este (SafetYa, 2019) con fin de establecer si previene o no los accidentes de trabajo; un ejemplo de lo anterior, son las auditorías y los indicadores de cumplimiento, cobertura y eficacia.

Actuar: es crucial para lograr la perfección del programa (SafetYa, 2019) mediante la identificación de los incidentes y no conformidades, e implementación de acciones correctivas.

5.2.3. Herramienta Retriever y Válvula de Servicio

La herramienta Retriever y su Válvula de Servicio, son dos equipos diseñados y fabricados por CAPROCO LTD de Canadá para trabajar en conjunto. Su función es la de realizar el retiro e inserción en caliente (con la tubería en normal operación) de sensores de Monitoreo de Corrosión Interna (MCI) instalados en tuberías que soportarán presiones de hasta 3600 psi. Por esta razón, y de acuerdo con la normatividad internacional (ASME B31 Sección 3), a este conjunto de herramientas se le realiza una prueba hidrostática a 5400 psi al finalizar su fabricación de forma que pueda garantizarse su operación segura en campo antes de ser despachada al cliente.

De acuerdo con la ficha técnica del equipo “El Retriever y su Válvula de Servicio han sido diseñados para instalar y retirar equipos de monitoreo de corrosión interna con la tubería en operación normal bajo presiones de línea de hasta 3600 psi, equivalente a 24,8 MPa. Estas dos herramientas son el componente clave para los sistemas de Monitoreo de tipo Retrievable y

son herramientas versátiles con historia comprobada de confiabilidad y desempeño seguro en operaciones de campo”, estas operaciones se realizan en caliente, es decir, con la tubería en operación normal, por lo tanto la herramienta debe estar siempre bajo condiciones que garanticen la ausencia de fugas o de fallas, las cuales comprometen la integridad de los operadores y a su vez, que puedan dar lugar a impactos ambientales. (Caproco, 2020)

El Retriever en conjunto con su Válvula de Servicio, tiene como principio de funcionamiento la presión balanceada, lo que significa que su operación solo será segura cuando la presión interna del equipo iguale la presión interna de la tubería donde se realiza el servicio en caliente, por lo que la determinación de su máxima presión de operación es una variable de la que depende en gran medida la seguridad de toda la actividad. La frecuencia en el mantenimiento y prueba hidrostática de estas herramientas dependerá fundamentalmente del estado de estas y de su frecuencia de operación, por lo que no se puede definir una misma frecuencia de mantenimiento, y prueba hidrostática, para todos los casos.

Para mejorar el desempeño de esta herramienta en campo y teniendo en cuenta la información recibida por parte de los clientes sobre los eventos de accidentalidad derivados de la falta de capacitación y de mantenimiento del Retriever y la Válvula de Servicio, ACYCIA LTDA estableció la prestación de dos servicios complementarios a su línea de suministro de equipos: el Mantenimiento y la Prueba Hidrostática del Retriever y su Válvula de Servicio y así mismo, planteó la capacitación y certificación de operadores en el uso seguro y mantenimiento de la herramienta. Así, en el año 2015 se diseñó y fijó un área para este mantenimiento y para facilitar la capacitación al personal en el manejo de esta herramienta, dentro de las instalaciones de la compañía.

El mantenimiento del Retriever y la Válvula de Servicio se compone de 3 fases: En primer lugar, se realiza un diagnóstico inicial donde se determina el estado actual de la herramienta junto a la emisión de un listado de los posibles repuestos requeridos en el proceso de mantenimiento. En segundo lugar, se realiza el desarrollo de una revisión exhaustiva, donde se desensambla completamente la herramienta y posteriormente, se siguen los lineamientos establecidos por el fabricante para su mantenimiento, es decir, se debe limpiar y lubricar de cada una de las partes mecánicas y en caso de evidenciar posibles daños en la estructura interna de las partes principales realizar un análisis de integridad, se debe llevar a cabo el cambio de los sellos y posterior ensamble de la herramienta. Finalmente, se realiza una prueba hidrostática, la cual garantiza el perfecto funcionamiento de la herramienta, la cual busca asegurar la ausencia de fugas y de defectos de integridad, los cuales pueden modificar las condiciones de diseño y de servicio para las cuales fue concebida su operación en campo (I&V, 2016).

5.2.4. Pruebas hidrostáticas

Una prueba hidrostática es un tipo de ensayo no destructivo ampliamente usado en la industria petrolera desde 1950 en los Estados Unidos y en su mayoría, es aplicada a equipos y accesorios metálicos, para establecer si la integridad de su estructura puede soportar las condiciones de presión interna para las que fue diseñada. En tramos nuevos de tubería o equipos nuevos, esta prueba se realiza generalmente, antes de la instalación del accesorio o una vez finalizada la fabricación del equipo, siendo un mecanismo que garantiza su manipulación segura durante su vida útil a través de la exposición de la pieza metálica a una presión de fluido mayor a la presión de diseño de esta, específicamente a 1,5 veces su presión

de diseño de acuerdo con lo establecido en la norma ASME B31 Sección 3, para tubería, y recipientes presurizados. En esta primera oportunidad, se pretende establecer un margen de seguridad para la operación del equipo. Sin embargo, para tuberías existentes o equipos que no son nuevos o ya tienen varios años de servicio, este tipo de pruebas sirven para revalidar la máxima presión de operación, evitando así pérdidas de contención durante su manipulación o servicio habitual. Se debe diferenciar una prueba hidrostática de una prueba neumática. La primera se definió anteriormente, y utiliza como fluido de prueba una sustancia líquida, generalmente agua o aceite hidráulico dependiendo del uso final del elemento a probar, mientras que la segunda utiliza como fluido de prueba un gas, puede ser aire o nitrógeno, entre otros, también dependiendo de la aplicación de diseño del equipo o componente a ensayar. Pero la principal desventaja de realizar una prueba neumática en lugar de una prueba hidrostática radica en el hecho de que el factor de compresibilidad de un gas es superior al de un líquido, lo que significa que, en caso de falla o pérdida de contención la energía liberada por un gas sería ampliamente superior a la energía que liberaría un líquido.

Por este motivo, la fase definitiva en el Mantenimiento de una Herramienta Retriever y su Válvula de Servicio es una prueba hidrostática, ya que permite determinar si la herramienta soportará durante su servicio, las condiciones de presión interna para las que fue diseñada. En el caso puntual de ACYCIA la prueba hidrostática utiliza como fluido de prueba el aceite hidráulico, dado que ayuda a la preservación y lubricación de las piezas internas de la herramienta probada.

Esta prueba, se cataloga como un ensayo no destructivo cuya finalidad es determinar las fisuras por fatiga en un material (Rimoldi & Mundo, 2012) y se requiere que el ensamble de prueba se someta a una presión hidrostática de al menos 1,5 veces la presión de diseño

durante por lo menos 1 hora sin fuga (ASME, Código ASME para tuberías a presión, B31, 2010).

La prueba consiste en presurizar por etapas un ensamble consistente en un banco de pruebas (recipiente a presurizar durante la prueba hidrostática) y la herramienta Retriever y Válvula de Servicio, de forma que en cada etapa aumenta paulatinamente la presión mientras se verifica la inexistencia de fugas en la herramienta. Esto se realiza mediante la observación de caídas de presión reportadas en las cartas de registro que resultan de cada prueba a través de un registrador de Presión Marca Barton.

El banco de pruebas o recipiente a presión utilizado para el desarrollo de la prueba hidrostática fue diseñado y construido en el año 2015 bajo los criterios de la norma ASME B31 sección 3, realizando la verificación de calidad de materiales e integridad de toda la estructura, incluyendo una radiografía a sus cordones de soldadura para garantizar la menor probabilidad de falla del recipiente durante su uso. Por lo que, de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma previamente mencionada, se debe llevar a cabo su inspección de integridad y mantenimiento general cumplidos 5 años posteriores a su fabricación, esto con el fin de garantizar que no se presentarán fallas en la prestación del servicio (ASME, Código ASME para tuberías a presión, B31, 2010).

ANTONIO CASTRO Y CIA o ACYCIA, como Representante Exclusivo de CAPROCO LTD en Colombia (ACYCIA, 2016), es la única entidad autorizada en el país por el fabricante para la realización del mantenimiento y prueba hidrostática de las herramientas Retriever y Válvula de Servicio fabricadas por ellos, de forma que pueda reproducirse la prueba hidrostática de la herramienta después de su mantenimiento, en las mismas condiciones en las

que se realizó para su despacho al cliente como equipo nuevo de forma que se pueda validar adecuadamente que las herramientas son seguras para su operación en caliente.

Para la prestación de este servicio, en el año 2015 la compañía diseñó un banco de pruebas bajo normatividad ASME, para ser operado en conjunto con una bomba hidráulica que facilita la presurización del equipo con aceite hidráulico hasta la presión requerida y cuyo registro se lleva a cabo por medio de un equipo registrador de presión que permite evidenciar los rangos de presión en los que se desarrollan las etapas de la prueba y registrar las evidencias en caso de ocurrir pérdida de hermeticidad del sistema.

5.2.5. Consecuencias de falla de una prueba hidrostática

Entre los factores a analizar se debe determinar la cantidad de energía que puede liberarse como efecto de la falla del elemento sometido a prueba hidrostática o del banco de pruebas diseñado para tal actividad, la forma como puede liberarse esa energía es decir, realizar el análisis de los escenarios de fuga, la onda de presión generada por la pérdida de contención, la velocidad de chorro de fluido generada por una pérdida de hermeticidad del sistema y la velocidad de pequeños proyectiles que pueden desprenderse. (Storhaug, 2016)

Este análisis de consecuencias permite evaluar la vulnerabilidad de la estructura del lugar donde se lleva a cabo la prueba hidrostática y las consecuencias de la afectación a personas dentro de las instalaciones o en instalaciones aledañas al área donde se ejecuta la actividad.

La energía liberada por una falla en una prueba hidrostática está definida por la presión utilizada para la realización de esta y el cambio de volumen generado por el escape del fluido del recipiente que lo contiene. Como los gases pueden ocupar un volumen mucho mayor que

un líquido una vez son liberados, se entiende que su factor de compresibilidad es mayor por lo que las pruebas neumáticas revisten un peligro mayor que las pruebas hidrostáticas.

La presión es una magnitud que mide la fuerza ejercida sobre una superficie por un material gaseoso, líquido o sólido, por lo que sus unidades de medición implican unidades de fuerza sobre unidades de área. En el Sistema Internacional de Medidas su unidad es el Pascal [Pa] que equivale a una unidad de Fuerza como el Newton sobre la unidad de área que es el metro cuadrado [N/m²]. En el sistema inglés la unidad de medida es la libra por pulgada cuadrada o psi de acuerdo con sus iniciales del inglés “*pound per square inch*” y es igual a la fuerza ejercida por una libra sobre una pulgada cuadrada. De acuerdo con esta definición y unidades, la presión (P) se expresa matemáticamente como Fuerza (F) sobre área (A) así:

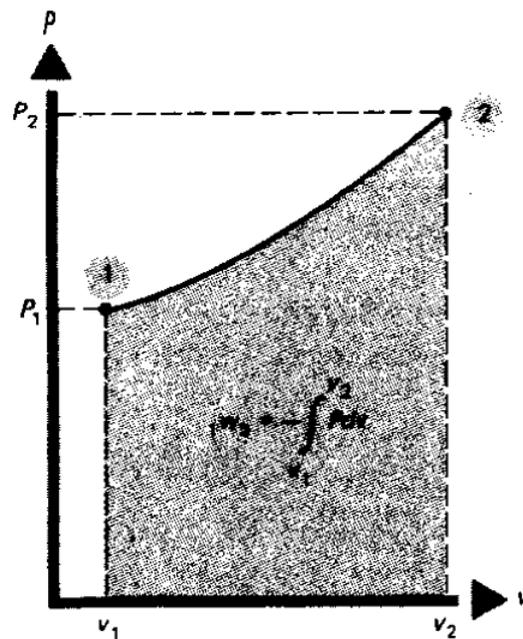
$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

La energía interna de un sistema (U) formado por varias partículas en movimiento, comprende todos los tipos de energía de cada una de las partículas que componen el sistema. Su unidad de medida son los Julios [J]. Según la primera Ley de la Termodinámica, La energía interna (U) de un sistema aumenta cuando se le transfiere calor (Q) o cuando se realiza un trabajo (W) sobre él y disminuye o se libera cuando se le retira calor o realiza un trabajo, por lo que el cambio en la energía interna de un sistema se expresa así:

$$dU = dQ - dW \quad (4)$$

En este caso U representa la energía total contenida en el recipiente a presión, Q representa la energía calorífica y W representa el trabajo debido a la presión aplicada. En este caso, la prueba hidrostática se realiza a una temperatura constante por lo que no se realiza un intercambio de Calor, Q puede ser despreciable o considerada con un valor de cero. Debido a esto la Energía envuelta en una prueba hidrostática es netamente Trabajo Termodinámico. El trabajo termodinámico más habitual tiene lugar cuando un sistema se comprime o se expande y se denomina trabajo presión - volumen ($p - v$). El trabajo en términos de presión y temperatura se representa como el área bajo la curva en una gráfica de presión contra volumen como la siguiente:

Figura 24. Trabajo en un proceso Presión-volumen.



Fuente: (Howell, 1990)

El tipo más habitual de trabajo termodinámico ocurre en un proceso isobárico donde se produce un cambio de volumen debido a la acción de una presión constante y se expresa a continuación:

$$dW = P * dV \quad (5)$$

Y el valor de W , que puede ser positivo o negativo dependiendo de si se habla de una expansión o una compresión. Los procesos isocóricos, son aquellos donde se generan cambios de presión en un volumen determinado y como el volumen es invariable podemos decir que no existe trabajo. El trabajo se generaría una vez haya una pérdida de contención que implica la variación de la presión para la liberación de un volumen determinado de líquido y en este caso como se rompen los límites del sistema se debe analizar esta energía como energía potencial, la cual es calculada a través de la Fórmula de Baker citada por (Storhaug, 2016). Esta fórmula relaciona la presión, el volumen y el módulo volumétrico elástico del líquido para calcular la Energía potencial se expresa como sigue:

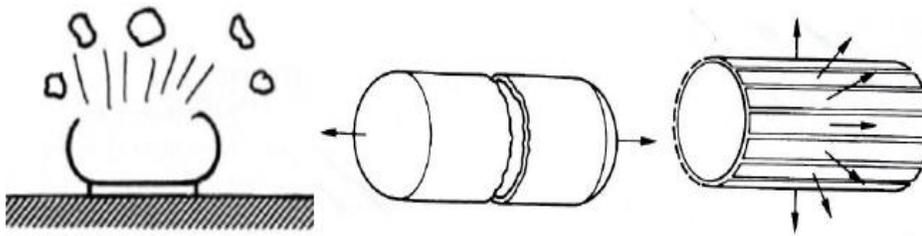
$$U_W = \frac{1}{2} * \frac{1}{\beta} * P^2 * V = \frac{1}{2} * C * P^2 * V \quad (6)$$

Donde U_W es la energía en el líquido comprimido, β es el módulo volumétrico elástico del líquido y C es la compresibilidad del líquido. En esta fórmula se observa que el cambio en la energía del líquido comprimido es linealmente proporcional al cambio en volumen y cambia de forma cuadrática con la presión.

Para analizar la cantidad de energía liberada en un evento de falla se deben considerar los escenarios posibles. Respecto a los escenarios de falla tenemos principalmente 3 (Storhaug,

2016). De acuerdo con la imagen 3, el primero es la ruptura completa del recipiente a presión que genera una onda de presión, el segundo implica que el recipiente se rompa en dos partes y el tercero implica la ruptura total en fragmentos.

Figura 25. Diferentes escenarios de falla de una tubería.



Fuente: (Storhaug 2016)

Uno de los eventos que se presentan cuando ocurre una liberación de energía es la generación de una onda de presión. La magnitud del daño que puede generar depende de la velocidad y cantidad de energía liberada y si es lo suficientemente amplia puede tener un efecto devastador. Por ejemplo, una onda de presión pequeña podría causar la ruptura del tímpano en el oído mientras que una onda mayor puede causar la falla de órganos internos y conducir a la muerte de las personas. Por esta razón, (Storhaug, 2016) citó a Kinney y Graham (1985) quienes encontraron una relación que asocia la rápida liberación de energía con la energía explosiva que tiene la dinamita o trinitrotolueno (TNT) a través de la siguiente ecuación:

$$W_{TNT} = \frac{E}{4,850 * 10^3} \quad (7)$$

Donde W_{TNT} es el peso de TNT en gramos [g], por cada Julio [J] de energía y E es el módulo de Young, o módulo de elasticidad del metal del recipiente presurizado.

Más adelante, los autores determinaron también la distancia segura del centro de la liberación de energía por medio de la siguiente expresión:

$$R = k * W^n \quad (8)$$

Donde R es la distancia segura ente el punto de liberación de energía y las personas alrededor mientras que k y n son constantes para determinar la clase de riesgo a analizar. Para analizar el riesgo de muerte (Storhaug, 2016) cita a Paulsen (2009) quien establece una valor de $k = 6 [m]$ y $n = 1/3$. Mientras que para analizar el riesgo de ruptura de tímpano se cambia el valor de k como sigue: $k = 0,45 [m]$.

Estos resultados consideran que no existen obstáculos entre la fuente de la descarga de energía y la persona afectada, por lo que estos cálculos son considerados como una distancia segura muy conservativa.(Storhaug, 2016)

Un chorro de agua o “*water jet*” es la liberación instantánea de agua contenida en un recipiente a alta presión y los daños que puede causar a las personas se han referenciado desde cortes hasta daños internos según (Storhaug, 2016). Para calcular la velocidad de este chorro de agua se utiliza la ecuación de Bernoulli, expresada a continuación:

$$\frac{1}{\rho}(P_1 - P_2) + g(z_1 - z_2) = \Delta \left(\frac{u^2}{2} \right) + F_F \quad (9)$$

Donde ρ es la densidad del fluido, P_1 y P_2 representan la presión dentro y fuera del recipiente, g representa la aceleración de la gravedad, z_1 y z_2 son las alturas de la descarga comparadas con el tope de la tubería o recipiente a presión, Δu es el cambio de la velocidad del agua y F_F es la fricción. Se define que el cambio de alturas es despreciable cuando se trabaja con altas variaciones de presión. Esta ecuación se despeja para resolverla para u quedando como sigue:

$$\Delta u = \sqrt{2 * \left[\frac{1}{\rho} \right] (P_1 - P_2) - F_F} \quad (10)$$

La fricción se debe a la contracción intempestiva del metal cuando se produce la descarga de líquido, hay pérdidas por fricción debidas a la contracción de la tubería (F_c) y pérdidas de fricción debidas a los accesorios (F_f). Estas expresiones dependen ampliamente de la geometría del recipiente utilizado por lo que para tramos de tubería, se utilizarán expresiones para definir las pérdidas por fricción así (Storhaug, 2016):

$$P = \frac{F}{A} F_F = F_c + F_f \quad (11)$$

$$F_c = 0,4 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \left(\frac{u^2}{2} \right) \quad (12)$$

$$F_f = \frac{4fl}{D} \left(\frac{u^2}{2} \right) \quad (13)$$

En la Ecuación 12, para las pérdidas por fricción del fluido con la tubería, A_1 y A_2 es el cambio de área de la tubería. Esto será la contracción elástica del recipiente después de que se genera la pérdida de contención.

En la Ecuación 13, F_f es la pérdida por fricción relacionada con los accesorios de la tubería, donde f es el coeficiente de fricción del material, l es la longitud del recipiente y D es su diámetro.

El último escenario de estudio involucra el desprendimiento de proyectiles, los cuales son una posibilidad considerando la energía almacenada en el recipiente. Así, al tener en cuenta un valor alto de energía y la pequeña masa que tendrían los trozos desprendidos, una vez son liberados estos alcanzarán altas velocidades relacionadas con su energía cinética, lo que los convierte en un gran peligro y se sugiere que el área de trabajo posea una barrera de protección para prevenir daños. La energía cinética (E_k) es el tipo de energía asociada al movimiento de un objeto y su velocidad, por lo que se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad (14)$$

Donde m es la masa del objeto y v su velocidad., por lo que determinando la energía cinética podemos despejar la velocidad. Esta ecuación no tiene en cuenta la resistencia del aire lo que hace que este cálculo sea de naturaleza conservativa ya que, en la realidad la velocidad podría ser menor. La trayectoria de cada fragmento desprendido es desconocida ya que depende del ánulo de descarga.

5.3. Marco legal

Constitución Política de Colombia Artículo 25 título II y Artículo 53 Título II.

Código Sustantivo de Trabajo. Tiene por objeto lograr justicia en las relaciones que surgen entre empleadores y trabajadores.

Ley 100 de 1993. Por la cual se crea el Sistema de Seguridad Social Integral y se dictan otras disposiciones.

Ley 776 de 2002. Por la cual se dictan normas sobre la organización, administración y prestaciones del Sistema General de Riesgos Profesionales.

Ley 1523 de 2012. Por el cual se adopta la política nacional de Gestión del riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el Sistema General de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional.

Decreto ley 1650 de 1977. Por el cual se determinan el régimen y la administración de los seguros sociales obligatorios, y se dictan otras disposiciones.

Decreto 614 de 1984. Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país.

Decreto 1295 de 1994. Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales.

Decreto 480 de 2009. Por el cual se adoptan medidas para la prevención y mitigación de situaciones específicas y concretas que puedan generar riesgo público en Bogotá D.C, y se dictan otras disposiciones.

Decreto de 1477 de 2014. Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales.

Decreto 472 de 2015. Por el cual se reglamentan los criterios de graduación de multas por infracción a las Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, se señalan normas para la aplicación de la orden de clausura del lugar de trabajo o cierre definitivo de la empresa y paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo.

Decreto 2157 de 2017. Por el cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la Ley 1523 de 2012. Incluirá el análisis de riesgo de eventos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional.

Decreto 676 de 2020. Por el cual se incorpora una enfermedad directa a la tabla de enfermedades laborales y se dictan otras disposiciones.

Resolución 2400 de 1979. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

Resolución 2013 de 1986. Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo.

Resolución 1401 de 2007. Por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.

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.

Mediante esta revisión legal se establece la relación entre la pertinencia y el objeto de esta investigación, la cual facilita el análisis del cumplimiento legal en materia de salud y seguridad en el trabajo de la organización enfocado en la disminución de los riesgos del área y la materialización de accidentes de trabajo dada la naturaleza de las actividades allí ejecutadas. Adicionalmente, suministra los estándares y lineamientos para diseñar un programa de prevención de accidentes al considerar desde los derechos de los trabajadores y requisitos de las instalaciones hasta la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres y la investigación de incidentes y accidentes de trabajo.

6. Marco Metodológico

6.1 Tipo de investigación

La investigación que se desarrolla es de tipo descriptivo-explicativo. Por un lado, se describen las propiedades y características importantes de las actividades llevadas a cabo en el área de Mantenimiento de la empresa ACYCIA LTDA. Por otro lado, se explican las posibles consecuencias que pueden originarse incluyendo desde tareas de bajo riesgo hasta el trabajo con equipos que manejan altas presiones con el objetivo de identificar, evaluar y establecer estrategias de control de los factores de riesgo involucrados en estas actividades mediante relacionamiento probabilidad vs consecuencia y a partir de esto proponer un programa para evitar la materialización de los daños analizados.

6.2 Paradigma

Paradigma cuantitativo que aborda el estudio del caso particular del área de mantenimiento de ACYCIA y sus características y, además, implica la aplicación de metodologías para la estimación numérica de daños y valoración de nivel de riesgo, de forma que pueda priorizarse la gestión de las actividades considerando aspectos económicos que presenten mayor riesgo para la organización.

6.3 Método

El método que se emplea frente al desarrollo de este proyecto de investigación es un método deductivo teniendo en cuenta que el punto de partida son los procedimientos ya establecidos por

la empresa para la estandarización de las actividades en el área de mantenimiento para establecer un análisis propio de la magnitud de las consecuencias que podrían surgir frente a la materialización de los riesgos derivados de las actividades desarrolladas allí y las propuestas de control que se generan planteadas para la prevención de accidentes de trabajo en esta área.

6.4 Fuentes de información

6.4.1 Fuentes primarias

Por un lado, la documentación interna de la empresa frente a actividades en el área de mantenimiento, registros fotográficos de las mismas y encuestas aplicadas al personal que participa de dichas actividades.

6.4.2 Fuentes secundarias

Son los procedimientos estandarizados establecidos por el fabricante de los equipos y la organización para las actividades realizadas en el área de estudio. También se incluye en esta clasificación la Guía Técnica Colombiana GTC-45, artículos de revistas científicas, trabajos de grado consultados y normas legales aplicables.

6.5 Población

Las actividades del área de mantenimiento involucran únicamente a 4 trabajadores

6.6 Muestra

Es el 100% de la población definida para el análisis.

6.7 Criterios de inclusión

- Trabajadores con funciones laborales inherentes al cargo en el área de Mantenimiento.
- Tipo de contrato de trabajadores que desarrollan actividades en el área de Mantenimiento.
- Género de los trabajadores: Femenino.

6.8 Criterios de exclusión

- Trabajadores con restricciones médicas.
- Trabajadores ajenos al área de mantenimiento.
- Género de los trabajadores: Masculino.

6.9 Instrumentos de recolección de datos

El primer instrumento es la observación directa de las actividades ejecutadas en el área de mantenimiento empleando el registro fotográfico como primera herramienta y de este modo, sumar esfuerzos en la construcción del diagnóstico inicial de la organización.

El segundo instrumento fue una encuesta cuyo objetivo es conocer la percepción de los trabajadores del área de mantenimiento frente a su exposición a peligros de seguridad en sus labores en el área de mantenimiento y contiene preguntas cerradas de si o no únicamente. Este instrumento fue apoyado por una herramienta de análisis documental derivado del examen a

recursos como libros, revistas y publicaciones mediante la síntesis y consignación en marco de referencia de este documento.

6.10 Fases

6.10.1 Fase inicial

Inicialmente se realiza la identificación de dos aspectos. En primer lugar, la del área de mantenimiento de ACYCIA LTDA junto a la de los cargos de los trabajadores que desempeñan actividades en dicha área. En segundo lugar, la de los equipos y herramientas empleadas en las actividades del área mantenimiento, las cuales comprenden el despacho de mercancía, servicios generales y mantenimiento de la herramienta Retriever y su Válvula de Servicio. Dado lo anterior, se emplea el instrumento de la observación directa a través del registro fotográfico y de este modo, generar la información de entrada para la implementación de la segunda fase.

6.10.2 Segunda fase

Posteriormente, se diseñan las encuestas basadas en preguntas de si o no, para la identificación de los peligros por parte de la muestra de trabajadores con identificación de su cargo y mediante observación directa realizar la valoración de riesgos de seguridad en el área de estudio. Se plasma esta identificación de peligros con la ayuda de la matriz propuesta por la GTC-45 y se complementa con lo observado en el área de estudio, se establecen las consecuencias por exposición a los peligros derivados de las actividades del área de mantenimiento y se proponen las medidas de intervención para la prevención de accidentes.

6.10.3 Fase final

Por último, se definen los elementos estructurales del programa de prevención de accidentes como son el alcance, objetivo, recursos y responsables del programa; se determinan las actividades a implementar, se realiza un análisis costo beneficio de las mismas y se establecen en los tiempos propuestos para su ejecución mediante el diseño de un cronograma y se definen los indicadores de cumplimiento, cobertura y eficacia que permiten hacer seguimiento y mejorar continuamente el programa.

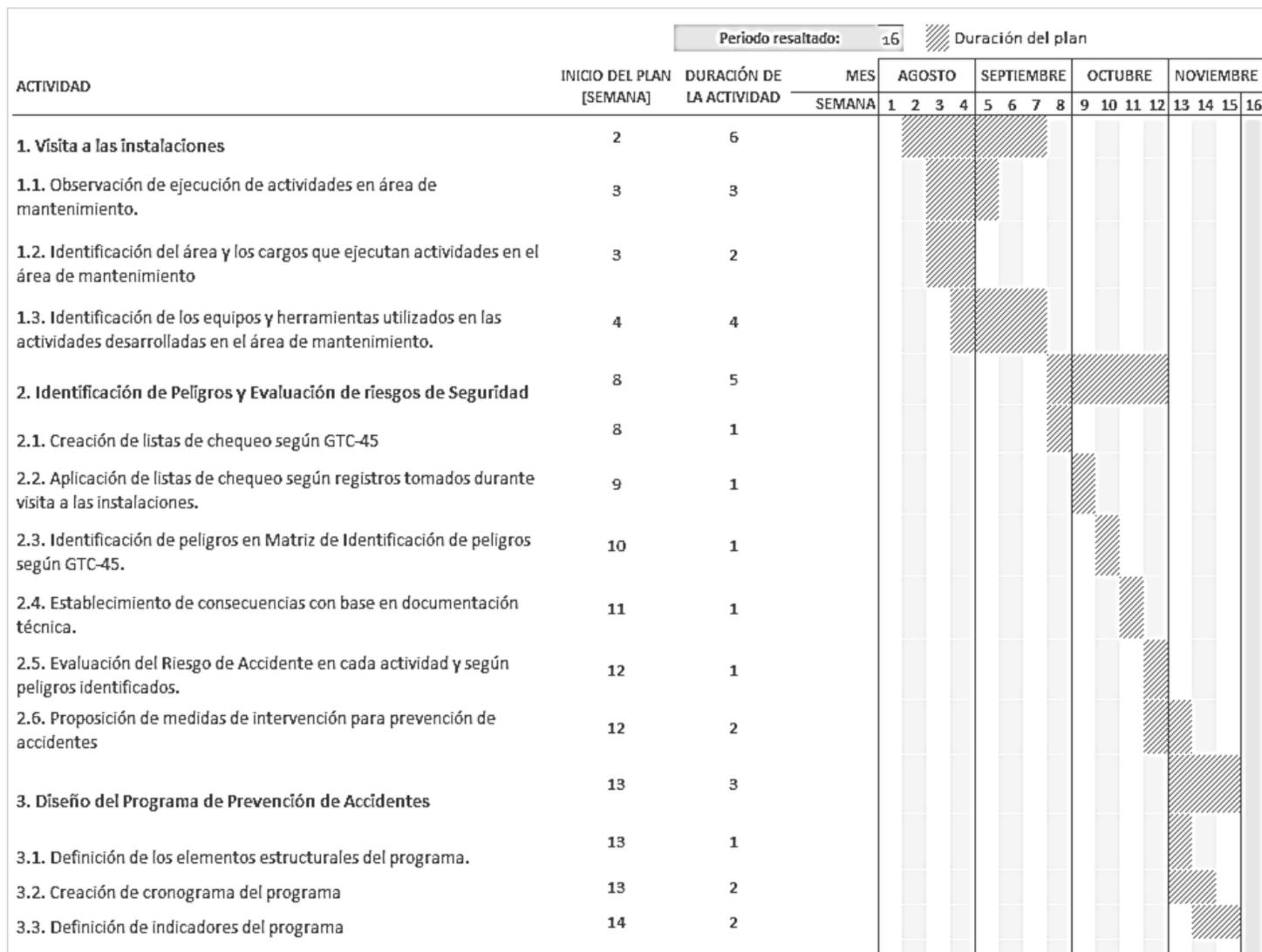
6.11 Consentimiento informado

Para la realización de este trabajo de grado se tienen en cuenta las siguientes consideraciones éticas:

- Reunión con la alta dirección de la empresa con el fin de informarles sobre el proyecto de grado y solicitar autorización para poder desarrollarla en su establecimiento.
- Solicitud del formato de carta de autorización o consentimiento informado para presentar información corporativa dentro del documento de proyecto de grado.
- Autorización firmada por la empresa como consentimiento informado para el desarrollo de este proyecto de grado. Se presenta a continuación este documento original firmado por Representante Legal de la organización. Esta autorización figura en el anexo 1 de este proyecto de grado.

6.12 Cronograma

Figura 26. Cronograma del proyecto de Diseño del Programa de Prevención de Accidentes en ACYCIA



Fuente: Autoría propia.

7. Resultados

7.1. Visita a las instalaciones y análisis del área de mantenimiento, personas, equipos, herramientas, procedimientos y actividades realizadas en esta.

La primera fase del proyecto transcurre entre la segunda semana del mes de agosto y la tercera semana del mes de septiembre de 2020. Se realizan varias visitas a la organización en distintos días de la semana de acuerdo con la programación de actividades de la empresa debido a la pandemia por COVID-19 en el país, la organización no trabaja de forma presencial la totalidad de las actividades laborales.

Durante los días de visita a las instalaciones se procede a observar y tomar registro fotográfico de las actividades desarrolladas por los distintos cargos en el área de mantenimiento de ACYCIA. De igual forma se identifican los equipos y herramientas utilizados para dichas actividades, la interacción entre las personas, las condiciones de trabajo, entre otros factores.

El área de mantenimiento de ACYCIA se ubica en la sede única de la empresa, en zona residencial del Barrio El Campín de la ciudad de Bogotá. Su área superficial es de 25 m². En esta coexisten espacios para zona de lavandería, punto de recolección y almacenamiento temporal de residuos sólidos y líquidos, zona de mantenimiento de Retriever dado que cuando no está en uso para este propósito se utiliza como zonas de alistamiento y despacho de mercancía a los clientes y de realización de pruebas hidrostáticas.

Como resultado del análisis del área de mantenimiento de ACYCIA, y de acuerdo con lo relacionado en la Figura 27 se puede afirmar que cuenta con espacio adecuado para la realización de las actividades correspondientes a los cargos de Servicios Generales, Asistente de HSEQ, y las actividades de alistamiento y despacho de mercancía del cargo de ingeniería y ventas. Cuenta

con señalización de emergencias como ruta de evacuación y con extintor debidamente ubicado e identificado.

Figura 27. Registro fotográfico del área de Mantenimiento de ACYCIA.



Fuente: Elaboración propia.

Las sustancias químicas utilizadas en el área se encuentran en el espacio bajo la mesa de trabajo debidamente rotuladas y almacenadas acorde con lo definido en el procedimiento de almacenamiento y uso seguro de sustancias químicas. Se cuenta con delimitación de secciones internas de acuerdo a las labores que se realizan en cada una. Se tiene también un mesón con doble zona de lavado: una para lavado de elementos con Agua y jabón cuyo vertimiento va al sistema de alcantarillado distrital ya que es agua residual doméstica y un área de lavado de piezas metálicas con Diesel, que contiene un recipiente donde se recogen los residuos para su

disposición como residuo especial. El área de mantenimiento se encuentra cubierta con teja termoacústica y secciones de teja traslúcida por lo que las condiciones climáticas no afectan el desarrollo de las labores y además cuenta con iluminación natural suficiente durante el horario de trabajo como lo muestran los informes de iluminación revisados para esta área y facilitados por parte de ACYCIA LTDA. Se observa un banco de pruebas pequeño con el registrador de presión que se utiliza de 2 a 3 veces al año para realización de pruebas hidrostáticas y un banco de capacitación grande que no ha sido utilizado hace más de 5 años por lo que no se incluye dentro del análisis realizado en este proyecto de grado.

Como parte de la observación se evidencia que los trabajadores involucrados en las tareas de esta área cuentan con los elementos de protección personal de acuerdo con la señalización junto a la cartelera y conocen las normas de seguridad y procedimientos seguros para el desarrollo de las mismas. Se identifican 4 personas, todas de género femenino, que realizan actividades dentro del área de mantenimiento y para cada uno de los cargos se identifican las actividades desarrolladas como se indica en la Tabla 2. Con ayuda de las trabajadoras se identifican las tareas relacionadas con cada una de las actividades desarrolladas y esta información se transcribe en la matriz de identificación de peligros de la que se hace referencia en la sección 7.2 de este documento.

Los trabajadores involucrados en las actividades relacionadas cuentan con sus funciones y responsabilidades definidas, poseen la competencia requerida para el desarrollo de las tareas, han tenido inducción y reinducción anual, cuentan con programa de capacitaciones frente a sus actividades y participan en la identificación de peligros de forma voluntaria con la convicción de que estas actividades disminuyen su exposición al riesgo por lo que se evidencia un ambiente de trabajo agradable y sin conflictos que favorece la ejecución segura de las mismas.

Tabla 2. Número de personas por cargo identificadas durante la fase inicial del proyecto y actividades desarrolladas en el área de mantenimiento de acuerdo con los cargos identificados.

<i>Cargo</i>	<i>Número de personas por cargo</i>	<i>Actividades por cargo identificadas</i>
<i>Servicios Generales</i>	1	*Lavado de toallas y uniformes *Tratamiento y disposición final de residuos *Aseo al área de mantenimiento
<i>Ingeniería y Ventas</i>	2	* Recepción y alistamiento de productos para despacho al cliente. *Fabricación de guacales de madera para entrega de equipos al cliente. *Empaque y despacho de productos. *Mantenimiento de Retriever y/o Válvula de Servicio. *Prueba hidrostática de Retriever y/o válvula de Servicio.
<i>Asistente HSEQ</i>	1	*Inspección de herramientas

Fuente: Autoría Propia

Por otro lado, la compañía cuenta con procedimientos internos definidos para el uso seguro de herramientas menores, para la limpieza de instalaciones, el uso y almacenamiento seguro de

sustancias químicas, realización de la prueba hidrostática y para el mantenimiento de Retriever y Válvula de Servicio como actividades principales realizadas en el área de estudio. Estos procedimientos cuentan con sección de responsables, establecen el alcance de la actividad y cuentan con la instrucción detallada de la tarea a realizar por lo que se constituyen como herramienta importante frente a la prevención de accidentes dentro de la compañía.

Las herramientas y equipos encontrados en el área se listan a continuación:

- Lavadora
- Herramientas menores: Martillo, destornilladores, alicates, llaves allen, sierra caladora para corte de madera, llaves expansivas, Prensa de banco.
- Equipos o herramientas mayores: Retriever, Válvula de Servicio, Sidewinder, Bomba Hidráulica, Registrador de presión, Banco de Pruebas.

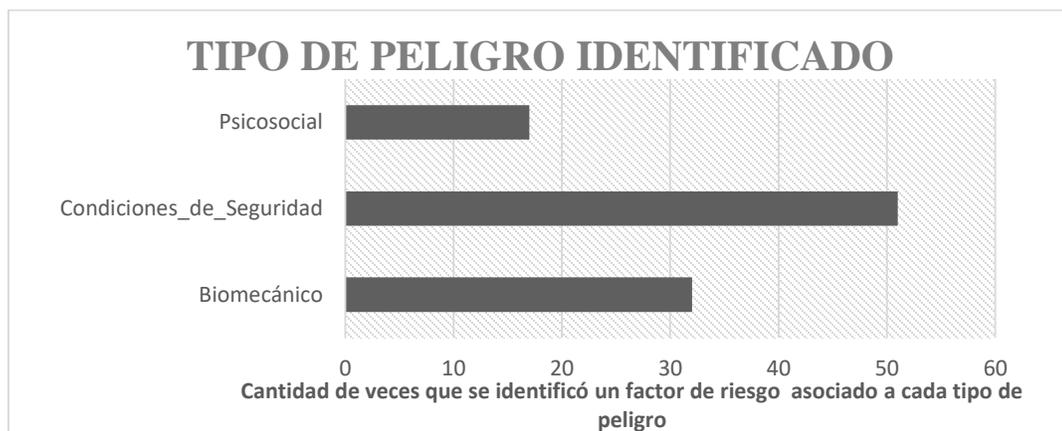
La compañía cuenta con un listado de herramientas y equipos donde se listan las herramientas menores y las herramientas mayores. Existen formatos de preinspección operacional para las herramientas menores que complementan el procedimiento para su uso seguro y para las herramientas mayores se cuenta con la hoja de vida de las mismas donde constan sus documentos de calidad en el momento de la compra, sus formatos de inspecciones y mantenimiento, su historial de uso, el registro de fallas (si las hubiere) el responsable por lo que la gestión frente a este aspecto tiene gran camino recorrido.

La compañía cuenta con un Sistema de Gestión HSEQ que involucra componentes de Seguridad, Salud en el Trabajo, Medio Ambiente y Calidad, por lo que las actividades cotidianas cuentan con medidas de control establecidas lo se evidencia durante la identificación de peligros y valoración de riesgos. Sin embargo, hay actividades que no han tenido un análisis suficiente y sobre estas se ahonda un poco más en la siguiente sección.

7.2. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos de Seguridad

Para la segunda fase del proyecto, se estructuran encuestas de pregunta cerrada para ser respondidas por parte de la población de muestra de acuerdo con la clasificación de peligros con potencial de generación de accidentes. La organización cuenta con un procedimiento de identificación de peligros, valoración de riesgos y establecimiento de controles cuya metodología de trabajo es la GTC-45, por lo que los peligros identificados a través de las encuestas serán evaluados mediante esta metodología.

Figura 28. Cantidad de veces que se identificó cada tipo de peligro dentro de las tareas de las actividades listadas anteriormente.

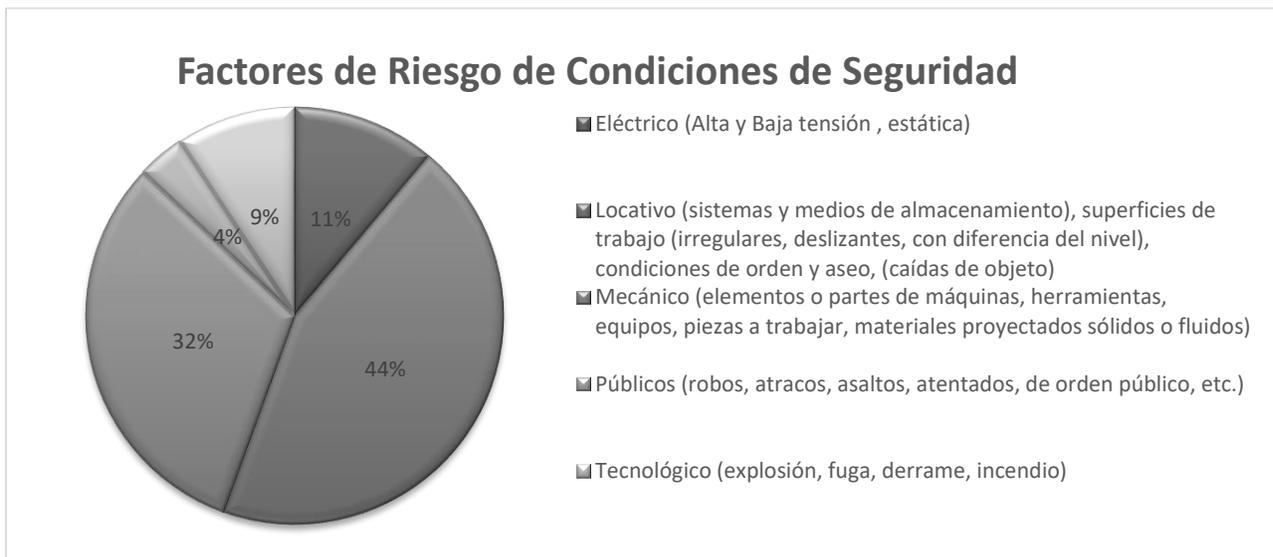


Fuente: Autoría Propia.

El nivel de exposición a los diversos tipos de peligros identificados es constante en la ejecución de las actividades y aun cuando no se han presentado accidentes de mayor magnitud, el nivel de consecuencias de algunas de ellas es elevado. Estos peligros se transcriben en la Matriz de Identificación de peligros formulada con base en la metodología GTC 45 y de esta se obtienen los datos relacionados en la Figura 28.

Se realizan validaciones para la identificación de Peligros de Condiciones de Seguridad (Figura 29) a través de observación directa tomando apuntes y registros fotográficos. Se identifican peligros de tipo mecánico, eléctrico, locativo, tecnológico y público. No se identifican actividades que involucren trabajo en alturas ni espacios confinados durante el periodo que se desarrolló este trabajo de grado. Adicionalmente, no se identifican peligros derivados de fenómenos naturales ya que el área de mantenimiento se ubica al interior de las instalaciones y no al aire libre por lo que las condiciones climáticas no afectan el desarrollo de las actividades dentro del área.

Figura 29. Factores de Riesgo de Condiciones de Seguridad identificados en el área de mantenimiento.

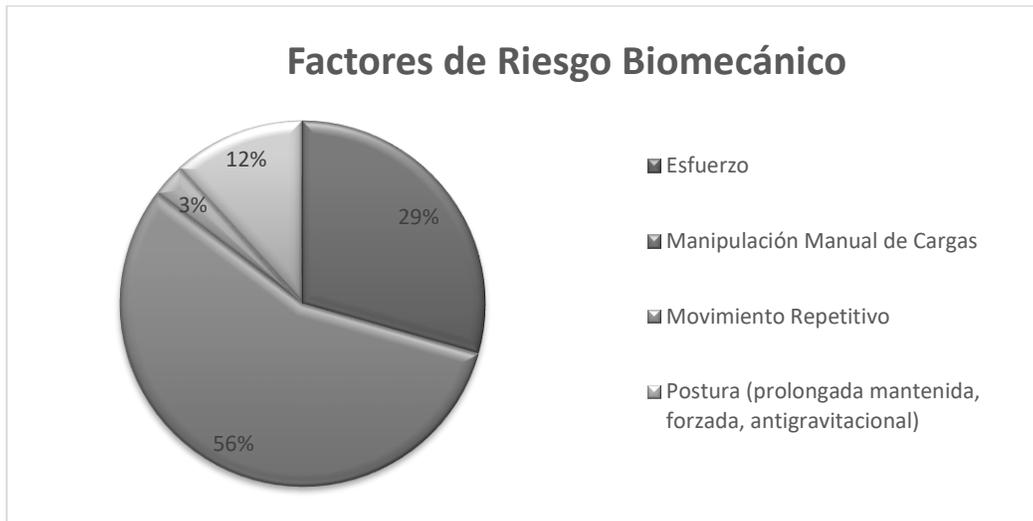


Fuente: Autoría Propia

Se identifican igualmente en la Figura 30, algunas condiciones de tipo biomecánico asociadas mayoritariamente al factor de riesgo de manipulación manual de cargas (56%) y de esfuerzo (29%), seguidos en orden de frecuencia por factures de riesgo asociados a postura (prolongada,

mantenida, forzada, antigravitacional) (12%) y en menor medida actividades con factor de riesgo por movimientos repetitivos (3%).

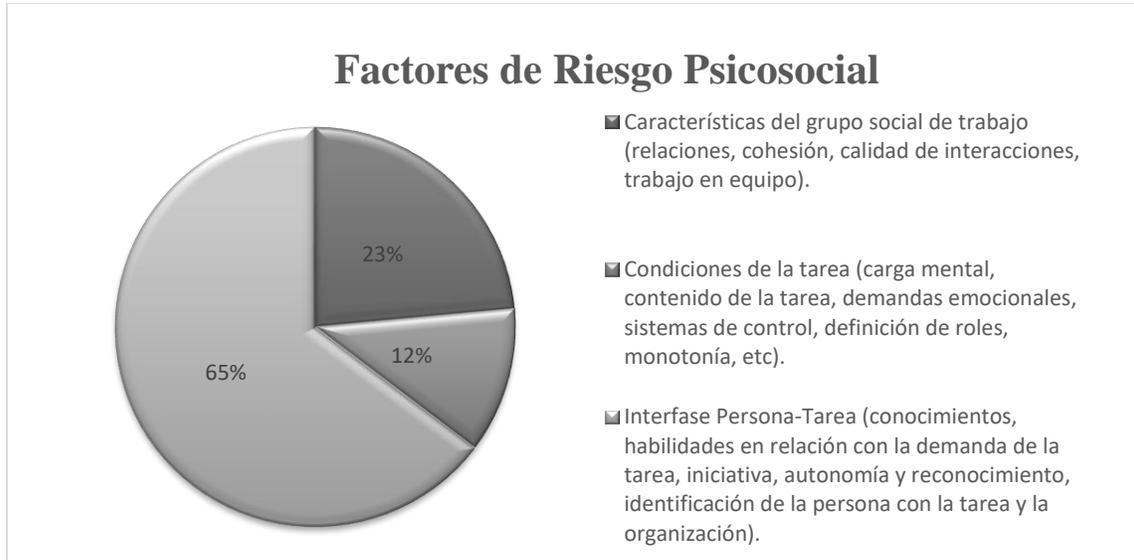
Figura 30. Factores de Riesgo Biomecánico identificados en el área de mantenimiento.



Fuente: Autoría Propia

Se identificaron también factores de riesgo psicosocial que inciden en la materialización de accidentes en el área de mantenimiento de ACYCIA y, por lo tanto, se analizan de forma preliminar mediante la metodología establecida por la organización. Sin embargo, los peligros de tipo psicosocial identificados de forma preliminar deberán ser evaluados a profundidad a través de la batería de riesgo psicosocial por parte de la organización y esta batería no hace parte del alcance de este trabajo de grado. En mayor medida se observan factores de riesgo psicosocial asociados a la interfase persona-tarea (65%), factores de riesgo asociados a las características del grupo social de trabajo (23%) y de condiciones de la tarea (12%) como se observa en la Figura 31.

Figura 31. Factores de Riesgo Psicosocial identificados en el área de mantenimiento.



Fuente: Autoría Propia

Una vez finalizada la identificación de los peligros asociados a las tareas, la siguiente actividad fue el establecimiento de las consecuencias para asignar una apreciación de las mismas de acuerdo con lo establecido por la GTC-45. La mayoría de las actividades tienen la asignación de este criterio de forma cualitativa con la participación de los trabajadores. Sin embargo, para la prueba hidrostática se realizan algunos cálculos relacionados con la energía contenida en el recipiente presurizado y sus consecuencias en caso de pérdida de contención de forma que se obtiene una noción más precisa frente a las consecuencias derivadas de un evento en esta actividad.

Para determinar la magnitud de las consecuencias derivadas del factor tecnológico asociado a explosión del banco de pruebas, se obtiene información técnica de este equipo relacionada con sus planos, materiales, fluido de trabajo y procedimiento para realización de la tarea por parte de documentos internos proporcionados por ACYCIA y de acuerdo con los cálculos propuestos por

(Storhaug, 2016) se debe cuantificar la energía contenida en el recipiente presurizado a la presión máxima de trabajo.

El proceso que se lleva a cabo en el banco de pruebas es de tipo isocórico, es decir el volumen de trabajo del recipiente permanece constante mientras se experimenta un aumento de la presión interna del mismo, por lo que la energía se liberaría por una pérdida de contención del recipiente y se relaciona con la cantidad de líquido liberado durante este evento. Esta energía se calcula de acuerdo con la ecuación 6, de la siguiente manera:

$$U_W = \frac{1}{2} * \frac{1}{\beta} * P^2 * V = \frac{1}{2} * C * P^2 * V \quad (15)$$
$$= \frac{1}{2} * \frac{1}{2,6 * 10^5 \text{ psi}} * (5400 \text{ psi})^2 * 1337,57 \text{ in}^3$$

$$U_W = 75006,81 \text{ BTU} = 7,91 * 10^7 \text{ J} \quad (16)$$

Donde:

U_W es la energía potencial del líquido comprimido dentro del banco de pruebas.

β es el módulo volumétrico elástico del líquido, que en el caso práctico de ACYCIA corresponde al aceite hidráulico ISO 32 y equivale a $2,6 * 10^5$ psi.

P es la presión máxima a la que se lleva a cabo la Prueba hidrostática que corresponde a 5400 psi, según lo establecido en el procedimiento de Prueba Hidrostática de la empresa.

V es el volumen del recipiente presurizado que es de $1337,57 \text{ in}^3$. Este valor fue calculado con base en los documentos de diseño del banco de prueba hidrostática de la organización.

La energía liberada en un evento de falla, depende del escenario de falla propuesto y se tienen principalmente 3 escenarios de acuerdo con lo establecido por Storhaug (2016). El primero es el escenario en que se da la ruptura total del recipiente desintegrándolo y originando una onda de presión con posibilidad de ruptura de tímpano y daño de órganos internos en el ser humano ocasionando fatalidad; el segundo escenario plantea la división del recipiente en dos partes que tomarían direcciones opuestas y la desintegración del recipiente en pequeños proyectiles y el tercer escenario plantea la desintegración del recipiente en pequeños proyectiles de forma y dirección indeterminada.

En este proyecto se analizan los dos escenarios más probables de falla para la prueba hidrostática: la onda de presión que genera la liberación de la energía contenida y la desintegración del recipiente en pequeños proyectiles.

Para el primer escenario descrito anteriormente, se realiza el cálculo de la energía liberada de acuerdo con lo establecido en las ecuaciones 7 y 8, con el subsecuente cálculo de una distancia segura en caso de presentarse una onda de presión que lleve a la muerte.

Según lo establecido en la sección 5.2.5 de este documento, con estas ecuaciones, se asocia la energía liberada del evento de estudio con la energía que liberaría cierta cantidad de dinamita con peso en gramos expresado como W_{TNT} que explota dentro del recipiente y es contenida por el material del recipiente, cuyo factor a considerar como resistencia a este evento es el módulo elástico del metal del recipiente E , así las cosas, el peso equivalente de dinamita para generar la onda de presión es de:

$$W_{TNT} = \frac{E}{4,850 * 10^3} = \frac{20 * 10^{10}}{4,850 * 10^3} \quad (17)$$

$$= 4,12 * 10^7 \text{ gramos por Julio de Energía liberada}$$

Donde,

W_{TNT} cantidad de dinamita en gramos que provocaría una onda de presión equivalente a la liberada por la situación de referencia.

E es el módulo elástico del acero al carbono que en este caso según documentos de diseño del equipo suministrados por ACYCIA es de $20 * 10^{10} \text{ N/m}^2$.

Y la distancia segura R a la que deben ubicarse las personas para evitar una fatalidad es:

$$R = k * W_{TNT}^n = 6 * (4,12 * 10^7)^{1/3} = 2072,28 \text{ m} \quad (18)$$

Las constantes k y n han sido elegidas de acuerdo con lo citado en la sección 5.2.5 con el fin de establecer una distancia segura para evitar la muerte.

Es decir que la energía liberada es tan grande que la distancia segura para evitar la muerte por la onda de presión generada en caso de falla a la máxima presión de trabajo de este recipiente es de 2.072,28 m o aproximadamente 2 km en ausencia de obstáculos.

Solamente con este dato se pone de manifiesto que la actividad de la prueba hidrostática tiene el potencial de generar la muerte de los trabajadores del área de mantenimiento y además de generar afectaciones al resto de áreas de la empresa, así como inmuebles vecinos.

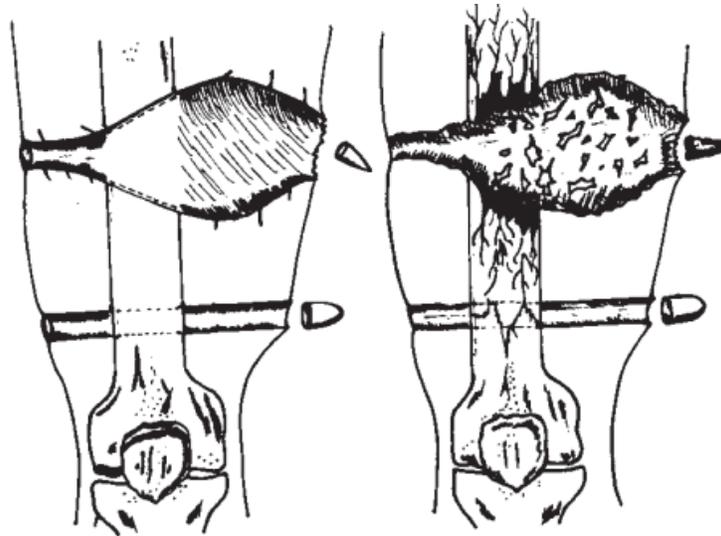
Sin embargo, se realiza un análisis adicional que no considera solo la onda de presión sino el caso de que el recipiente se desintegre en pequeños proyectiles, por lo que se considera el peso

total del recipiente que es de aproximadamente 50kg obtenido de los documentos de diseño del mismo suministrados por ACYCIA y dividido en el peso de una bala que de acuerdo a lo referido por López (2000), es de aproximadamente 10g , así se estarían considerando 5000 proyectiles desprendidos en todas direcciones en caso de falla y su velocidad se calcula con referencia a la energía liberada en caso de falla, que corresponde a la ecuación 16 pero en este caso considerada como energía cinética. Por lo que se despeja la ecuación 14, así:

$$E_k = \frac{1}{2} * m * v^2 \rightarrow v = \sqrt{2 * \frac{E_k}{m}} = \sqrt{2 * \frac{7,91 * 10^7 J}{10 g}} = 3944 [m/s] \quad (19)$$

Según este cálculo se encuentra que la velocidad de cada proyectil es de 3944 metros por segundo, la cual de acuerdo con información de balística, está dentro de la categoría de proyectiles de alta velocidad, los cuales poseen una velocidad mayor a 600 metros por segundo y que tienen la capacidad de atravesar tejidos y huesos puesto que un proyectil con capacidad de perforar la piel, debe tener una velocidad de 70 metros por segundo y un mínimo de 100 metros por segundo para romper un hueso (López, 2000).

Figura 32. Lesiones producidas por los proyectiles de alta velocidad, fragmentables o no fragmentables, y los de baja velocidad al impactar tejidos blandos y/o hueso.



Fuente: (Manzano-Trovamala FJR, 2001)

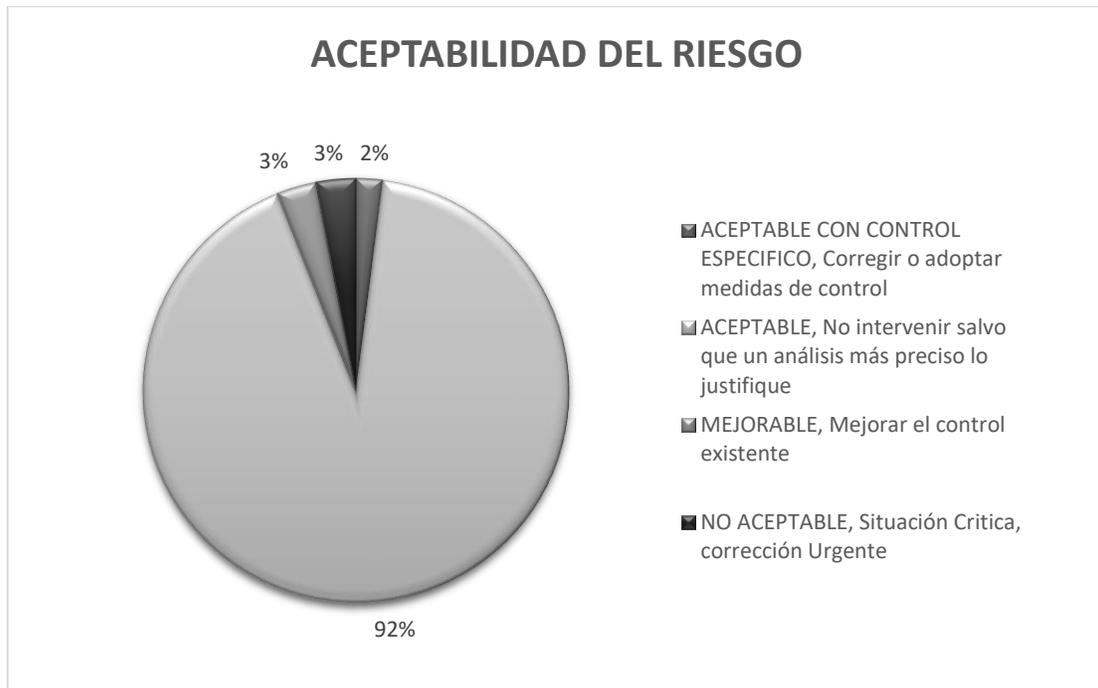
Nuevamente, se establece que las consecuencias de una falla en la prueba hidrostática podrían generar la muerte de los trabajadores del área de mantenimiento y probablemente afectaciones al resto de las instalaciones e inmuebles vecinos.

Por esta razón para la actividad de prueba hidrostática se asigna una valoración de consecuencia mortal o catastrófico con valoración de 100 en el factor de riesgo tecnológico.

Una vez identificados los peligros y establecidas sus consecuencias o efectos posibles, se realiza la evaluación del riesgo de acuerdo con lo planteado en la GTC-45. De este proceso se obtiene que el 92% de los peligros identificados ya cuentan con medidas eficaces tomadas por la empresa para evitar su materialización como lo muestra la Figura 33 y cuentan con un nivel de

aceptabilidad del riesgo en Categoría IV, cuya interpretación según la GTC-45 es “ACEPTABLE, No intervenir salvo que un análisis más preciso lo justifique.”

Figura 33. Aceptabilidad del riesgo según Evaluación realizada usando GTC-45



Fuente: Autoría Propia.

De la Figura 33, también es de notar que solo el 3% de los peligros identificados están en categoría III, cuya interpretación según la mencionada guía es “MEJORABLE, Mejorar el control existente”, y los peligros a los que corresponde esta categoría son de tipo psicosocial con un factor de riesgo que involucra la interfase persona-tarea para las actividades de corte de piezas de madera, armado de guacal de madera y acomodación de piezas y equipos dentro de los guacales.

En esta misma figura, se visualiza que el 2% de los peligros se encuentra en categoría II, que se interpreta “ACEPTABLE CON CONTROL ESPECÍFICO, Corregir o adoptar medidas de control” y los peligros asociados a esta categoría son de condiciones de seguridad asociando un factor de riesgo de tipo mecánico correspondiente a la presurización del banco de pruebas y la bomba hidráulica durante la prueba hidrostática y durante las inspecciones de funcionamiento de las herramientas descritas.

El restante 3% de los peligros identificados están en categoría I de riesgo, lo cual quiere decir que requieren una intervención urgente y su interpretación es “NO ACEPTABLE, Situación Crítica, corrección Urgente”. Los peligros que se encuentran en esta clasificación de nivel de riesgo son de condiciones de seguridad que asocian un factor de riesgo tecnológico por explosión del banco de pruebas durante presurización del mismo para realización de prueba hidrostática y de tipo Psicosocial que involucra factores de riesgo de carga mental y de Interfase persona-tarea debido a las consecuencias catastróficas que puede originar la actividad de prueba hidrostática.

Teniendo presente el análisis de valoración del riesgo realizado a todas las actividades ejecutadas se proponen medidas de intervención del riesgo para su control, acordes a la reducción del riesgo que se espera en el área.

Para las actividades con categoría de riesgo III, cuya causa se debe a la falta de instrucción de algunas actividades se proponen medidas de intervención de tipo administrativo, como la generación de instructivos seguros para el desarrollo de las tareas de la forma que se pueda gestionar la mejora en el conocimiento de los trabajadores frente a las tareas a desarrollar.

Para las actividades con categoría de riesgo II, se evidenció un factor de riesgo mecánico derivado de la proyección de líquidos y la mala manipulación de válvulas durante la prueba hidrostática y la falta de aseguramiento de las mangueras de la bomba hidráulica durante sus

inspecciones por lo que estas condiciones pueden eliminarse instruyendo a los trabajadores acerca de las consecuencias que estos riesgos generan en estas actividades específicas y cómo asegurar que no se materialice el riesgo, indicando posturas adecuadas de manipulación de válvulas, ubicación del trabajador en una posición distinta a la dirección de salida de flujo durante la purga del equipo y el aseguramiento de las mangueras durante la prueba de funcionamiento de la bomba hidráulica, esto se realiza reforzando las recomendaciones de seguridad dentro del procedimiento ya existente para la prueba hidrostática y creando un instructivo seguro para la inspección de la bomba hidráulica.

Para los riesgos categorizados en Nivel I, en el caso de riesgo tecnológico de explosión del recipiente de la prueba hidrostática se analizan medidas de intervención de eliminación, considerando la supresión de este servicio del catálogo de servicios de la organización. También se consideró una medida de sustitución, al proponer el cambio del sitio donde se realiza la prestación del servicio y su adecuación de infraestructura para prestarlo de forma segura. Se proponen también controles de ingeniería, como las inspecciones de integridad del recipiente presurizado mediante norma API 510 la cual se constituye como un estándar internacional en la industria de hidrocarburos para asegurar que las condiciones de integridad del recipiente soportarán las condiciones de trabajo sin generar consecuencias. Estas inspecciones incluyen la verificación de consecuencias corrosivas que generen desgaste del material de construcción del banco de pruebas, así como la verificación del espesor de pared del mismo y un escaneo superficial de todo el cuerpo del recipiente para descartar daños que puedan llevar a una pérdida de contención del mismo, para finalmente recalcular las condiciones seguras de operación del mismo y establecer una vida útil estimada del equipo antes de que ocurra una pérdida de contención. También se propone otro control de ingeniería como es la construcción de un muro

anti explosiones en el área, que sea capaz de contener la energía liberada por el evento de falla del banco de pruebas. Y finalmente, se considera un control administrativo orientado a la sensibilización del personal que desarrolla la tarea. Estas medidas fueron analizadas a través de la metodología propuesta por el anexo E de la GTC-45 (ver numeral 8.2. de este documento) y las medidas elegidas fueron incluidas en el Programa de prevención de Accidentes generado para el área de Mantenimiento de ACYCIA.

Los demás riesgos categorizados como críticos obedecen a factores psicosociales asociados a la ejecución de la prueba hidrostática como la carga mental de la actividad y la interfase persona-tarea, para los cuales se propone la instalación de una alarma por caídas de presión que detenga automáticamente la prueba sin depender del factor humano y capacitación frente al manejo de presión psicológica en tareas de alto riesgo así como el refuerzo técnico frente a los conocimientos de seguridad que se deben considerar durante el desarrollo de la actividad.

7.3. Diseño del Programa de Prevención de Accidentes en el Área de Mantenimiento de ACYCIA.

Para la tercera fase o fase final del proyecto y de acuerdo con la identificación de peligros y valoración de los riesgos realizada en el área de estudio, se define que el Programa de prevención debe tener componentes que apunten a la reducción de riesgos de condiciones de seguridad y riesgos de tipo psicosocial que fueron aquellos valorados en categorías I, II y III con posibilidad de generar accidentes. Para todos las demás actividades y tipos de riesgo presentes en las actividades desarrolladas en el área de interés, la organización ya cuenta con medidas de control que han demostrado ser efectivas para la prevención de accidentes ya que a la fecha no se han presentado accidentes al interior de esta.

Ahora bien, ACYCIA LTDA posee dentro de su Manual de Gestión documental, las directrices que deben llevar los programas creados dentro de la organización y posee una plantilla para la creación de estos de acuerdo con los elementos considerados por su sistema de gestión de Calidad, por lo que se ha dado la construcción de este documento con base en dicha plantilla. Así las cosas, el programa diseñado contiene los siguientes elementos:

- **Justificación:** Este apartado relaciona el origen de donde surge la necesidad de implementar este programa dentro de la organización.
- **Recursos:** Financieros /Locativos/ Tecnológicos/ Humanos acorde a lo relacionado en el apartado 8.2 de este documento.
- **Responsables:** Establece como responsables del programa al Coordinador HSEQ de la organización y al gerente de esta.
- **Objetivo:** Esta sección relaciona que el objetivo del programa es establecer y desarrollar estrategias que involucren las prácticas seguras para la identificación y control de elementos o actividades que involucren riesgo de accidente dentro del área de Mantenimiento de ACYCIA LTDA., para evitar los accidentes de trabajo y mejorando los aspectos de Seguridad Industrial en la misma.
- **Alcance:** El presente programa da cubrimiento a todos los trabajadores, contratistas y otro personal involucrado en las operaciones de Antonio Castro y Cía., que se realicen dentro del área de Mantenimiento.
- **Cronograma de actividades:** Establece de forma mensual las actividades que componen el Programa de prevención de accidentes en el área de mantenimiento de ACYCIA dentro del ciclo de gestión PHVA bajo el cual trabaja la organización dentro del Sistema de Gestión HSEQ al cual pertenecería este programa. Estas actividades

incluyen las medidas de intervención propuestas durante la identificación de peligros de seguridad industrial y valoración de riesgo de accidente de trabajo elaborado por las autoras de este documento según el análisis financiero desarrollado en el numeral 8.2 del mismo. Estas actividades incluyen la generación de instructivos y divulgación de los mismos frente al uso seguro de la sierra caladora para realizar corte de madera, construcción segura de guacales de madera, recomendaciones de seguridad para el empaque de equipos y su despacho al cliente. Se incluye también la construcción de estructura anti explosiones para prueba hidrostática a alta presión e inspección de bomba hidráulica. De igual forma se incluyen charlas de concientización frente a riesgo tecnológico por pérdida de contención durante prueba hidrostática, inspecciones de integridad mecánica al banco de pruebas

- **Indicadores:** Se plantean 3 indicadores para este programa: un indicador de cumplimiento, que permitirá determinar la proporción de actividades ejecutadas en relación con las actividades planteadas para su desarrollo a lo largo del periodo en que se ejecute el programa; un indicador de cobertura, que establece la proporción del personal involucrado en las actividades, respecto al personal que se encuentra expuesto al riesgo identificado durante la construcción de este documento; y un indicador de eficacia, que expresa la cantidad de accidentes ocurridos en el área de mantenimiento de ACYCIA, por lo que si se conserva en cero el número de accidentes de trabajo ocurridos en el área de mantenimiento de la organización, se define que el programa es eficaz para la prevención de accidentes de trabajo. Cada uno de estos indicadores cuenta con una ficha de indicador cuyos elementos incluyen el nombre del indicador, el objetivo al que aplica, fórmula de cálculo, definición de sus elementos,

fuente de la información para el cálculo, meta, frecuencia de medición, interpretación del indicador, personas que deben conocer el resultado, cuadro de seguimiento trimestral, grafico de análisis estadístico y sección de análisis del comportamiento del indicador.

- Plan de Acción: Esta sección del programa sirve para documentar los hallazgos que puedan aparecer durante el desarrollo de las actividades del programa desarrollado y que puedan requerir la generación de acciones correctivas, preventivas y/o de mejora como herramienta de mejoramiento continuo del documento y de la gestión en SST que realiza la organización.

8. Análisis Financiero

8.1. Costos de realización del proyecto

Conforme al desarrollo de las actividades propuestas y ejecutadas en este trabajo de grado se emplean recursos tecnológicos, humanos, técnicos, físicos y financieros, los cuales se detallan en la tabla 3. Representando las horas trabajadas por profesionales en ingeniería química con experiencia laboral entre 3 y 5 años, la mayor inversión seguida del uso de las herramientas tecnológicas como celulares y computadores portátiles junto a las facilidades que ofrece la energía eléctrica y navegación a internet. En menor proporción y no menos importantes, el uso de recursos físicos denotados como los medios de transporte propios e impresiones para la divulgación y recolección de información.

Los valores están basados en la tabla “Escala Mínimos de Remuneración 2020” (Universidad Nacional de Medellín, 2020) para la estimación por hora de mano de obra, en las tarifas de los proveedores de servicios de energía eléctrica, internet y precios de venta al consumidor. Adicionalmente, se considera un 1% de costos inesperados derivados de requerimientos específicos no contemplados en la iniciación de este trabajo de grado.

Tabla 3. Relación de costos para la realización del proyecto.

Artículos	Cantidad	Costo por artículo (COP)	Costo total (COP)
Software & Hardware			
Computador portátil, unidades	3	\$ 1.350.000	\$ 4.050.000
Celular, unidades	2	\$ 700.000	\$ 1.400.000
Papelería			
Impresiones, unidades	10	\$ 300	\$ 3.000
Viáticos			
Desplazamiento casa-oficina, trayecto I&R	20	\$ 16.000	\$ 320.000
Consumos			
Energía eléctrica, horas	1000	\$ 560	\$ 560.000
Wi-Fi, meses	11	\$ 145.000	\$ 1.595.000
Operación			
Mano de obra, horas	1000	\$ 17.121	\$ 17.121.000
Subtotal			\$ 25.049.000
Costos inesperados			
1 % adicional			\$ 250.490
Total			\$ 25.299.490

Fuente: Autoría propia.

8.2. Análisis de costo-beneficio de implementación del proyecto

De acuerdo con lo establecido en el anexo E de la GTC-45 se realiza un análisis costo beneficio de las medidas propuestas para la intervención de los riesgos identificados en la Matriz de Identificación de Peligros de Seguridad y Valoración de Riesgos, y se ha concluido que hay algunas actividades que, aunque no tienen un factor de justificación mayor que otras, logran de igual manera una reducción significativa del nivel de riesgo con una inversión menor por parte

de la organización. Por tal motivo, estas son las medidas que se han seleccionado para su inclusión en el cronograma de actividades del Programa de Prevención de Accidentes en el Área de Mantenimiento de ACYCIA. Se detalla a continuación en la Tabla 4, el análisis realizado y las medidas seleccionadas para su inclusión dentro del programa de Prevención de Accidentes desarrollado.

Tabla 4. Análisis Costo-Beneficio para las medidas de intervención propuestas según Anexo E de GTC-45.

PELIGRO	EVALUACION DEL RIESGO						ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO						
	MEDIDAS DE INTERVENCION	ND	NE	NP	NC	NR	INTERPRETACION NIVEL DE RIESGO	FACTOR DE REDUCCION (F) [%]	MONTO DE LA INVERSION ESTIMADO [COP]	MONTO DE LA INVERSION ESTIMADO [SMMLV]	FACTOR DE COSTO	FACTOR DE JUSTIFICACION (J)	MEDIDAS SELECCIONADAS
Psicosocial	Situación Actual	2	1	2	25	50	III						
	Generar instructivo frente a uso seguro de sierra caladora para corte de madera y divulgarlo a quienes realizan la labor	B	1	NA	25	0	IV	100	200,000	0.23	1	5000	X
	Generar instructivo de construcción segura de guacales de madera divulgarlo a quienes realizan la labor	B	1	NA	25	0	IV	100	200,000	0.23	1	5000	X

	Generar instructivo de recomendaciones de seguridad para el empaque de equipos y su despacho al cliente divulgarlo a quienes realizan la labor	B	1	NA	25	0	IV	100	200,000	0.23	1	5000	X
Condiciones de seguridad	Situación Actual	6	1	6	60	360	II						
	Incluir en procedimiento de Prueba hidrostática las precauciones de purga de los equipos para evitar proyección de fluidos y lesiones en las manos	2	1	2	10	20	IV	680	100,000	0.11	1	34000	X
Condiciones de seguridad	Situación Actual	6	1	6	25	150	II						
	Instructivo para realizar inspecciones a bomba hidráulica considerando el aseguramiento de las mangueras y presiones de prueba menores para evitar efecto látigo.	2	1	2	10	20	IV	86.67	200,000	0.23	1	13000	X
Condiciones de	Situación Actual	10	1	10	100	1000	I						
	Eliminación de este servicio del catálogo de servicios de la compañía	B	1	NA	0	0	IV	100	18,000,000	20.51	6	16667	

	Cambiar la ubicación del sitio donde se realiza la actividad	B	1	NA	0	0	IV	100	10,000,000	11.39	6	16667	
	Inspección de integridad mecánica según norma API 510 Para recipientes presurizados a banco de pruebas de prueba hidrostática y seguimiento a recomendaciones.	2	1	2	10	20	IV	98	5,000,000	5.70	6	16333	x
	Construcción de estructura anti explosiones para el banco de pruebas y bomba hidráulica (esta medida aplica para dos situaciones distintas).	2	1	2	10	20	IV	98	55,000,000	62.66	8	12250	
	Charlas de concientización frente al riesgo tecnológico desprendido de la prueba hidrostática en las instalaciones de ACYCIA	6	1	6	60	360	II	64	250,000	0.28	1	64000	X
	Situación actual	10	1	10	100	1000	I						
Psicosocial	Instalar alarma que indique caídas de presión que evidenciarían fugas antes de la explosión del recipiente y divulgar medida a quienes realizan la labor.	6	1	6	25	150	II	85	7,000,000	7.97	6	708	

Capacitación o coaching para el manejo de presión psicológica en tareas de alto riesgo.	2	1	2	60	120	III	88	500,000	0.57	2	2200	X
Capacitación en los aspectos técnicos de seguridad establecidos para la actividad de Prueba hidrostática.	2	1	2	60	120	III	88	200,000	0.23	1	4400	X
Total Estimado De Inversión Para Implementación Del Programa De Prevención De Accidentes								6,850,000				

Fuente: Autoría Propia

El análisis realizado, indica que el costo total del programa, incluyendo todas las medidas seleccionadas es de \$6'850.000 lo cual es un costo insignificante comparado con el costo monetario y administrativo derivado de la muerte de los trabajadores del área de mantenimiento, sin mencionar la posibilidad de enfrentar procesos de tipo civil y penal por esta situación.

9. Conclusiones

Inicialmente, se realiza la identificación y análisis de las áreas internas, personas, equipos, herramientas, procedimientos y demás elementos presentes en el desarrollo de todas las actividades que se ejecutan en el área de mantenimiento de ACYCIA LTDA a través de observación directa a las actividades, visitas y encuestas realizadas en la compañía. En esta área se realizan actividades de servicios generales relacionadas con la disposición de residuos líquidos y sólidos, el lavado de ropas y actividades de aseo general, en las que participa un solo trabajador. De igual forma se realizan actividades de ingeniería y ventas con relación al alistamiento de mercancía para despacho a clientes, mantenimiento de Retriever y Válvula de Servicio y Prueba hidrostática en las que participan 2 personas y también se desarrollan tareas de inspección de equipos y herramientas realizadas por la Asistente del sistema de gestión contabilizando en general 4 personas, sus secciones de trabajo dentro del área y los equipos y procedimientos que se involucran en estas tareas.

Posteriormente, se identifican los peligros de seguridad asociados a las actividades desarrolladas en el área de mantenimiento, incluyendo la categoría de peligros de seguridad, fenómenos naturales, peligros biomecánicos y psicosociales, así como sus factores de riesgo. A continuación, se realiza un análisis de consecuencias posibles de los peligros identificados, de donde se logra concluir que se cuenta con una tarea de alto riesgo o situación crítica que podría producir daños severos a la integridad de los trabajadores. Se genera una valoración de riesgo de los mismos a través de la metodología GTC-45 establecida por la organización como metodología elegida para identificación de peligros y valoración de riesgos dentro de su sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Adicionalmente, se proponen medidas de intervención y se analiza su viabilidad de acuerdo con los criterios definidos en el anexo E de la GTC-45, involucrando criterios como su factor de reducción del riesgo, su costo y su factor de justificación de forma que las medidas seleccionadas hacen parte del programa orientado a la prevención de accidentes laborales en el área de mantenimiento de ACYCIA.

Finalmente, se determina que los componentes del programa de prevención de accidentes de trabajo en el área de mantenimiento obedecen a medidas requeridas por la organización frente a factores de riesgo de riesgo psicosocial y de condiciones de seguridad y se estructura el programa desarrollado de forma acorde con la plantilla existente para este tipo de documentos dentro del sistema de gestión de calidad de la organización, definiendo cada uno de sus elementos entre los que se encuentran su justificación, alcance, objetivo, recursos, responsables, cronograma de actividades, indicadores y plan de acción derivado de los hallazgos que puedan surgir de las actividades.

Se concluye que la adecuada documentación de las actividades que realiza la organización, su observación minuciosa y la participación de los trabajadores, combinados con el análisis adecuado de la información desde el punto de vista de Seguridad y Salud en el trabajo, son la clave para generar medidas de intervención que vayan directamente al origen del riesgo de tal forma que se impacte de forma precisa sobre su probabilidad de ocurrencia o la disminución de sus consecuencias.

10. Recomendaciones

Por un lado, se recomienda la implementación del Programa de Prevención de Accidentes en el área de mantenimiento de AYCIA desarrollado en este trabajo de grado y de las oportunidades de mejora que surjan del desarrollo de las actividades planteadas, de forma que se evite la materialización de los riesgos evaluados y sus consecuencias logrando así evitar tanto pérdidas económicas, como de vida y bienestar para los trabajadores y sus familias. Por otro lado, se recomienda realizar seguimiento y evaluación a los programas de inducción y reinducción a los trabajadores del área de interés en este trabajo de grado con el fin de asegurar y suministrar constante actualización en la correcta manipulación tanto de equipos y herramientas como de cargas.

Adicionalmente se recomienda una evaluación más minuciosa de los factores psicosociales identificados para su intervención adecuada, a través de la Batería de Riesgo Psicosocial aplicada anualmente en la organización.

Finalmente, se recomienda digitalizar toda aquella información recolectada en los formatos diseñados para la ejecución de las actividades en el área de mantenimiento con la finalidad de salvaguardar dicha información y garantizar su acceso y análisis facilitando la toma de decisiones.

11. Referencias

- Abella, J. B. (2016). *Repositorio Universidad Francisco Jossé de Caldas*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3911>
- ACYCIA. (2016). *CAPROCO Antonio Castro y Cia*. Obtenido de <http://www.antoniocastroycia.com.co/>
- ASME, T. A. (2010). Código ASME para tuberías a presión, B31. New York.
- ASME, T. A. (2015). Código ASME para la reparación de equipos y tuberías a presión, PCC-2. New York.
- Bonilla, A., Carlosama, J., Córdoba, M., & Mejía, M. (2019). *Repositorio Universidad EAN*. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/9754/BonillaAura2019?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20Riesgo%20Locativo%2C%20es%20definido,o%20p%C3%A9rdidas%20para%20la%20empresa.>
- Canasto, I., Parra, Y., & Parra, V. (2017). *Repositorio Corporación Universitaria Minuto de Dios*. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/5622/UVD-TRLA_CanastoQuecanoIngryd_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caproco. (2020). Obtenido de <http://www.caproco.com/catalog/pdf/Retrieval-Tools/High-Pressure/Retriever-and-Service-Valve-3600-psi.pdf>
- Castro, Á., Cardozzo, E., & Gómez, E. (2019). *Repositorio Universidad Santiago de Cali*. Obtenido de <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/221>
- CEGESTI. (2012). *Manual para la Elaboración de Programas de Salud y Seguridad Ocupacional*. San José, Costa Rica.

CENEA. (18 de Marzo de 2020). *Centro de Ergonomía Aplicada. Especialistas en Ergonomía Laboral y Salud Ocupacional*. Obtenido de https://www.cenea.eu/riesgos-ergonomicos/#1-_Que_son_los_riesgos_ergonomicos_laborales

Cerquea, D., & Gutiérrez, L. (2008). *Contenidos de la Universidad Surcolombiana - Facultad de Salud*. Obtenido de <https://contenidos.usco.edu.co/salud/images/documentos/grados/T.G.Salud-Ocupacional/18.T.G-Diana-Andrea-Cerquera-Ortiz,-Lucy-Gutierrez-Morales-2008.pdf>

CIRLAC. (21 de Agosto de 2015). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/CIRLAC/riesgos-mecnicos-ppt>

Comercio, M. d. (2018). Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/minindustria/temas-de-interes/reglamentos-tecnicos-en-el-mcit/documentos/analisis-de-impacto-normativo-4.aspx>

Cómite de Cafeteros de Caldas. (2020). *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo del Comité de Cafeteros de Caldas*. Obtenido de <https://www.recintodelpensamiento.com/ComiteCafeteros/Copasst/AmNatural.aspx>

Díaz, M. (2012). *Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball*. Obtenido de <http://www.invassat.gva.es/documents/161660384/161741973/DIAZ+GONZALEZ++Marco+Antonio.+Prevencion+de+riesgos+laborales+electricos++NC+12883+/22d67f4e-5bf5-42d6-b4f6-56ebf1eec296?version=1.0>

ECO EXPLORATORIO. (2020). *Museo de Ciencias de Puerto Rico*. Obtenido de <https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/derrumbes/que-es-un-derrumbe/>

- ESPOL. (2020). *Repositorio de ESPOL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6928/8/manual%20de%20prevencion%20de%20riesgos%20laborales%28anexo%20B%29.pdf>
- Estupiñan, E. (Marzo de 2020). Reportes de clientes frente a accidentalidad equipos CAPROCO. (S. Lozano, Entrevistador)
- FJR, M.-T., MMG, G., & VF, A. (2001). Balística: Balística de efectos o balística de las heridas. *Cirujano General*, 266-272. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/cirgen/cg-2001/cg014i.pdf>
- Fluitronic. (2020). Obtenido de <https://www.fluitronic.es/servicios/aplicaciones/seguridad/sick>
- Gómez, C., Góez, D., & Ospina, W. (2017). *Repositorio Universidad de Antioquia*. Obtenido de <http://200.24.17.10/handle/10495/8811>
- Henao, F. (2014). *Riesgos eléctricos y mecánicos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Hernández Guerrero, L., Carrillo Romero, O. A., & Torres Martínez, M. E. (2018). Identificación y Valoración de los Riesgos en Seguridad en el Trabajo con Estimación de sus Respectiveos Controles para el Departamento Administrativo de Coldeportes. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/13595>
- Hernández, M. M. (2018). *Uniminuto*. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/8073/UVD-TRLA_HernandezO%c3%blateMichaelAlexander_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Howell, J. R. (1990). *Principios de Termodinámica para Ingenieros*. McGraw-Hill.
- I&V. (2016). Prueba hidrostática Retriever y válvula de servicio. Bogotá.

ICONTEC. (20 de 06 de 2012). GTC - 45. *Guía para Identificación De Los Peligros Y La Valoración De Los Riesgos En Seguridad Y Salud Ocupacional*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Ikastatxea, L. (2009). *Leartik*. Obtenido de https://www.osalan.euskadi.eus/contenidos/informacion/fp_gaztetxoko/es_def/materiala/fp/d1_evaluacion_riesgos/ebaluacion_riesgos.pdf

INSHT. (s.f.). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_330.pdf/e0ba3d17-b43d-4521-905d-863fc7cb800b

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. (2020). Obtenido de <https://www.colmayor.edu.co/sistema-gestion-integrado/decreto-1496-de-2018-sistema-globalmente-armonizado/>

ISTAS. (2020). *Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud*. Obtenido de <https://istas.net/salud-laboral/peligros-y-riesgos-laborales/riesgos-psicosociales#:~:text=Los%20riesgos%20psicosociales%20perjudican%20la,%2C%20endocrinol%C3%B3gicas%2C%20musculoesquel%C3%A9ticas%20y%20mentales.>

Jesús. (2014). *Emaze*.

Jun Si, Jin-Sha Xu, Yu-Qing Yang, Xiang Wen, & Xiao-Ying Tang. (2019). The Study of Inspection and Supervision for Overage Service Pressure Vessels in Petrochemical Plants. *Key Engineering Materials*, 795, 346-351.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.795.346>

- López, B. V. (2000). Estudio clínico-epidemiológico de pacientes con lesiones de la columna vertebral por heridas de bala atendidos en un hospital de referencia de seguridad social. *Acta Ortopédica Mexicana*, 44-47.
- Manzano-Trovamala FJR, G. M. (2001). Balística: Balística de efectos o balística de las heridas. *Cirujano General*, 266-272.
- Ministerio de Salud. (2020). *Minsalud.gov*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/lineamientos-programas-preventivos.pdf>
- Ministerio de Trabajo. (13 de Febrero de 2019). Resolución 0312 de 2019. Colombia.
- Monederosmart. (31 de Julio de 2020). *Monedero Smart*. Obtenido de <https://www.monederosmart.com/sierra-de-banco/>
- Morales Bejarano, V. P., & Rojas Martínez, Z. X. (2017). Determinación de Controles para Mitigar y/o Eliminar Riesgos de Seguridad Identificados en la Empresa Metrolabor Ltda. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7504>
- Mujica, W. (2016). *Repositorio Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7770>
- OAS. (2020). *Organization of American States*. Obtenido de <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/ch06.htm>
- Ondetti, C. M. (2018a). Análisis de riesgos laborales presentes en el proceso de pruebas hidrostáticas de líneas de alta presión en la empresa Alpha Piper Service S.R.L.
- Ondetti, C. M. (2018b). Análisis de riesgos laborales presentes en el proceso de pruebas hidrostáticas de líneas de alta presión en la empresa Alpha Piper Service S.R.L. <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/123456789/11081>

Ortega, F. (2015). Riesgo mecánico Sobre máquinas y herramientas Y herramientas manuales.

Páez Soto, S., & Puentes Acosta, S. T. (2020). Identificación de peligros, valoración de riesgos en seguridad y establecimiento de controles para los procesos adelantados por IDAE pruebas estandarizadas. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25121>

Pava, S. L. (2017). *Repositorio de la Universidad Francisco José de Caldas*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7412>

Petroleros Asociados S.A. (2020). *Petroleros Asociados S.A.* Obtenido de <http://www.petrolerosasociados.com/capacitaciones/riesgo%20publico.pdf>

Red Sismológica Nacional de Costa Rica. (23 de Enero de 2019). Obtenido de <https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/sismologia/3669-que-es-un-sismo>

Rimoldi, C., & Mundo, L. M. (2012). Ensayo no destructivo por método de ultrasonido. 41.

Robayo Puentes, V., & Sánchez Prieto, H. L. (2018). Identificación de peligros, evaluación de riesgos y estimación de controles de riesgos asociados a condiciones de seguridad en la población de mantenimiento de la división de recursos físicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14596>

Rodríguez, L. (2018). *Repositorio Universidad Católica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16192/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20EN%20LA%20FUNDACION%20PAN%20DE%20VIDA%20CER-LUISA%20FERNANDA%20RODRIGUEZ-COD%20537808.pdf>

SafetYa. (15 de Mayo de 2019). *SafetYa: Revista virtual de seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de <https://safetya.co/phva-procedimiento-logico-y-por-etapas/>

SSTVIAL. (2020). *SST Vial Asesores*. Obtenido de <https://www.sstvial.com/riesgo-publico.html>

Storhaug, E. (2016). Optimal design for projectile and blast protection during pressure testing.

<https://uis.brage.unit.no/uis-xmlui/handle/11250/2411600>

Sura. (10 de 2020). *ARL Sura*. Obtenido de

<https://www.arlsura.com/index.php/component/content/article?id=444#:~:text=El%20objetivo%20de%20este%20art%C3%ADculo,medidas%20para%20prevenir%20dichos%20riesgos.&text=Contacto%20el%C3%A9ctrico%20directo%20es%20todo,con%20partes%20activas%20en%20tensi%C3%>

UC3M. (2020). *Universidad Carlos III de Madrid*. Obtenido de

<https://www.uc3m.es/prevencion/riesgos-mecanicos#:~:text=Se%20entiende%20por%20riesgo%20mec%C3%A1nico,materiales%20proyectados%2C%20s%C3%B3lidos%20o%20fluidos.>

UNGRD. (2018). *Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres*. Obtenido de

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27100/Riesgo_Tecnologico.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Universidad Benito Juárez. (20117). Obtenido de [https://www.ubjonline.mx/en-que-consiste-el-alcance-del-](https://www.ubjonline.mx/en-que-consiste-el-alcance-del-proyecto/#:~:text=El%20alcance%20de%20un%20proyecto%20tiene%20como%20finalidad%20la%20determinaci%C3%B3n,culminaci%C3%B3n%20exitosa%20de%20dicho%20proyecto.)

[proyecto/#:~:text=El%20alcance%20de%20un%20proyecto%20tiene%20como%20finalidad%20la%20determinaci%C3%B3n,culminaci%C3%B3n%20exitosa%20de%20dicho%20proyecto.](https://www.ubjonline.mx/en-que-consiste-el-proyecto/#:~:text=El%20alcance%20de%20un%20proyecto%20tiene%20como%20finalidad%20la%20determinaci%C3%B3n,culminaci%C3%B3n%20exitosa%20de%20dicho%20proyecto.)

Universidad Nacional de Medellín. (2020). *UNAL Medellín*. Obtenido de

https://medellin.unal.edu.co/egresados/images/pdf/Escala_salarial_2_1.pdf

UPM. (2006). *Universidad Politécnica de Madrid*. Obtenido de

<http://www.upm.es/sfs/Rectorado/Gerencia/Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Informacion%20sobre%20Prevencion%20de%20Riesgos%20Laborales/Manuales/folleto%20laboratorios%20el%20C3%A9ctricos%2021nov2006.pdf>

Valencia, F. (2016). *Riesgos eléctricos y mecánicos. Prevención y protección de accidentes*.

Bogotá: Ediciones de la U.

Vargas, G. (2016). *Repositorio Universidad ECCI*. Obtenido de

<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/317/Proyecto%20Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>

Vega, G. (2018). *Repositorio Corporación Universitaria Minutos de Dios*. Obtenido de

https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/8082/UVD-TRLA_VegaGlitzaJohanna_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vega-Monsalve, N. (2017). Nivel de implementación del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo en empresas de Colombia del territorio Antioqueño. *Scielo*.