

**Análisis y evaluación de los riesgos laborales que se ocasionan en las actividades de
mantenimientos más frecuentes de una planta de asfalto**

Sebastián Guevara Rodríguez y Cristhian David Agudelo Bayona

Dirección de Posgrados, Universidad ECCI

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Fred Geovanny Murillo Rondon

Bogotá, 2023

Resumen

Las labores de mantenimiento son un elemento fundamental para las empresas por dos razones. La primera, la adecuada labor de mantenimiento permite dar una mayor vida útil a los activos de la empresa. En ese sentido, se reducen los gastos y se impacta positivamente el patrimonio de la entidad. Segundo, las tareas de mantenimiento tienen una repercusión directa frente a las estadísticas de accidentabilidad. Es decir, el adecuado funcionamiento de la maquinaria permite reducir la probabilidad de la exposición de riesgos por parte de los trabajadores. Así mismo, en las labores de mantenimiento hay una clara exposición por parte de los trabajadores a diferentes factores que pueden causarles un daño a su salud. Por lo anterior, el presente trabajo presenta un análisis de las labores de mantenimiento de una planta de asfalto, ubicada en la ciudad de Bogotá (Colombia), con el fin de identificar las situaciones de riesgo y los accidentes presentados en el trabajo de mantenimiento y, de esta manera, dar una serie de recomendaciones que, desde el área de Seguridad y Salud en el Trabajo, deberán ser implementadas. Dichas recomendaciones parten del punto de vista del área de mantenimiento dirigidas al área de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Palabras clave:

Planta de asfalto; Mantenimiento de plantas de asfalto; Seguridad y Salud en el Trabajo; Riesgos y accidentes en labores de mantenimiento; Recomendaciones de mantenimiento.

Abstract

Maintenance work is a fundamental element for companies for two reasons. First, proper maintenance work allows the company's assets to have a longer useful life. In this sense, expenses are reduced and the company's assets are positively impacted. Second, maintenance tasks have a direct impact on accident statistics. That is, the proper functioning of the machinery reduces the likelihood of risk exposure by workers. Likewise, in maintenance work there is a clear exposure of workers to different factors that can cause damage to their health. Therefore, this paper presents an analysis of the maintenance work of an asphalt plant located in the city of Bogota (Colombia), in order to identify the risk situations and accidents presented in the maintenance work with the purpose of giving a series of recommendations that, from the area of Occupational Safety and Health, should be implemented. These recommendations start from the point of view of the maintenance area and are directed to the Occupational Safety and Health area.

Key words:

Asphalt plant; Asphalt plant maintenance; Occupational Health and Safety; Risks and accidents in maintenance work; Maintenance recommendations.

Agradecimientos

Agradecemos, en primer lugar, a nuestras familias, a nuestros padres y hermanas por todo el apoyo que recibimos. La guía que nos dieron en diferentes momentos de este proceso fue vital para nuestro desarrollo personal y profesional.

A la universidad y a sus docentes por la orientación e impulso para el crecimiento profesional. Por los consejos y sugerencias que en diferentes momentos nos dieron, sobre todo en el desarrollo de este trabajo de grado.

Tabla de contenido

1	Título	10
2	Problema de la investigación	10
2.1	Descripción del problema	10
2.2	Formulación del problema	11
3	Objetivos	11
3.1	Objetivo general.....	11
3.2	Objetivos específicos	11
4	Justificación y delimitación	12
4.1	Justificación	12
4.2	Delimitación.....	12
4.3	Limitaciones.....	13
5	Estado del arte.....	14
5.1	Estado del arte nacional	14
5.1.1	Planta de asfalto BACHT 250	14
5.1.2	Gestión del mantenimiento en la seguridad y salud en el trabajo del sector industrial manufacturero	15
5.1.3	Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES.....	16
5.1.4	Tipos de mantenimiento ¿cuántos y cuáles son?	17
5.1.5	Factores individuales asociados con accidentes laborales en trabajadores afiliados a dos Aseguradoras de Riesgo Profesionales de la ciudad de Medellín, 2012	18
5.1.6	Planta de asfalto “El Zaque”	18
5.2	Estado del arte internacional.....	19
6	Marco teórico	28
6.1	Tipos de mantenimiento.....	29
6.1.1	Mantenimiento correctivo.....	29
6.1.2	Mantenimiento preventivo.....	29
6.1.3	Mantenimiento predictivo.....	30
6.2	<i>Mantenimiento y Salud y Seguridad en el Trabajo</i>	30
6.3	Tarjetas EFU	31
7	Matriz de criticidad y de riesgos.....	32
8	Marco normativo y legal.....	33
8.1.1	Ley 1562 - 11 de julio 2012.....	33
8.1.2	Resolución 0312 de 2019.....	33
8.1.3	Decreto 1443 de 2014.....	34
8.1.4	Decreto 472 de 2015.....	34
8.1.5	Decreto 1072 de 2015	35
9	Marco Metodológico	35
9.1	Recolección de la información	35
9.1.1	Tipo de investigación.....	35
9.1.2	Fuentes de obtención de la información	36

9.1.3	Metodología de la investigación.....	37
9.1.4	Información recolectada	38
10	Propuesta de solución	38
10.1	Planta de producción de asfalto	39
10.1.2	Sistemas críticos en la planta de asfalto en caliente	58
10.2	Propuesta de recomendaciones para las labores de mantenimiento	69
10.2.1	Recomendaciones generales	70
10.2.2	Recomendaciones para labores de mantenimiento frecuentes	75
10.2.3	Accidentes y recomendaciones.....	78
11	Resultados alcanzados y esperados	81
11.1	Resultados alcanzados	81
11.2	Resultados Esperados	82
12	Análisis financiero	82
12.1	Inversión	82
12.2	Utilidad esperada	83
13	Conclusiones	85
13.1	Conclusiones	85

Tabla de imágenes

Figura 1	Planta de asfalto tipo estacionaria	11
Figura 2	Planta de asfalto	39
Figura 3	Planta de asfalto	40
Figura 4	Proceso de cambio de retenedor en caja reductora del tambor secador	50
Figura 5	Proceso de cambio de cardan en tambor secador	51
Figura 6	Proceso de cambio de bomba de combustible	52
Figura 7	Revisión interna de tambor secador y cambios de flyes de arrastre	52
Figura 8	Proceso de mantenimiento del sistema de tubería de asfalto y aceite térmico	53
Figura 9	Cambio de correas bomba de asfalto	54
Figura 10	Cambio de rodamientos y piñones gemelos	55
Figura 11	Cambio de mampara, anillo y cono del quemador.	61

Introducción

El mantenimiento de los activos que poseen las empresas, como la maquinaria, es una tarea fundamental por dos aspectos: primero, ayuda a proteger los activos y, de esta manera, permite que tengan una mayor vida útil; segundo, las labores de mantenimiento protegen la integridad de los trabajadores que están en constante interacción con los implementos y la maquinaria de la empresa. No obstante, en las mismas labores de mantenimiento, hay un alto grado de exposición a diferentes factores de riesgo como agentes químicos, físicos, ambientales y psicosociales. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo de investigación busca realizar un análisis y evaluación de los riesgos laborales que se ocasionan en las actividades de mantenimiento. Para ello, se enfoca en el estudio de riesgos de una planta de asfalto ABL Bach 250 ubicada en la ciudad de Bogotá.

A partir de la información recopilada en los informes de accidentes e incidentes ocurridos en la planta de asfalto, del estudio de la información recopilada directamente de la planta de asfalto, de la experiencia de los trabajadores del área de mantenimiento de la empresa y de las fuentes secundarias, se busca acompañar al área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) con el fin de contribuir a la disminución de los índices de accidentes e incidentes que se puedan presentar en el proceso de mantenimiento de plantas de asfalto iguales o similares al modelo que es aquí analizado. Dicho acompañamiento se desarrolla a partir de recomendaciones, posibles soluciones y procesos de acción para disminuir los accidentes laborales.

Para el desarrollo de lo anteriormente mencionado, este trabajo de grado se encuentra dividido en tres grandes partes: la primera parte se encuentra compuesta por los aspectos más formales del trabajo, por lo cual, se pueden encontrar el problema de investigación, la justificación, los objetivos, el estado del arte, el marco teórico, el marco normativo y el marco metodológico.

Esta primera parte va desde el apartado 1 hasta el 9. Entre el apartado 10 y 12 se encuentra la segunda sección de este trabajo. Esta está constituida por la propuesta de solución, en la que se pueden encontrar una descripción general de los elementos y proceso de mantenimiento que se realizan en la planta, una serie de propuestas y soluciones enfocadas en las labores de mantenimiento, el balance de los resultados alcanzados y esperados y, finalmente, el análisis financiero del proyecto. La tercera parte del trabajo de grado está constituida por las recomendaciones y conclusiones finales. Este último apartado integra tanto el desarrollo de los objetivos específicos y generales como las reflexiones de la propuesta de solución.

1 Título

Análisis y evaluación de los riesgos laborales que se ocasionan en las actividades de mantenimiento más frecuentes de una planta de asfalto.

2 Problema de la investigación

2.1 Descripción del problema

Las industrias asfálticas cuentan con un activo denominado planta de asfalto (Figura 1) que para su operación, producción y mantenimiento se requiere de la ejecución de un grupo de tareas que buscan garantizar la vida útil de la planta y mitigar los índices de accidentabilidad presentes en la empresa. Estas tareas son de conocimiento general por parte de los técnicos, operarios y administrativos. Sin embargo, a pesar que los trabajadores tienen claros los recursos necesarios para el funcionamiento de la planta de asfalto, existe la necesidad de identificar los riesgos existentes en cada una de las tareas a realizar. En ese sentido, a partir del conocimiento propio de los trabajadores se busca establecer actividades de mitigación, control o eliminación de los riesgos.

Teniendo en cuenta la información suministrada se encuentra que entre marzo de 2020 y junio de 2021 se presentaron siete accidentes laborales en la planta de asfalto analizada en este trabajo; uno con complejidad baja y seis con nivel de complejidad alto. Por lo anterior, se observa que es necesario que el área de mantenimiento se enfoque en una cultura preventiva frente a la seguridad y salud en el trabajo mediante el análisis de los diferentes factores de riesgo. De esta manera se busca reducir los índices de accidentes e incidentes que se puedan presentar en la ejecución de las tareas que tienen los trabajadores en la planta de asfalto.

Figura 1

Planta de asfalto de tipo estacionaria (Aimix Group. Co. LTDA. 2022)



2.2 Formulación del problema

¿Qué riesgos se generan con más frecuencia en las labores de mantenimiento de una planta de asfalto?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar un análisis y evaluación de las actividades de mantenimiento más frecuentes de una planta de asfalto, con el fin de recopilar e identificar los riesgos que se generan y dar una posible solución de prevención.

3.2 Objetivos específicos

Identificar los procesos de intervención a los activos de una planta de asfalto con el fin de evidenciar las necesidades de prevención en seguridad para el proceso de mantenimiento.

Evaluar los peligros y riesgos en seguridad para el personal a través del reconocimiento de los subsistemas de la planta de asfalto.

Establecer posibles acciones para la mitigación y reducción de riesgos en tareas de mantenimiento para el personal que labora en la planta de asfalto.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

El mantenimiento a nivel global es una tarea necesaria y fundamental que busca dar continuidad al funcionamiento de los activos de las organizaciones. Es por ello que se requiere de una intervención multidisciplinar que ayude a la ejecución de las labores diarias. En muchas de las actividades desarrolladas se necesita de la atención a los riesgos conexos con los trabajos de mantenimiento.

Teniendo en cuenta la gran cantidad de riesgos a los cuales se ven expuestos los trabajadores en sus labores de mantenimiento, el presente trabajo de grado busca incidir en la reducción de los índices de accidentabilidad, en la cultura del autocuidado y en mejorar las acciones que se tiene frente a la seguridad y salud en el trabajo.

4.2 Delimitación

La investigación propuesta en este documento será desarrollada en la ciudad de Bogotá y se tomará como ejemplo una planta de asfalto fabricada por la marca ABL, que se encuentra ubicada en Km 3, vía Pasquilla, localidad de Ciudad Bolívar. El periodo de desarrollo de este documento será durante el año 2021. Se espera tener como resultado que la información recolectada sea de utilidad para las áreas de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) y que tengan

un impacto directo en empresas o entidades industrializadas que posean plantas de asfalto con características similares.

4.3 Limitaciones

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tiene contempladas las siguientes limitaciones:

- **Presupuestal:** Solo se cuenta con los recursos de los autores para el desarrollo de la investigación.
- **Procedimental:** La aprobación final del documento del presente trabajo de grado, depende de factores ajenos a los autores como algunos criterios establecidos por la universidad frente a la presentación del trabajo.
- **Normativo:** La publicación o divulgación de los datos y de la información utilizada en la presente investigación están limitados a la aprobación de diferentes estancias de las organizaciones de las que son tomados los datos.

Este estudio se realiza desde una perspectiva investigativa por lo cual es un modelo experimental no ejecutado formalmente. Sin embargo, se deja evidencia de información de utilidad que podrá ser usada como recurso técnico para llegar a una implementación.

Adicionalmente, el trabajo de grado debe pasar por auditores que realizan observaciones según su criterio, lo cual lleva a realizar cambios en el diseño. Lo anterior genera reprocesos y limita la agilidad del desarrollo del proyecto. Adicionalmente, no se realiza la implementación de las sugerencias aquí planteadas debido al tiempo en el cual se desarrolla la investigación y los

recursos que se requieren para lograr estructurarlo dentro del margen de la entidad. Por lo tanto, la entidad desde la cual se realiza el estudio (la dueña de la planta de asfalto aquí analizada) no es mencionada explícitamente, a pesar que el trabajo se desarrolla a partir de la información suministrada por la misma.

5 Estado del arte

El presente estado del arte está distribuido de dos maneras. En primer lugar, se encuentran investigaciones, trabajos e informes que tienen un origen nacional, es decir que fueron desarrollados en Colombia. En segundo lugar, hay un estado del arte a nivel internacional. Referente a este tema, debido a que hay una mayor producción académica a nivel internacional en comparación con la producción nacional, la mayoría de documentos incorporados al estado del arte hacen parte del marco internacional. En términos generales, los textos presentados en este estado comprenden tres temas: descripción de las plantas de asfalto, su funcionamiento y sus partes; relevancia del mantenimiento de las plantas de asfalto; Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.

5.1 Estado del arte nacional

5.1.1 Planta de asfalto BACHT 250

Este es el instructivo que otorga la empresa ABL INTERNACIONAL S.A para la planta de asfalto Bacht 250. En él se describen todas las partes de la planta, busca ser un manual de orientación en tareas como el ensamble, la operación y el mantenimiento de la planta. Es un instructivo detallado que sirve para que los compradores de estos equipos comprendan con claridad sus aplicaciones y las variaciones. Por último, el instructivo contiene un apartado donde señalan los diferentes medios de comunicación por los cuales puede ser contactado el proveedor de la

planta para futuros mantenimientos o informes necesarios. En resumen, este documento aporta una orientación que permite comprender todos los componentes, mantenimientos, proceso de instalación y los parámetros en que se comprenden para una planta de asfalto recién instalada de fábrica (ABL Internacional S.A, 2015).

5.1.2 Gestión del mantenimiento en la seguridad y salud en el trabajo del sector industrial manufacturero

En términos generales, el artículo expone la relevancia en la gestión del mantenimiento y su relación con el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo. En ese sentido, en primera instancia, la autora parte del concepto de “mantenimiento” entendido cómo el proceso de mantener una adecuada funcionabilidad de un objeto o aparato, resaltando que en el caso de la ingeniería mecánica el objeto es la maquinaria (Castro, 2020, p. 91). Posteriormente, al incorporar términos como “control del riesgo” e “higiene industrial” se traza un puente entre la relación del mantenimiento de la maquinaria y disminución de los riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores. Así lo expresa el autor: “A través de la gestión del mantenimiento se minimiza los riesgos de operación y con ello la protección y prevención de los trabajadores en cada área en la interacción con maquinaria y equipos” (Castro, 2020, p. 93).

En ese sentido, para el autor se hace fundamental e indispensable la gestión del mantenimiento que se desarrolla a partir de un adecuado plan de trabajo. En él se debe priorizar y garantizar la capacitación al personal encargado de las labores de mantenimiento, enfocado en cada uno de los elementos a intervenir -como las partes mecánicas y eléctricas-. Así mismo, se debe entrenar al personal para que esté preparado para resolver fallas imprevistas. Además, según

el autor, es importante generar las hojas de vida de la maquinaria, las cuales permiten hacer un seguimiento y supervisión del manejo y deterioro de los equipos (Castro, 2020, p. 91).

Por otro lado, el artículo resalta los diferentes tipos y fases de la labor de mantenimiento. En este punto se pueden encontrar el mantenimiento correctivo o reparativo definido como el proceso en el cual “los equipos se llevan hasta la falla y solo se genera cambio de piezas o reemplazo de elementos”(Castro, 2020, p. 91,92); el mantenimiento preventivo y predictivo que se entiende como las acciones que “permiten mantener al equipo funcional” cuando no se desea parar la operación de la maquina por un tiempo prolongado (Castro, 2020, p. 92); adicionalmente, la autora resalta la importancia de los procesos de optimización de la maquinaria con la incorporación de nuevas tecnologías. Finalmente, para el autor, después de una correcta implementación de los anteriores tipos de mantenimiento, se puede incorporar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) que incorpora no solo el funcionamiento adecuado de la maquinaria sino también la gestión de activos(Castro, 2020, p. 92).

5.1.3 Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES

Esta guía técnica, realizada por el Ministerio de Trabajo del gobierno colombiano, surge de la reglamentación del Decreto único del sector Trabajo 1072 de 2015. En este Decreto se establecieron algunas disposiciones para que las empresas desarrollaran el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Por lo anterior, la guía busca exponer algunas definiciones, resaltar la importancia de la Seguridad y Salud en el Trabajo y dar un “paso a paso” frente a la manera de implementar el SG-SST. En este paso a paso se compone de 10 elementos que guían el desarrollo del SG-SST y entre los cuales se encuentran, entre otros, la “evaluación

inicial del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo”; la “identificación de peligros, evaluación, valoración de los riesgos y gestión de los mismos”; el “programa de capacitación, entrenamiento, inducción y reinducción en SST”; el “reporte e investigación de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales” y las “acciones preventivas o correctivas” que se deben realizar (*Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES, s. f.*).

La finalidad de este documento es brindar herramientas para mitigar y prevenir lesiones, enfermedades y situaciones de riesgos para los trabajadores causadas por las condiciones del espacio laboral. En ese sentido, se hace énfasis en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Si bien la guía está enfocada en las MIPYMES y en el área de Seguridad y Salud en el trabajo, sus recomendaciones son fundamentales a la hora de evaluar la Gestión de Riesgos de cada una de las áreas de trabajo, entre ellas el área de mantenimiento evaluada en el presente trabajo. Por ejemplo, la guía muestra una manera de adoptar las medidas de prevención y control de los riesgos, una vez estos han sido identificados.

5.1.4 Tipos de mantenimiento ¿cuántos y cuáles son?

Este artículo se encuentra dividido en dos partes. En primer lugar, el autor expone un marco normativo que regula las funciones y las labores de mantenimiento partiendo de norma europea EN 13306: 2017 (Maintenance – Maintenance terminology). La segunda parte se concentra en una rápida exposición de los tipos de mantenimiento existentes teniendo en cuenta elementos como el tiempo y duración de la tarea de mantenimiento, las modificaciones que se realizan al diseño original del equipo y la programación de las tareas de mantenimiento. Esto conlleva a que el autor concluya seis tipos: mantenimiento preventivo; mantenimiento Correctivo; mantenimiento

mejorativo; mantenimiento programado; mantenimiento no programado; mantenimiento activo (Sexto, 2018).

5.1.5 Factores individuales asociados con accidentes laborales en trabajadores afiliados a dos Aseguradoras de Riesgo Profesionales de la ciudad de Medellín, 2012

Este artículo, presenta la introducción, los objetivos, la metodología y los resultados esperados en la investigación sobre los factores asociados a los accidentes laborales presentados en el sector de la construcción. Si bien la extensión es poca, la importancia recae en que este señala que uno de los elementos relacionados al alto nivel de accidentes que ocurren en las labores de construcción son “los problemas derivados del mal funcionamiento de los equipos de trabajo”(Molina C., 2012, p. 36). Lo anterior toma relevancia para el presente trabajo de grado porque permite pensar en la importancia que toma el proceso de mantenimiento de la maquinaria utilizada en los trabajos de construcción, que está relacionado con el aumento o la disminución de los factores de riesgos para los trabajadores.

5.1.6 Planta de asfalto “El Zuque”

Este informe, presentado a la Secretaría de Obras Públicas de Bogotá y al Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en el año 2006, tenía como objetivo examinar la planta de asfalto “El Zuque” en dos aspectos: estudiar las necesidades de recuperación y de actualización de la planta. Esto con el fin de que, después de 18 años de uso, se garantiza su óptimo funcionamiento y, de esta manera, mantener los estándares de la mezcla de asfalto realizada por la planta. En ese sentido, a lo largo del informe se observa una exposición detallada de los elementos que fueron reemplazados, reparados o reconstruidos. Así mismo, se describe la manera en la que se realizaron estos procesos. Por ejemplo, en la anotación sobre el “Nuevo tambor rotatorio” se escribe “

fabricado en láminas refractarias en acero ASTM A516-70 de espesor de 5/16”, mayor que el anterior que era de ¼”, soldadas mediante la técnica de arco sumergido...” (Velandia, 2006, p. 3). Además, en algunas tareas de mantenimiento, el autor menciona una serie de precauciones para que las reparaciones no tengan ningún inconveniente (Velandia, 2006).

5.2 Estado del arte internacional

5.2.1.1 Sistemas de control de una planta de producción de asfalto

El trabajo realizado por Max Antonio Allaccaco Córdova busca enfocarse en el estudio de los procesos de automatización de las plantas de asfalto. Para ello, el autor propone como principal objetivo “diseñar y simular un sistema de control del proceso de producción de asfalto”(Allccaco Córdova, 2016, p. 15). Para Allaccaco Córdova, la automatización ayuda a mejorar los costos de operación de la empresa y, a su vez, la calidad de los productos. De allí la importancia de la propuesta del autor. Por otro lado, el sistema de control propuesto por Allaccaco Córdova, se enmarca dentro en dos partes: primero, el análisis de lo relacionado con la producción; segundo, el mantenimiento de la planta de asfalto. El examen realizado por el autor frente a los temas de mantenimiento se vuelve relevante ya que desde este proceso se puede tener un registro detallado de la operación de la planta de asfalto(Allccaco Córdova, 2016).

Ahora bien, frente a la utilidad de este texto en el presente trabajo de grado se centra en tres aspectos: primero, su análisis relacionado a los temas de mantenimiento; segundo, Allaccaco Córdova, la identificación, que realiza el autor, de las fallas en los procesos de la planta de asfalto; tercero, las propuestas de mejora que se evidencian en el estudio de Allaccaco Córdova y la forma en la que se implementan –por ejemplo, la manera de socializar con los trabajadores las nuevas medidas implementadas por el sistema de automatización–.

5.2.1.2 Guías de para la acción preventiva. Evaluación de riesgos. Serie Microempresas.

Plantas de asfalto.

En el año 2003, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el Ministerio de Trabajo y Asuntos sociales de España, conforme a las disposiciones legales de la Unión Europea, desarrolló una serie de cartillas y guías con el fin de brindar herramientas concernientes a la prevención de riesgos laborales para las pequeñas y medianas empresas. La guía aquí mencionada se encuentra enfocada en plantas de asfalto. En ese sentido, esta guía identifica los riesgos más graves y frecuentes que se presentan en las plantas de asfalto y busca evaluarlos a partir de siete categorías: locales y equipos de trabajo; electricidad; agentes físicos; sustancias químicas; incendio y explosión; diseño de los puestos de trabajo; organización del trabajo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003).

Para el desarrollo de estas siete categorías la guía propone un formato, por cada una de las categorías, en donde se desarrollan cinco elementos: primero, posibles peligros y evaluación de la maquinaria presente en el área; segundo, preguntas aclaratorias que ayudan a ampliar la información del peligro identificado; tercero, las acciones preventivas correspondientes a cada peligro; cuarto, formación y capacitación a los trabajadores frente los peligros y a sus soluciones; quinto, el marco legislativo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003). El formato también sirve como una herramienta de evidencia escrita.

El Instituto Nacional sugiere que un uso práctico, es decir, propone que esta sea diligenciada directamente en el área de trabajo, con los trabajadores, realizando una caminata de inspección. Estos elementos son importantes pues ponen en manifiesto, lo que a consideración del Instituto Nacional, son los principales riesgos y peligros en una planta de asfalto, entre ellos

algunos puntos concernientes al mantenimiento de la planta y a su operación con preguntas cómo “¿Pueden surgir situaciones peligrosas en operaciones de mantenimiento o reparación de averías?” (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2003, p. 10). En ese sentido, este documento toma relevancia para el presente trabajo por dos razones: por un lado, muestra un formato que integra el análisis de los riesgos y peligros presentes en la operación de la planta y, a su vez, en las labores de mantenimiento. Por otro lado, pone de manera explícita preguntas abiertas con respecto a la labor de mantenimiento y a los peligros presentes en ella.

5.2.1.3 Plan de calidad en la producción de mezcla asfáltica en caliente, en la planta de asfalto de la ciudad de JULIACA.

Néstor Raúl Pacco Apaza, en su trabajo de grado, propone un plan de calidad para la revisión de los procesos de la mezcla asfáltica caliente producida por la planta de asfalto de la municipalidad provincial de San Román de la ciudad de Juliaca, Perú. Esta propuesta, según el autor, surge como respuesta al rápido deterioro de la malla vial de la ciudad de Juliaca. En ese sentido, para Pacco Apaza, la calidad del asfalto presente en la malla vial se encuentra directamente relacionada con la falta de un plan de calidad en la planta ubicada en la municipalidad provincial de San Román. De lo anterior, nace la necesidad que impulsa el trabajo del autor (Pacco Apaza, 2015).

Si bien, el enfoque del trabajo realizado por Pacco Apaza se encuentra relacionado, principalmente, con la calidad del asfalto y los procesos que conlleva su revisión, esta propuesta sirve, para el presente trabajo de investigación, como un elemento para conocer de mejor manera el funcionamiento general de las plantas de asfalto. Esto se debe a que, dentro del estudio

presentado por Pacco Apaza, se puede observar una amplia descripción de los elementos mecánicos y electrónicos que componen la planta de asfalto.

5.2.1.4 Mantenimiento: exposición y consecuencias

Este documento, elaborado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del gobierno español a partir de los lineamientos planteados por el marco normativo de la Unión Europea, busca identificar los riesgos y peligros a los cuales se ven expuesto los trabajadores en las labores de mantenimiento. Por su puesto, se resalta lo importante que es el adecuado funcionamiento de los equipos en la prevención de accidentes, pero su enfoque se encuentra en la prevención de la actividad misma de mantenimiento. El texto señala que los riesgos presentes en esta actividad raramente son tenidos en cuenta, de ahí la relevancia que tiene ponerlos de manifiesto. Entre las condiciones y actos de riesgo que muestra el documento se encuentran:

- Caídas de objetos por manipulación.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Incendios y/o explosiones.
- Riesgo eléctrico.
- Exposición a agentes químicos por inhalación y/o ingestión.
- Exposición a agentes biológicos (por ejemplo, hepatitis A y B, Legionella pneumophila, mohos y hongos, etc.).
- Caídas a distinto nivel desde escalera manual por incorrecta utilización, mal estado de la misma, etc.

- Caídas al mismo nivel por suelos resbaladizos u obstáculos en zonas de paso (cables, material, herramientas varias, etc.).
- Choques contra objetos inmóviles (mobiliario, máquinas, etc.).
- Cortes y/o pinchazos por herramientas (destornilladores, sierras, etc.).
- Discomfort ambiental por inadecuadas condiciones medioambientales.
- Exposición al ruido y a las vibraciones.
- Trastornos musculoesqueléticos.
- Exposición a fibras (por ejemplo, al amianto, en instalaciones o edificios antiguos, o a la fibra de vidrio).
- Intoxicación o asfixia en espacios confinados.
- Exposición a radiaciones
- Estrés por presión horaria y una organización del trabajo deficiente, horarios prolongados y/o irregulares o poco compatibles con la vida extralaboral (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2014, pp. 8, 9).

Estos riesgos son organizados, en general, dentro de cuatro factores de riesgo: riesgo eléctrico, el uso de herramientas, los trabajos de altura y las reparaciones en espacios confinados. Posteriormente, el texto profundiza en cada factor y en las posibles soluciones para mitigar la exposición a los accidentes que se pueden presentar. Por lo anterior, una de las primeras recomendaciones que presenta el texto es darle prioridad al mantenimiento preventivo frente al mantenimiento correctivo lo cual implica una menor exposición a riesgos. También, la importancia de consultar y seguir las indicaciones del manual de uso, tanto en la actividad operativa como en la de mantenimiento (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2014, p. 26).

5.2.1.5 “Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la ciudad de Juárez: una solución factorial.”

Este artículo presenta los resultados de la implementación, principalmente, de lo que los autores denominan Mantenimiento Productivo Total (MPT) en una empresa de la ciudad de Juárez, México. Por lo cual, los autores muestran el proceso de aplicación de un análisis factorial para determinar los Factores Críticos de Éxito (FCE) presentes en la aplicación del MPT. En ese sentido, el artículo desarrolla un breve estado del arte relacionado con los FCE. Así mismo, el texto muestra la metodología, el muestreo y los demás factores que determinaron la implementación del MPT. Finalmente, en los resultados del trabajo, los autores resaltan nueve FCE que reconocieron en la empresa a la cual ellos visitaron.

El artículo ayuda a evidenciar el proceso de implementación de un plan detallado de mantenimiento. Este elemento sirve para identificar posibles mejoras en las actividades de mantenimiento, maneras de instaurar un plan de mantenimiento, retos y dificultades que se presentan tanto en la parte administrativa como operativa en el desarrollo del plan. Además, se resalta la importancia de las labores de mantenimiento en una planta de asfalto (Gómez et al., 2015).

5.2.1.6 Mantenimiento de la plata TEREX E150 para la producción de asfalto en el proyecto de corredor vial interoceánico sur PERU –BRASIAL

Este texto es un informe de mantenimiento de una planta de asfalto TEREX E150 realizado por Yoel Meza Requena en la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). El autor,

teniendo en cuenta que, en dicha planta, no se había consolidado un adecuado planeamiento del proceso de mantenimiento, realizó un plan de mantenimiento de los equipos electromecánicos y la maquinaria de la planta TEREX E150.

Así, el trabajo se encuentra dividido en tres partes, principalmente: primero, Meza Requena realiza una descripción de lo que conforma la planta de asfalto (equipos y maquinarias); segundo, realiza un análisis de la problemática identificada por el autor; tercero, presenta la implementación del programa de mantenimiento. Estos elementos, según el autor, ayudan a que haya una correcta operación de la máquina y a que todo el personal que la maneja tenga la experiencia suficiente al momento de realizar algún mantenimiento preventivo. Además, Meza Requena menciona que es de vital importancia conocer los componentes y el funcionamiento de la máquina, con el fin de poder desarrollar un programa de mantenimiento adecuado. Así mismo, Meza Requena destaca el valor agregado que generan los trabajadores. Estos deben tener la capacidad de orientar en los temas de salud y seguridad en el trabajo para así preservar la calidad de vida del trabajador al momento de realizar sus labores de mantenimiento en la planta de asfalto (Meza Requena, 2019).

Para la presente investigación, este trabajo ayuda a identificar el funcionamiento general de la máquina de asfalto, a conocer los elementos que se tienen en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento de una máquina como esta y a comprender algunas de las fallas y problemas que se presentan en el proceso de mantenimiento.

5.2.1.7 “Un análisis de la seguridad y salud en el trabajo en el sistema de empresarial de cuba”

Socarrás y Cumbreira hacen énfasis en las dificultades presentes en los sistemas de seguridad y salud en el trabajo (SGSSTS) en Cuba, a nivel empresarial, a partir del diagnóstico de diferentes empresas ubicadas en el Municipio de Bayaco, provincia de Granma (Cuba). Los autores

tienen como objetivo estudiar el SGSST, que se constituye como un parámetro para determinar si la empresa es socialmente responsable. Este análisis lo realizan a partir de cuatro elementos: primero, un recuento de la importancia histórica que ha tenido la seguridad y salud en el trabajo para el desarrollo de las sociedades; segundo, un examen de algunas normativas específicas sobre la seguridad y salud presentes en el marco jurídico internacional; tercero, una revisión del marco jurídico laboral cubano, en donde los autores identifican que ante la autonomía brindada por el marco jurídico del país, en algunos casos no hay una coherencia con los lineamientos planteados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT); cuarto, el estudio de caso de las empresas de Bayamo (Socarrás & Cumbreira, 2016).

5.2.1.8 Metodología de control de plantas asfálticas

El texto presenta una serie de lineamientos generales en sobre la gestión del control en las plantas de asfalto. En ese sentido, los autores revisan tres aspectos: el control de laboratorio de planta, el control de la calidad de materia prima y el análisis de proceso de operación de la planta. La metodología presentada en el documento busca impactar a las personas encargadas del esquema operativo y supervisores de los procesos de la planta de asfalto, principalmente. Como lo que se presenta es una metodología de control de todos los procesos de la planta, los autores brindan una serie de recomendaciones que ayudan a mitigar los errores en las labores de la planta (Arce-Jiménez & Loría-Salazar, 2000).

Frente a los temas de seguridad y salud en la planta de asfalto, tema de interés para el presente trabajo de grado, se observan cinco recomendaciones generales: primero, identificar y reportar las situaciones o elementos que puedan afectar a los trabajadores; segundo, manipular de forma segura el combustible de la planta; tercero, revisar el adecuado uso de los equipos de

protección personal; cuarto, observar que las actividades de los patios no generen ningún riesgo para los trabajadores; quinto, tener debidamente identificado al personal ajeno a la empresa que ingresa al área de la planta (Arce-Jiménez & Loría-Salazar, 2000).

5.2.1.9 Montaje, operación y mantenimiento de plantas para mezcla asfáltica en caliente

Este texto, en términos generales, se concentra en dos elementos: por un lado, una parte operativa que aborda aspectos del montaje, de las operaciones y el mantenimiento de las plantas de asfalto; este el principal tema del documento. Por el otro lado, el segundo elemento presente en el texto, se enfoca en los impactos medioambientales que generan las plantas de asfalto. Rodríguez Chinchilla comenta que las plantas de asfalto, en general, son muy parecidas. Sus elementos básicos estructurales no cambian; aquello que las diferencia se encuentra en su forma de producción, su capacidad y su forma de transporte (movilidad). Por lo anterior, los aspectos de montaje, operación y mantenimiento se pueden abordar en términos generales y estos se pueden aplicar para casi todas las plantas de asfalto (Chinchilla, 2008, p. 21).

Frente a los aspectos de mantenimiento, resalta la importancia del proceso de mantenimiento. Desarrolla la propuesta de mantenimiento predictivo en las plantas de asfalto caliente y detalla las rutinas de mantenimiento como la lubricación, las reparaciones menores, el mantenimiento de los motores, la limpieza, la pintura, entre otros (Chinchilla, 2008). Estos elementos sirven, para el presente trabajo de grado, como una guía para la estandarización de los procesos de mantenimiento sugeridos en la propuesta de soluciones que se encuentra en la parte final.

6 Marco teórico

La labor de mantenimiento se encuentra definida de diversas maneras. Sin embargo, en su definición más básica se puede encontrar un consenso general en donde se entiende como la labor que permite mantener la funcionalidad de un objeto o aparato, como lo define Cristian Luna Castro (Castro, 2020, p. 91). No obstante, en el ejercicio de comprensión de lo que significa y es la labor de mantenimiento se va complejizando. En ese sentido, hay que agregar que este trabajo implica una directa relación e interacción entre el factor humano y la maquinaria. Por lo cual, hay una serie de elementos a considerar. Muestra de ello es la definición proporcionada, en el 2014, por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del gobierno de España, basada en la normativa UNE-EN 13306:2001 de la Unión Europea en la que se comprende el mantenimiento como “combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión, durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar la función requerida” (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2014, p. 9).

Lo comentado por el Instituto Nacional frente a la labor de mantenimiento incorpora nuevos elementos a la definición básica. En ese sentido, se observa la integración de concepciones como “acciones técnicas” y acciones “administrativas y de gestión” que muestran ya no al mantenimiento como una simple acción de reparación directa en el objeto, sino que también se piensa como el desarrollo integral a partir de la planificación (gestión). Así, el mantenimiento, se transforma en una actividad planeada, organizada y con un actuar técnico. Estos elementos son importantes puesto que se comienza a integrar los diferentes tipos de mantenimiento que surgen de todo lo anterior.

6.1 Tipos de mantenimiento

Como se venía desarrollando, la evolución del mantenimiento de los equipos trae como consecuencia la una serie de elementos nuevos que complementan la labor. De ahí surgen los tipos diferentes tipos de mantenimiento (Gómez et al., 2015). No obstante, hay otro factor a tener en cuenta dentro del surgimiento de los tipos de mantenimiento, la inmediatez de las fallas que se pueden presentar en la maquinaria. Es decir, si la falla es repentina y sorpresiva o si esta se puede anticipar. Por lo anterior, hay una división dentro de los tipos de mantenimiento conocidos como correctivo y preventivo (Gómez et al., 2015).

6.1.1 *Mantenimiento correctivo*

Este tipo de mantenimiento ocurre una vez se presenta la falla, por lo cual, por lo general tiende a ser costoso. Por su inmediatez, surgen una serie de factores que condicionan la labor como las pérdidas monetarias y de producción que conlleva parar la máquina sin una previa planificación, la presión ejercida al área de mantenimiento por las implicaciones que tiene parar la maquinaria, la búsqueda por realizar una intervención y reparación adecuada que permita volver a la producción en el menor tiempo posible. Estos elementos dependen de si el almacén tiene los implementos necesarios para la reparación y si el personal encargado de la misma tiene los conocimientos y capacidades para realizarla. Para Luis Felipe Sexto, este tipo de intervenciones no son las ideales porque aceleran la depreciación del objeto reparado y, sino se realiza la intervención de manera adecuada, pueden presentarse fallas de manera frecuente (Sexto, 2018).

6.1.2 *Mantenimiento preventivo*

Este mantenimiento está estrechamente ligado a la planificación, conocimiento de la maquinaria a partir de las recomendaciones del fabricante y de la experiencia propia de los

trabajadores que interactúan con ella. El mantenimiento preventivo, como su nombre lo indica, busca prevenir fallos y el bajo rendimiento de los equipos. En ese sentido, se establecen los procedimientos de intervención, asignación de recursos, materiales y tiempos de ejecución. Adicionalmente, este tipo de mantenimiento requiere un soporte informático donde se registran los datos de los equipos y sus criticidades, como así también los datos de las intervenciones y toda información adicional acerca de los mismos, que servirá como historial. De esta manera, se debe garantizar una revisión periódica y los parámetros para ello (Sexto, 2018).

6.1.3 *Mantenimiento predictivo*

Como su nombre lo indica, este tipo de mantenimiento busca predecir las posibles fallas que puedan presentar los equipos. Esta predicción es realizada a partir de mediciones, uso de instrumentos y ensayos en donde se establecen puntos críticos para cada prueba. De esta manera se tiene una idea de cuándo ocurrirá la falla y por lo tanto permite planificar la intervención (Sexto, 2018).

6.2 *Mantenimiento y Salud y Seguridad en el Trabajo*

Como se señalaba anteriormente, en las labores de mantenimiento se encuentra la relación factor humano – maquina. Como lo han desarrollado diferentes autores, esto implica que las labores de mantenimiento no solo busquen un adecuado funcionamiento de los equipos y la maquinaria, sino que también tiene implicaciones dentro del ámbito de la seguridad y salud en el trabajo (Castro, 2020, p. 91). Es decir, en el bienestar de los trabajadores. Esto conlleva a que se deban analizar los factores de riesgo y peligro en las labores de mantenimiento y de ahí surge la importancia de tener presentes estos dos conceptos.

Peligro: “Fuente, situación o acto con potencial de causar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones.” (*Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES*, s. f., p. 7)

Riesgo: “Combinación de la probabilidad de que ocurra una o más exposiciones o eventos peligrosos y la severidad del daño que puede ser causada por éstos.” (*Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES*, s. f., p. 8)

Como lo resalta Cristian Luna Castro, las actividades de mantenimiento intervienen directamente con la gestión de seguridad (Castro, 2020). Por supuesto, la interacción que hay entre el trabajador y el equipo conlleva una exposición a diferentes riesgos y peligros. En ese sentido, el buen funcionamiento y estado de la maquinaria reduce las probabilidades de estar expuesto a una condición potencial de riesgo. Pero no solamente la exposición se encuentra en la manipulación de la maquinaria y frente a sus estados. También tiene que ver con las labores propias de reparación. Así lo señala el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del gobierno de España, quien resalta los principales riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores en las labores de mantenimiento. Estos tienen que ver con el riesgo eléctrico, el uso de herramientas, los trabajos de altura y las reparaciones en espacios confinados (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2014).

6.3 Tarjetas EFU

Esta serie de tarjetas buscan ser un mecanismo para identificar diferentes problemas que pueden presentarse en la planta de asfalto. Así mismo, facilitan las labores de mantenimiento preventivo y ayudan a que, con los riesgos y problemas identificados, el encargado del área de mantenimiento se encuentre preparado para realizar la tarea de mantenimiento requerida. Estas

tres tarjetas tienen una serie de rasgos en común, una descripción o evaluación del problema, el nombre de la persona que la identifica, la fecha en la que se observa la falla y la zona o área en donde fue identificado. Las tarjetas F de seguridad y la Tarjeta F Operativo buscan medir el nivel de prioridad para la intervención del área de mantenimiento (Garcia et al., 2019).

7 Matriz de criticidad y de riesgos

Como lo desarrollan Carlos Parra Márquez y Adolfo Crespo Márquez, existen una serie de elementos que permiten evaluar posibles deterioros, riesgos o fallas de los sistemas de producción de una empresa. Estos elementos son herramientas que, de manera sistemática, contribuyen al análisis de los activos y a su clasificación a partir de la importancia y del nivel de “criticidad” que estos puedan llegar a presentar. En ese sentido, este tipo de herramientas, en las que se encuentran las matrices de criticidad, ayudan a subdividir las partes y los procesos que se desarrollan con los activos de tal manera que se facilite el análisis y observación de cada una de ellas. Esta división debe ayudar a identificar los riesgos y fallos que se pueden presentar en el activo.

Por todo o anteriormente expuesto, en este trabajo de grado, se plantea el uso de una matriz de criticidad que permita dividir la planta de asfalto en subpartes, identificar los posibles fallos que se pueden presentar en cada una de ellas y analizar las posibles consecuencias. Dicha matriz va a ser desarrollada en la propuesta de solución.

En el documento anexo permite analizar los sistemas mecánicos más propensos a fallas. En estos se deben ejecutar actividades de mantenimiento de manera rutinaria, por lo cual pueden tener una alta probabilidad de ocasionar algún tipo de riesgo o de accidente. Por lo anterior, por lo tanto, se generan mejoras para reducir esos índices de falla mejorando no solo la operatividad de la

planta industrial también así mejorando de forma directa la reducción de riesgos por accidentalidad.

8 Marco normativo y legal

8.1.1 Ley 1562 - 11 de julio 2012

El principal cambio que se evidencia en esta ley es la modificación del nombre que es sistema general de riesgos laborales, donde se indica que el término laborales es más adecuado e identifica más al trabajador. Esta ley se aprueba con el fin de ampliar y modernizar el sistema de riesgos laborales y acoge a todas las personas con diferentes tipos de contratos y afiliaciones (*Ley 1562 del 11 de julio de 2012 senado, 2012*).

En el decreto 1072 y resolución 0312, se reafirma que para la protección de los colaboradores se debe tener en cuenta la salud y también incorporar la seguridad mediante un sistema de gestión.

8.1.2 Resolución 0312 de 2019

Es la medida por la cual se define los estándares mínimos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo aplicado a todas las empresas y empleadores de personas, los estándares mínimos son un conglomerado de normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento de los empleadores y contratantes, por medio de las cuales se establecen, verifican y controlan las condiciones básicas que son indispensables para el desarrollo del funcionamiento, ejercicio y desarrollo del sistema de gestión SST(Resolución 0312 de 2019, 2019).

8.1.3 Decreto 1443 de 2014.

El decreto ratifica que el sistema de gestión SST debe ser implementado la participación de todos los trabajadores, en su buen uso, debe garantizar su cumplimiento y no indica que el empleador debe (*Decreto 1443 de 2014, 2014*):

- ✓ Divulgar el SGSST a los empleados.
- ✓ Evaluarlo por lo menos una vez al año.
- ✓ Suministrar a todos los nuevos empleados una inducción de las labores a realizar, la identificación y control de peligros y riesgos que puedan conllevar a un accidente en su ambiente laboral, como también, la prevención de los mismos.
- ✓ Brindar un programa de capacitación en SGSST.
- ✓ Suministrar los equipos y elementos de protección personal respectivo a los trabajadores y registrar su entrega

8.1.4 Decreto 472 de 2015.

Con la llega de este decreto se establecen las multas para quien incumplan las normas de seguridad y salud en el trabajo y también describe que el empleador debe reportar a la dirección territorial u oficinas especiales de accidentes graves y mortales o las enfermedades diagnosticadas como laborales, tienen un tiempo de dos días hábiles siguientes al evento. A continuación, se mencionan algunas de las indicaciones que dice el documento (*Decreto 472 de 2015, 2015*):

- ✓ Describe los criterios para deducir la gravedad de las infracciones, en el documento se indica claramente las situaciones que configuran una infracción grave y las multas y sanciones que deben aplicarse.

- ✓ El documento especifica el procedimiento a continuar para clausurar los lugares de trabajo u ordenar su cierre permanente, por medio de esta reglamentación se determinan las competencias de los inspectores de trabajo y seguridad social.
- ✓ La norma señala las condiciones, los requisitos y los procedimientos que deben cumplirse para aplicar las sanciones del caso.

8.1.5 Decreto 1072 de 2015

Con el decreto 1072 de 2015, el Ministerio de Trabajo estableció el Sistema de Gestión de Seguridad y Seguridad en el Trabajo (SG-SST) con el fin de velar por el bienestar de los trabajadores y mejorar sus condiciones en el ambiente de trabajo y en su calidad de vida. Además, con el decreto, se busca impactar directamente en las cifras de accidentabilidad y mortalidad del ámbito laboral. Así mismo, este tiene como objetivo ayudar y facilitar la implementación del SG-SST por parte de las empresas, teniendo en cuenta que el sistema debe estar enfocado en ejecutar las políticas y disposiciones del Ministerio frente a la seguridad y salud en el trabajo desde un proceso planificado, organizado y auditado que garantice identificar y controlar los posibles riesgos que sean evidenciados en los espacios laborales (*Decreto Número 1072 de 2015, 2015*).

9 Marco Metodológico

9.1 Recolección de la información

9.1.1 Tipo de investigación

En esta investigación se ha aplicado un enfoque mixto teniendo en cuenta que se obtienen datos cuantitativos como cualitativos. En el ámbito cuantitativo, se utiliza la observación y los datos históricos de las bitácoras de mantenimiento. Mientras que en el aspecto cualitativo se

realizan encuestas a los técnicos de mantenimiento y operarios de planta. Adicionalmente, se implementan las tarjetas EFU (herramienta usada en Total Productive Maintenance - TPM). De esta manera se puede proponer un diseño experimental de protocolo para trabajo seguro en los procesos de mantenimiento en la planta de ASFALTO BACT 250 ABL de la UAERMV. Lo anterior, con el fin de evaluar los riesgos a los cuales están sujetas las personas encargadas de realizar actividades de mantenimientos correctivos y preventivos. Así mismo, tener un recurso que blinde los intereses de la entidad y los líderes de las diferentes áreas, mostrando un proceso adecuado que corresponda a lo documentado en procedimientos para la realización de funciones y actividades bajo la visión de 0 accidentes.

9.1.2 Fuentes de obtención de la información

9.1.2.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias se pueden dividir en dos: primero, los elementos recolectados en la entidad y en el sitio de trabajo. Entre ellos se encuentran los datos históricos de los mantenimientos realizados a la planta de asfalto; las tarjetas de operación de la planta; y la información recolectada a partir de las encuestas y de la observación de las actividades ejecutadas por los trabajadores y operadores de la planta. Segundo, los manuales de la planta de asfalto que son entregados por el fabricante.

9.1.2.2 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias son diversas y entre ellas se encuentran, principalmente, trabajos de grado y manuales de otras empresas que se asocien de alguna manera a la investigación que se está desarrollando en el presente trabajo de grado.

9.1.3 Metodología de la investigación.

Para desarrollar el primer objetivo planteado en el presente trabajo de grado, “Identificar los procesos de intervención a los activos de una planta de asfalto con el fin de evidenciar las necesidades de prevención en seguridad para el proceso de mantenimiento”, se realizará un acompañamiento con el personal encargado de SST para evaluar los riesgos a los cuales se están expuestos el personal encargado de la elaboración de actividades preventivas y correctivas en la planta de asfalto Bach ABL 250.

En cuanto al segundo objetivo, “Evaluar los peligros y riesgos en seguridad para el personal a través del reconocimiento de los subsistemas de la planta de asfalto.”, una vez identificados los riesgos, realizar una matriz de criticidad y de riesgos. En esta matriz se evaluará el nivel de exposición y la complejidad de las actividades realizadas en la planta. A su vez, se realizará una “taxonomía” de la planta para cada subsistema. Esto con el fin de facilitar la identificación de las partes de la planta.

Para el tercer objetivo, “Establecer posibles acciones para la mitigación y reducción de riesgos en tareas de mantenimiento para el personal que labora en la planta de asfalto.”, se realizará la digitalización de las actividades en las cuales se han presentado incidencias, diligenciando formatos de lección aprendida y brindando capacitaciones para evitar accidentes al momento de enfrentar estas actividades de mantenimiento. A su vez, la implementación de documentación como tarjetas manejadas en el Total Productive Maintenance (TPM) –referentes a las anomalías, a la parte ambiental y a la seguridad–. Además, el manejo de los Análisis de Trabajo Seguro (ATS), el cual será diligenciado y sustentado a la persona encargada del área de SST, cada vez que se

realice una actividad de mantenimiento. Esto con el fin de que se socialicen los riesgos y se entreguen o soliciten los Elementos de Protección Personal adecuados.

9.1.4 Información recolectada

Se trabajará con los históricos de las actividades en la planta de ASFALTO BACT 250 ABL. Adicionalmente, se tendrá en cuenta la relación de los trabajos con el mayor índice de accidentalidad. Se utilizarán encuestas al personal mecánico y operadores. Finalmente, se desarrollará una inspección visual para detallar las condiciones inseguras y los actos inseguros presentados al momento de realizar un procedimiento mecánico.

10 Propuesta de solución

La propuesta de solución busca dar respuesta a todos y cada uno de los objetivos planteados en este trabajo. En ese sentido, se busca, primero, hacer una descripción detallada de los componentes y partes de la planta de asfalto. Esto tiene como fin, introducir a los equipos, mecanismos, piezas, etc, que la componen. Segundo, una vez realizada la descripción de la planta, se identifican los procesos de intervención más frecuentes en la planta. Es decir, actividades de reparación y mantenimiento que se hacen directamente en la máquina. Tercero, teniendo en cuenta lo anterior, se evalúan los riesgos y peligros a los cuales se pueden ver expuestos los trabajadores en estas intervenciones. Cuarto, mediante un cuadro, se exponen las posibles soluciones para la mitigación y reducción de los riesgos y peligros identificados a partir de cada una de las actividades más frecuentes mencionadas anteriormente.

10.1 Planta de producción de asfalto

La planta de asfalto (Figura 2) es un conjunto de piezas, equipos mecánicos y electrónicos que se utiliza para la producción de mezclas y otros tipos de productos asfálticos. En términos específicos, la planta de asfalto, permite la combinación de agregados –calentándose, secándose y mezclándose con asfalto– para producir una mezcla con todas las especificaciones requeridas para el uso final. En la industria se fabrican muchas plantas de asfalto con diferentes características. Algunas de ellas se pueden diferenciar por sus tamaños (grandes, pequeñas o simples), esto depende de su ubicación y producción (Partes & Mantenimiento, 2015).

Figura 2

Planta de asfalto. (Profile, 2014)



Figura 3

Planta de asfalto. (Profile, 2014)



La planta ABI es una planta discontinua con una capacidad nominal: 250 ton/hr. Al ser una planta discontinua se caracteriza por tener tolvas de alimentación en las cuales se carga el material y desde donde, posteriormente, es transportado al sistema de zaranda (en donde se selecciona el material de acuerdo a la granulometría que se requiere para la realización de la mezcla asfáltica). El material que ingresa a la tolva de alimentación es previamente secado por un tambor secador que es calentado con un quemador dual. Al ser una planta industrial debe contar con un sistema que filtre el material particulado para mitigar el impacto ambiental. Por ello cuenta con un sistema de filtro de mangas que contiene colectores de finos, un separador estático y de mangas en Nomex. En el sistema calorífico, se cuenta con una caldera 750.000 kcal/hr la cual se encarga de transmitir temperatura en la tubería de los tanques de almacenamiento de asfalto convencional y asfalto caucho.

- Unidad de fríos (Sistema de alimentación)

La unidad de fríos se compone de 4 tolvas de alimentación, donde cada una tiene su propia banda de dosificación. En el caso de las tolvas, en la cual se ingresa arena, tienen un vibrador que permite la fluidez del material en el sistema.

- Secador (Tambor secador)

Este sistema se compone de una transmisión con un piñón tipo catalina que rodea el cilindro, engranada en un motor reductor de 125 Hp. Cuenta con unas paletas de arrastre internas que permiten un pre mezclado del material. El cilindro rotativo tiene una pista la cual gira sobre unos elementos metálicos (trunnions).

- Quemador

El quemador es un elemento importante para el secado de los materiales ingresados en el tambor secador. Este puede trabajar con combustible industrial CC3 y ACPM, por lo cual se debe tener una rigurosa limpieza en las boquillas, especialmente con el combustible industrial ya que en ciertas ocasiones viene con demasiado sedimento.

- Elevador agregados

Sistema fundamental y crítico en la planta de asfalto. Es el encargado de elevar los materiales secos que son arrojados del tambor secador, y dirigirlos a la zaranda vibratoria. Este sistema cuenta con un reductor pendular, cadena TS856, paso 6", con aditamento k-2m, cada 2 pies. Cangilones y eje de cabeza y cola.

- Elevador finos

Este sistema es muy similar al elevador de agregados, pero con una dimensión más moderada debido a su función. El elevador se encarga de recoger los filler del filtro de mangas y entregarlos directamente en el mezclador para homogeneizar la mezcla.

- Zaranda

Este sistema tiene como función la selección del material por medio de una malla que permite su paso de acuerdo a la granulometría que se requiere. Esta es una pieza vibratoria de tres niveles, conformada por dos contrapesas y en su base tiene unos resortes que permiten la transmisión de la vibración.

- Tolva de agregados en caliente

La función de este sistema es retener el material caliente, ya seleccionado por el sistema de zaranda, y dosificar en una tolva de pesaje para que posteriormente se cargue en el mezclador.

- Sistema de inyección asfalto

Su función es inyectar de forma directa el asfalto en la mezcla. Para ello, este sistema cuenta con una flauta enchaquetada (doble encamisado), que calienta el asfalto por medio de líneas de aceite térmico. Esto permite que el asfalto sea más fácil dosificar debido a que está en un estado líquido.

- Sistema de pesaje agregados

Como su nombre lo indica su función es pesar el material que envía la tolva de agregados y enviarlo de forma directa al sistema de mezclado. Para ello, el sistema tiene dos celdas de carga tipo barra, Capacidad 2000 kg, Ref LEXUS SHB-MA.

- Mezclador

Esta sección tiene como función mezclar el material ingresado junto con el asfalto. Para realizar la mezcla el sistema consta de una transmisión con moto - reductor de 100 hp, dos piñones gemelos un conductor y un conductor dos ejes en los cuales se ubican brazos y paletas. El

mantenimiento que se realiza en este sistema debe ser constante debido a que se trabaja a fricción y con temperatura, lo cual produce un desgaste normal en las paletas.

- Separador estático

Es un ventilador axial cuya función es succionar el material particulado que se genera en el tambor secador y los envía al filtro de mangas. De esta manera, se disminuye la acumulación del material fino en la mezcla.

- Filtro de mangas

Como su nombre lo indica, es un filtro de gran dimensión el cual tiene un conjunto de mangas (sistema de filtrado), cuyo material es el nomex que maneja una densidad de 550 GR/M², 6"X1600MM. Su función es retener el material fino que es succionado por el exhaustor y no logra reposar en el elevador de finos, este material se adhiere a las mangas y no sale al ambiente.

- Compresor

El compresor industrial ATLAS COPCO GA37 suministra el aire que se utiliza para todos los sistemas neumáticos de la planta como los cilindros de apertura de compuertas.

- Caldera

La caldera cumple una función elemental en la planta debido a que es la que se encarga de calentar la tubería de aceite térmico y los tanques de almacenamiento de asfalto, haciéndose un elemento elemental para el funcionamiento de la planta.

10.1.1.1 Taxonomía del activo

Para desarrollar la taxonomía del activo se tuvo en cuenta un nivel organizacional general el cual se detalla de la siguiente manera:

Tabla 3
Niveles de organización

Nivel 1	Denominación
PRO	Producción
LAB	Laboratorio
COR	Coordinadores

Organismo	Nivel 2	Denominación
PRO	OPE	Operación
	LOG	Logística
LAB	TDM	Toma de muestras
	ENS	Ensayos y pruebas
	ACP	Acompañamiento en producción
COR	MTTO	Coordinador de mantenimiento
	PAR	Coordinador de producción
	MQA	Coordinador de maquinaria

Organismo	Nivel 2	Nivel 3	Denominación
PRO	OPE	PLAC	Planta de asfalto en caliente
		PLAF	Planta de asfalto en frío
		PCA	Planta de concreto
		PLAT	Planta trituradora de asfalto
	LOG	TRAS	Transporte
		RMA	Recepción de material
		CMP	Compras intervención

		FTO	Frentes de obra
LAB	TDM	PTL	Personal técnico laboratorista
		RGL	Registro por producción
	ENS	ABN	Prueba de abrasión
		RES	Prueba de resistencia
		CPM	Prueba de compactación
		TES	Pruebas de tensión
	ACP	RTM	Recolección de toma de muestras
		NGA	Novedades granulometría asfalto
COR	MTTO	TME	Técnico mecánico soldador
		TMS	Auxiliar mecánico soldador
		IGM	Ingeniero mecánico
		AMS	Técnico mecánico eléctrico
	PAR	IGC	Ingeniero civil
		OPP	Operario de producción
		AXP	Auxiliar de producción
	MQA	VEH	Vehículos
		MA	Maquinaria amarilla
		VPES	Vehículos pesados

Nivel 6	Descripción
Unidad de fríos	Tolva no 1
	Tolva no 2
	Tolva no 3
Secador	Tambor secador
	Paletas de secado
	Paletas de mezclado
	Paletas retenedoras
	Paletas lado quemador
	Escudo
	Colector
	Indicador de temperatura agregados
Quemador	Termocupla de agregados
	Válvulas principales
	Ventilador turbo
	Fotocelda

	Electrodo de ignición
	Cañón (boquilla)
	Transformador de ignición
	Programador de llama
	Bomba de combustible
Elevador de agregados	Sistema motriz
	Cadena
	Cangilones
	Tornillería (sujeción cangilones)
	Chumaceras-rodamientos tren superior
	Eje superior y piñón de cadena
	Chumaceras- rodamientos tren inferior
	Eje inferior y piñón de cadena
	Chumaceras intermedias
Elevador fino	Sistema motriz
	Cadena
	Cangilones
	Tornillería (sujeción cangilones)
	Chumaceras-rodamientos tren superior
	Eje superior y piñón de cadena
	Chumaceras- rodamientos tren inferior
	Eje inferior y piñón de cadena
	Chumaceras intermedias
Zaranda	Sistema motriz
	Chumaceras tren motriz
	Malla nivel superior
	Malla nivel intermedio
	Malla nivel inferior
	Canales anclaje mallas
	Tornillería de sujeción mallas
Tolva de agregados en caliente	Tolva en caliente 1
	Tolva en caliente 2
	Tolva en caliente 3
	Tolva en caliente 4
Sistema de inyección asfalto	Válvula tres vías
	Sistema de sujeción de celda de carga
	Compuerta de descarga
	Celda de carga

	Indicador de peso (lexus)
Sistema de pesaje agregados	Indicador de peso (lexus)
	Compuerta de carga agregados
	Compuerta de descarga agregados
	Celda de carga agregados
Mezclador	Paletas de mezclado
	Compuerta de carga agregados
	Compuerta de descarga mezcla
	Motor
	Reductor
	Piñones de transmisión de reductor
	Arrancador
Filtro de mangas - separador estático	Tornillo bajo filtro 1
	Tornillo bajo filtro 2
	Tornillo bajo ciclón
	Tornillo transversal
	Tornillo inclinado
	Tornillo entrega piscina finos
Filtro de mangas	Pasamuros
	Válvula de diafragma
	Tarjeta secuenciadora
	Indicador de presión
	Indicador de temperatura gases
Compresor	Aceite
	Motor
	Unidad compresora
	Unidad de control
Caldera	Quemador
	Motor ventilador
	Boquilla
	Electrodo
	Programador de llama
	Fotocelda
	Bomba de aceite térmico
	Bomba de acpm
	Acople bomba aceite térmico
	Motor bomba aceite térmico
	Manómetro combustible

10.1.1.2 Tasa de accidentalidad

Haciendo un análisis de la información detallada del punto desde la caracterización de la planta (10.1) se generó un consolidado donde refleja un indicador y una gráfica de los porcentajes visibles de los incidentes presentados en la planta de asfalto durante el año 2019 al 2021.

Tabla 1

Accidentes de planta

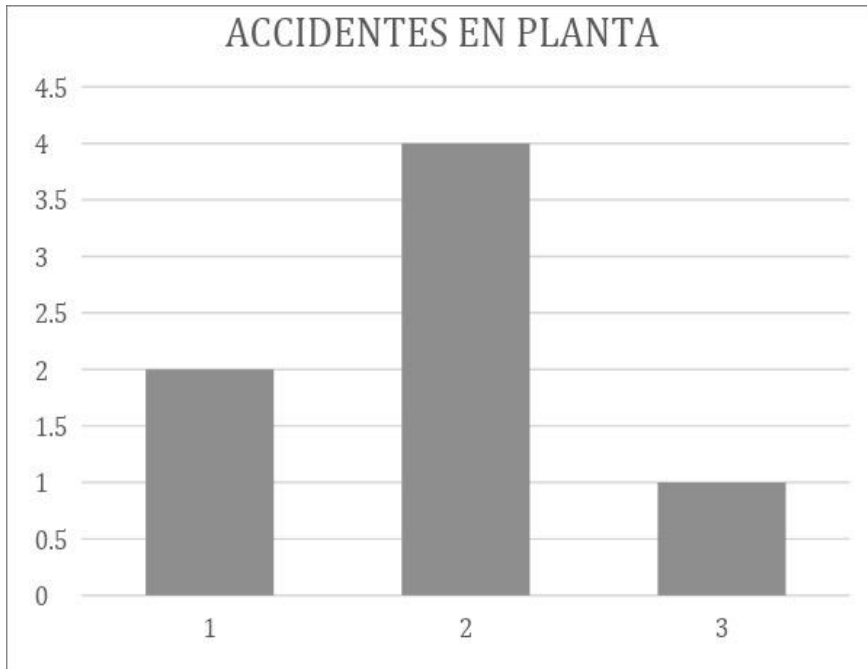
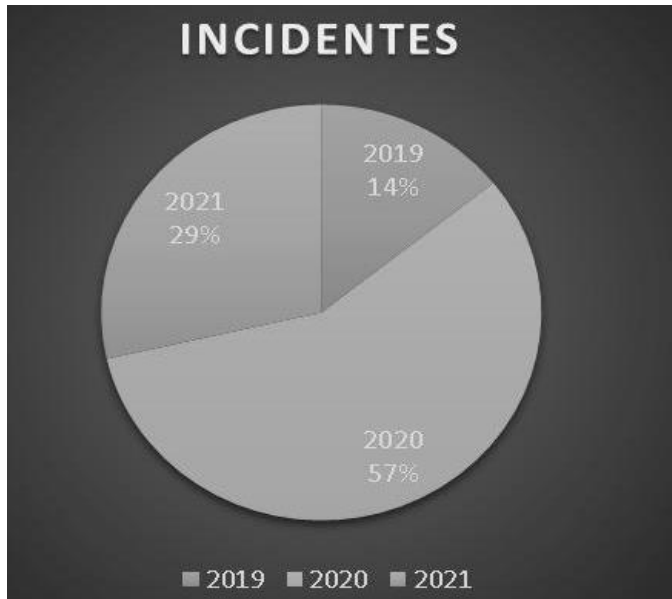


Tabla 2

Incidentes de planta



10.1.1.3 Tareas frecuentes de mantenimiento

Para dar respuesta al primer objetivo específico (identificar los procesos de intervención de las actividades de una planta de asfalto con el fin de evidenciar las necesidades de prevención en seguridad para los procesos de mantenimiento), se anexan una serie de evidencias fotográficas de algunos de los trabajos realizados en la planta de asfalto. En ellas se pueden observar las dimensiones de las actividades, una explicación gráfica de la preparación de la labor efectuada y se muestran unos criterios mínimos de seguridad para su correcta ejecución.

Así mismo, se anexa la matriz de criticidad (Anexo 1) de la planta de asfalto que permite analizar los sistemas mecánicos más propensos a fallas. En estos mecanismos se deben ejecutar actividades de mantenimiento de manera rutinaria, por lo cual pueden tener una alta probabilidad de ocasionar algún tipo de riesgo o de accidente. Por lo anterior, con esta matriz, se expone información que ayude a que se generen mejoras para reducir esos índices de falla y, así, mejorar no solo la operatividad de la planta industrial sino también impactar de forma directa la reducción

de riesgos por accidentalidad. Por lo anterior, la matriz divide la planta de asfalto en cuatro partes (Elevador de agregados, secador, mezclador y zaranda), para cada una de ellas se explica su función y, a su vez, se anotan las posibles fallas que se pueden presentar. Finalmente, se clasifican las fallas por el nivel de probabilidad de que ocurra e impacto que tendría.

10.1.1.3.1 Cambio de retenedor en caja reductora del tambor secador.

Figura 4

Proceso de cambio de retenedor en caja reductora del tambor secador



Nota: todas las fotografías de este apartado fueron realizadas por los autores del presente trabajo. Por lo anterior, las imágenes no son atribuidas a ningún otro autor.

Para realizar el reemplazo del retenedor se procedió a desacoplar la caja reductora con ayuda de una diferencial de 5 Ton, por lo cual con anterioridad se drenaron los fluidos internos del elemento, con el fin de no generar derrames de aceites y contaminar el área. Se desenergiza la plata para evitar incidentes que podrían afectar de forma directa al técnico que desarrolló el mantenimiento. Se requieren máximo 3 técnicos.

- Riesgo mecánico: Medio.

- Riesgos Físicos: Medio.

10.1.1.3.2 Cambio de cardan en tambor secador (sistema de transmisión).

Figura 5

Proceso de cambio de cardan en tambor secador



En esta actividad se requirieron de 3 técnicos. Se procedió a retirar el sistema de sujeción del cardan y se removieron los dados internos. Al ser un elemento de peso considerable, se requirió dejar suspendido con cadenas. Lo anterior, con el fin de que se facilitar la maniobra del elemento para luego proceder a acoplar el sistema.

- Riesgo mecánico: Medio
- Riesgos Físicos: Medio

10.1.1.3.3 Cambio de bomba de combustible

Figura 6

Proceso de cambio de bomba de combustible



Para el desarrollo de esta actividad se requirió sellar de forma completa el flujo de combustible por la tubería de alimentación. Se debe de tener un kit de derrames debido a que al desacoplar tubería se tendrá un flujo de combustible de la tubería cargada. Se procedió a requisar la bomba y realizar la reconexión. Al realizar esta actividad no se deben tener elementos que provoquen ignición (chispa). Se requieren de 2 técnicos para el desarrollo de esta actividad.

- Riesgos Físicos: Bajo
- Riesgos químicos: Alto.

10.1.1.3.4 Revisión interna de tambor secador y cambios de flyes de arrastre.

Figura 7

Revisión interna de tambor secador y cambios de flyes de arrastre



Para llevar a cabo esta tarea se debía tener desenergizada la planta para la realización de cualquier actividad en este sistema. En caso de revisión el técnico ingresa dentro del tambor a realizar una inspección visual y revisa la sujeción de los flyes, (esto se realiza antes de tener operativa la planta ya que este sistema alcanza temperatura que supera los 400 °C).

El cambio de flyes se debe hacer con mínimo 2 técnicos debido a que el trabajo es en espacio confinado y por el manejo de soldadura, al estar sellado, se produce acumulación de gases. El técnico debe introducir la lámina flye en los soportes y atornillarlos a tope, luego proceder a apuntar las tuercas para asegurarlas.

- Riesgos químicos: Alto.
- Riesgos Físicos: Medio.

10.1.1.3.5 Sistema de tubería de asfalto y aceite térmico. (Sistema calorífico)

Figura 8

Proceso de mantenimiento del sistema de tubería de asfalto y aceite térmico



Para el desarrollo de actividades en tubería se debe tener en cuenta el nivel de temperatura en el sistema (tubería de aceite térmico supera 200°C). Cuando se determina el área a trabajar se suspende paso de fluido y se procede a requisar sección o mangueras blindadas. Cabe recomendar que, si se realizan actividades de soldadura, se debe apagar la bomba de térmico y cuidar de no

dañar las mangueras blindadas ya que, si no se toma esta precaución, el aceite tendría temperatura y presión ejercida por la bomba. En caso que se produzca una chispa puede haber ignición lo cual es peligroso para los trabajadores. Ya se presentó un incidente debido a una situación similar (el incidente se puede observar en la tabla 1).

- Riesgos químicos: Alto.
- Riesgos Físicos: Medio.

10.1.1.3.6 Cambio de correas bomba de asfalto.

Figura 9
Cambio de correas bomba de asfalto



Para la ejecución de esta actividad se debe apagar, de manera general, la planta. Se retiran el guarda poleas y se procede a soltar el motor de la bomba. Se remueven las correas y se reemplazan con la ref de correas nuevas se alinean poleas y se realiza tensión y pruebas de funcionamiento, se finaliza la actividad instalando el guarda poleas. Se requieren de 2 técnicos para esta labor

- Riesgos químicos: Alto.
- Riesgos Físicos: Medio

10.1.1.3.7 Cambio de rodamientos y piñones gemelos.

Figura 10

Cambio de rodamientos y piñones gemelos



Esta actividad se inicia realizando el apagado de la planta. Para ello, se requiere la ayuda de un diferencial para poder retirar y suspender los dos piñones gemelos. Posteriormente, usando un porta power, se separan los acoples y se procede a realizar los cambios de rodamiento o piñones. Finalmente, se realiza el montaje del sistema de transmisión y se realizan pruebas de funcionamiento.

- Riesgos Físicos: Alto

10.1.1.4 Tabla de accidentabilidad

Teniendo en cuenta el segundo objetivo específico (Evaluar los peligros y riesgos en seguridad para el personal a través del reconocimiento de los subsistemas de la planta de asfalto) y a partir de la evaluación de algunos accidentes ocurridos en la planta, se realizó una tabla con la parte o sistema de la máquina implicada, la consecuencia de lo acaecido y la descripción del evento. Hay que tener en cuenta, que en la descripción de las actividades más frecuentes (10.1.1.3), se hace una mención de los nivel y tipo de riesgo que es atribuido a cada labor.

Fecha	Sistema o parte	Accidente	Análisis de actividad
-------	-----------------	-----------	-----------------------

13/03/19	Bomba de asfalto	Quemadura con soplete de gas propano	La actividad consiste en dar temperatura al sistema de succión de asfalto con ayuda de un soplete de gas propano. Para ello se debe de posicionar el equipo en la carcasa de la bomba y mantener de 30 min a 40 min, con la finalidad que el material asfáltico ingresado quede más líquido y no provoque sobrecarga en la bomba.
15/05/20	Elevador de agregados	Amputación de falange distal del dedo índice derecho.	Se realizaba un cambio de correas ocurrido tras un mantenimiento correctivo emergente. El sistema se encuentra atascado por el material acumulado en los cangilones. Se debe desenergizar el sistema bajando el totalizador o, en su defecto, el breaker de alimentación del sistema. En este caso no se ejecutó el proceso de desenergizado por el afán de la producción. Siendo así, al proceder a la instalación de las tres correas de transmisión, se realiza movimiento con las manos sobre las poleas para que la correa abrace la parte inferior de la polea reposando en el canal. Al no tener desenergizado no hubo un bloqueo mecánico y el peso de la cadena, cargada de material, junto con la fuerza de la gravedad realizó un movimiento involuntario en el sistema de transmisión, donde las manos del operario quedaron atrapadas entre las correas y la polea conducida, ocasionando una lesión de gravedad.
6/05/20	Escaleras de acceso a zaranda	Fractura de brazo caída escalera	El mecánico se encontraba descendiendo luego de terminar una actividad en el sistema de zaranda. En este proceso se resbaló al encontrar un agente externo en la parte superior de las escaleras (grasa, aceite, agua o combustible). Así, el mecánico se golpeó en el antebrazo derecho y sufrió una fractura.
23/06/20	Sistema mezclador	Factura de dos dedos	El incidente se presentó durante la ejecución de un mantenimiento correctivo programado, donde un mecánico y un ayudante se encargaron del montaje en el sistema compuesto por un sistema de transmisión de seis correas. Durante el montaje, el mecánico se encargó de posicionar la correa en la polea conductora y el ayudante giraba la polea conducida en un rango de 220° hasta que quedará posicionada.

8/12/20	Sistema mezclador	Fractura de mandíbula	Se realizaba un mantenimiento correctivo programado para realizar el cambio de bateas curvas en el mezclador. Para este ejercicio el sistema debe estar completamente desenergizado desde el totalizador y el compresor apagado. Así mismo, se deben soltar las mangueras de alimentación de los cilindros neumáticos. Durante la ejecución de la actividad, el mecánico debe acceder por la parte inferior del sistema, romper los tornillos de sujeción extraer la batea y posicionar la batea nueva sujetar y soltar el tornillo, repitiendo este procedimiento con las 6 (bateas).
18/03/21	Sistema mezclador	Quemadura en rostro y cuerpo	En la actividad de limpieza de mezclador se utiliza combustible con el fin de calentar el material asfáltico adherido en las paredes del sistema del mezclador. Para ello, se distribuye el líquido y se enciende con fuego para que, durante la limpieza, sea más fácil desprender el material retenido.
15/06/21	Sistema calorífico	Quemadura en rostro y cuerpo	Se adelantaba un trabajo de soldadura, muy cerca de las líneas de aceite térmico usadas para calentar los tanques de asfalto. El soldador que adelantaba la actividad no tomó precauciones al momento de realizar la ejecución, lo cual generó que el arco del electrodo afectará directamente una manguera acorazada. Esto generó una perforación que ocasionó que el fluido de la manguera, que tenía una alta temperatura, saliera disparado y se encontró con las condiciones para la ignición (temperatura presión y chispa). Esta situación produjo que se iniciará fuego en el área y afectará de manera directa al soldador, que tuvo quemaduras graves en rostro y extremidades inferiores.

A partir de las visitas realizadas a la planta de asfalto y a los comentarios recibidos por parte de los trabajadores, fue recopilada gran parte de la información presente en el trabajo de grado. Así mismo, las actividades realizadas y los comentarios sobre los incidentes y accidentes sucedidos sirvieron como herramientas de recopilación de información.

10.1.2 Sistemas críticos en la planta de asfalto en caliente

Con la caracterización de la planta (que se encuentra desde el punto 10.1), desde donde se evidencian algunas de las actividades más frecuentes realizadas en la gran mayoría de las plantas de asfalto, y con base en la información recolectada de la planta de asfalto ABL ubicada en Bogotá, se pueden tomar algunos sistemas críticos desde donde se detalla cómo se inicia una ejecución de mantenimiento. Con ello, se abarca el tercer objetivo específico (establecer posibles acciones para la mitigación y reducción de riesgos en tareas de mantenimiento para el personal que labora en la planta de asfalto). Este objetivo contribuye a facilitar al área SST una evaluación objetiva para el inicio de un protocolo de mantenimiento seguro en plantas industrializadas de producción de asfalto o equipos que posean sistemas similares características. Así mismo, se dan una serie de sugerencias (recomendaciones) que integran el marco general de la propuesta de solución en donde se tiene en cuenta, además, los EPP y los recursos comprometidos en cada actividad.

10.1.2.1 Bandas transportadoras.

Tolvas de agregados.

En el caso de la planta ABL de Bogotá se tiene un total de cuatro tolvas de agregados. En dos de ellas se alimenta arena y en las otras dos la grava. Además, este sistema cuenta con una banda independiente que dosifica el material y en las cuales se pueden realizar diferentes actividades de mantenimiento. Estas actividades se detallarán de manera general debido a que en las cuatro bandas se realizaría el proceso de la misma manera.

- Tensión y alineación de banda.

En el caso de las bandas de las tolvas, se tienen un tensor de tornillo ubicado en los laterales del rodillo de cabeza. Para esta actividad se debe realizar con la banda encendida, por lo cual se recomienda tener el personal capacitado para realizar esta actividad, el uso de elementos de protección personal y que se realice con al menos dos personas para evitar el movimiento en ambos lados ya que el espacio es reducido y puede ocasionar que el mecánico que realice la actividad se caiga de la plataforma.

- Cambio de banda

En esta actividad se debe realizar un desenergizado del sistema. Para ello se recomienda que se utilice un dispositivo denominado candado para bloqueo eléctrico. Esto se debe a que el mecánico que esté ejecutando la actividad está cortando la banda usada. Si se energiza la banda podría causar atrapamiento en extremidades, esto aplica en el montaje y desmontaje de la banda.

- Banda recolectora

El proceso con la banda recolectora es mucho más sencillo de efectuar mantenimiento debido a que está a nivel del suelo. Esto agiliza la movilidad del técnico y disminuye errores humanos. Las actividades que se efectúan varían en el hecho que esta tiene una transmisión de cadena en la cual se verifica la tensión y la lubricación. Para ello se recomienda que el equipo esté desenergizado y utilizar el candado para bloqueo eléctrico. Así mismo, guantes de nitrilo para aplicar la grasa en la cadena. Lo anterior aplica para cambio de la cadena, reductor o motor, con la diferencia que en los elementos pesados se debe utilizar un diferencial para facilitar el levantamiento y desensamble del sistema.

- Banda lanzadora a tambor secador

Se desarrollan las mismas actividades enunciadas en las bandas anteriores en cuanto al cambio y tensión. No obstante, como esta tiene una altura que supera 1.80 metros, se recomienda el uso del arnés con un punto de anclaje adecuado.

Sistema de secado.

- Cambio de paletas de arrastre

Para realizar esta actividad se recomienda la ejecución con mínimo dos personas debido a que es un espacio confinado. Al realizar el cambio se debe contar con un equipo de oxicorte. Al ser un espacio confinado se tendrá una acumulación de gases, por lo tanto, se debe utilizar una máscara para la protección respiratoria, gafas de protección y guantes tipo soldador. Así mismo, los elementos de protección básicos, como el casco.

- Cambio de conjunto de colector del tambor secador

El conjunto del colector del quemador del tambor secador se divide en cuatro secciones de las cuales dos de ellas se pueden trabajar externamente. Las demás están internas en el cilindro giratorio, por lo tanto, sería un trabajo en espacio confinado. Siendo así, caracterizamos por secciones para dejar a detalle las actividades.

- Escudo y cañón del quemador

Para realizar la limpieza y cambio se recomienda que el mecánico utilice el arnés de seguridad y los elementos de protección personal básicos. Para la limpieza del escudo el mecánico

se debe acceder en las bielas de apertura y cierre y con ayuda de un atornillador retirar la acumulación de material en la cavidad de repartición del aire. En cuando al cambio de este sistema, se recomienda el uso de un diferencial, aunque en la gran mayoría de casos se usa maquinaria amarilla. Frente al uso de la maquinaria amarilla se recomienda la retroexcavadora ya que esta permite un fácil acceso y maniobrabilidad del elemento. En el momento del anclaje se debe tener es espacio libre de personal para facilitar la maniobra del elemento.

- Colector quemador tambor secador

En caso de realizar la reparación de este elemento por una fisura o poro, el mecánico debe usar un equipo de soldadura. Para ello se recomienda que porte guantes tipo soldador y su correspondiente careta para soldar (se sugiere el uso de una careta auto-oscorecente para facilitar al mecánico la movilidad en el área, evitando el uso de movimientos involuntarios al estar subiendo y bajando una careta convencional). En caso del cambio de la pieza, se realiza el anclaje en la diferencial o maquinaria amarilla y se despeja el área mientras se realiza la maniobra.

Figura 11

Cambio de mampara, anillo y cono del quemador.



Durante la ejecución de esta actividad se recomienda tener un equipo de 3 personas debido a que es un trabajo en espacio confinado y para la manipulación de las piezas que tienen un peso considerable. Para el desmontaje del cono se debe tener ayuda del oxicorte; se rompen los tornillos de sujeción y la pieza se puede retirar. En el caso de la mampara y el anillo, el desmonte es un proceso más complejo debido a que estos elementos se soldan directamente en el colector. Por lo tanto, se utiliza la soldadura de corte tipo chaflanarlo ya que el material a cortar es acero inoxidable. Para ello, el mecánico debe de portar su careta para gas, máscara para soldar y guantes tipo soldador. En cuanto a las 2 personas que acompañan la ejecución, uno hace la labor de ayudante del mecánico y el otro está pendiente en caso de que se presente algún inconveniente. Una vez cortadas las piezas, con ayuda de una pulidora, se quitan los residuos de material y se prepara para el montaje de las piezas nuevas. Aquí dos personas presentarán los elementos mientras el mecánico apunta con soldadura en la posición final del montaje.

- Cambio de trunnions.

En esta actividad se recomienda un grupo de 2 personas. Se debe tener en equipo desenergizado y con el candado para bloqueo eléctrico. Se debe proceder a bloquear el cilindro rotatorio con un gato hidráulico de 8 toneladas. Se desajustan los tornillos de sujeción de las chumaceras y con ayuda de una diferencial se realiza el desmontaje y montaje de la pieza. Se debe utilizar los elementos básicos de seguridad personal.

- Revisión sistema de transmisión

En la planta de asfalto ABL ubicada en Bogotá se cuenta con un sistema de transmisión de trunnions de arrastre por cardan, en otras referencias se cuenta con un piñón tipo catalina engranado a un motor reductor. Siendo así, se especificará desde ambos puntos como se debe efectuar la actividad. Se recomienda tener un equipo de 2 personas. Para este proceso, se debe tener en equipo desenergizado y se sugiere el uso del candado para bloqueo eléctrico. En el cambio del cardan, se desajusta el dado y se retira el cardan en caso de ser necesario. Si se lubrica el sistema, se recomienda hacer uso de guantes de nitrilo. En el caso de transmisión por cadena, se quita el pin de seguridad y se aparta la cadena. En el piñón conductor, se retira quitando los prisioneros de ajuste y con ayuda de un extractor de poleas se remueve.

Sistema de elevador de agregados.

Se recomienda un equipo de 2 personas para la elaboración de las siguientes actividades. Así mismo, se debe contar con el arnés de seguridad ya que es un trabajo de alturas.

- Revisión interna del elevador.

En la revisión, el mecánico accede a la parte superior del elevador donde se posiciona en un sitio seguro, lejos de los elementos en desplazamiento, y con el sistema en movimiento se hace una inspección visual del estado en el cual se encuentra la cadena y los cangilones.

En cuanto al cambio de la cadena, se debe hacer desenergizar totalmente el sistema. Se sugiere tener el candado para bloqueo eléctrico. El mecánico se posiciona en la parte superior e inicia a corta, con un equipo de oxicorte, los tornillos de sujeción los cangilones, retirándolos en su totalidad. Una vez finaliza este proceso, se debe retirar el pin de seguridad de la cadena y se ancla un extremo de la cadena al diferencial manual, dejándola caer de a poco al momento del montaje de la cadena nueva. Se pina un extremo de la cadena nueva a la vieja, con ayuda del

sistema de transmisión, y bajándole la velocidad desde el variador se realiza el montaje hasta que se rodee todo el sistema. De esta manera, quitando el pin y quitando la cadena antigua, se asegura la cadena y se procede a realizar el montaje de los cangilones nuevos, donde cada uno cuenta con 4 tornillos de sujeción.

10.1.2.2 Sistema neumático

Para estas actividades se recomienda tener un sistema de bloqueo para las válvulas de alimentación de aire, denominado candado para válvula de bola.

- Mantenimiento preventivo compresor.

Para llevar a cabo este mantenimiento, se debe contar con guantes de nitrilo para manipulación de aceite. Lo primero que se debe realizar es el desenergizado del sistema. De igual manera, se sugiere tener el candado para bloqueo eléctrico. Se procede a retirar el aceite y los elementos de filtración. A continuación, se realiza una limpieza general del equipo. Se instalan los filtros nuevos y se hace el cambio de aceite. En este proceso se recomienda tener los elementos de protección personal básicos.

- Revisión o cambio de mangueras de alimentación.

El mecánico identifica visualmente la averías y fugas en el sistema. Posteriormente, realiza el cierre de la válvula de alimentación. Se sugiere el uso del candado de la válvula para evitar la apertura de esta durante la ejecución de la actividad. Finalmente, se desconecta la manguera de los racores neumáticos y se instala la manguera nueva.

- Cambio de cilindros neumáticos.

Se bloquea el sistema de alimentación debido a que los cilindros de la planta se encuentran a más de 1.80 metros de altura. Para esta tarea, es necesario el uso de arnés. En primera instancia, se debe retirar el tornillo pasante de la base que sostiene el cilindro, se quita el pin del pivote y se separa el cilindro. Para el montaje se utiliza el mismo procedimiento.

- Revisión o cambio de electroválvulas.

Una vez observada la falla, se procede a desenergizar la planta. De nuevo, se sugiere usar el candado para bloqueo eléctrico en el totalizador. Para estas actividades el eléctrico suele estar expuesto a riesgo de alturas, por lo tanto, se sugiere el uso de arnés. Se debe cambiar la electroválvula o en su defecto la bobina, se despeja el área y se realiza prueba de funcionamiento.

10.1.2.3 Sistema mezclador.

Para la elaboración de estas actividades se sugiere un equipo de mínimo 2 personas con elementos de protección personal básicos.

- Cambio de piñones gemelos.

Para este cambio de piñones se procede a desenergizar la planta. Se sugiere tener el candado para bloqueo eléctrico en el totalizador. Primero, el mecánico debe retirar el sistema de transmisión en este caso las correas. Después, se desajustan los tornillos de la base del motor y el reductor. Una vez realizado este proceso, con ayuda de una diferencial, se mueve el motor y la caja reductora

para dar espacio en la salida de los piñones. Posteriormente, se utiliza un extractor hidráulico para quitar las poleas y los piñones gemelos, que se deben sostener con una diferencial debido a que tienen un peso considerable. Así mismo, se realiza el montaje con ayuda de un mazo. Para realizar el montaje de los piñones en el eje y las poleas, se maniobra con ayuda de la diferencial el motor y la caja reductora posicionándose en la base. Se ajusta con los tornillos, se montan las correas de transmisión, se despeja el área y se energiza para verificar que trabaje de manera correcta.

- Revisión Sistema de transmisión.

Es esta actividad se debe tener el equipo desenergizado, en el caso de tensión de correa se procede a desajustar la base del motor y con ayuda de los tornillos tipo tensor se ajusta hasta dar la tensión requerida en el sistema.

En caso del cambio de correas, se debe desajustar la base y quitar la tensión que se tiene en las correas. Posteriormente, se debe realizar el montaje de las correas nuevas, dándole tensión con los tornillos de ajuste.

- Cambio de blindajes en mezclador.

Para estas actividades se debe tener desenergizado el sistema, se propone tener el candado para bloqueo eléctrico. Como esta tarea es en espacio confinado, hay acumulación de gases, por eso es elemental el uso de careta de protección respiratoria.

- Cambio de camisas

Esta actividad es muy frecuente y delicada a momento de realizar una labor de mantenimiento. Se debe bloquear la compuerta con un dispositivo tipo tensor o una diferencial. Para ello, el mecánico se debe posicionar de manera firme bajo el sistema, donde se puede utilizar un andamio o un cargador frontal (maquinaria amarilla) para trabajar de manera cómoda y haciendo uso de arnés. Una vez ubicado, inicia el desmontando de las bateas antiguas haciendo un corte con un equipo de oxicorte en los tornillos de sujeción. Por lo tanto, se debe contar con gafas de protección, guantes tipo soldador y careta de protección. Para el montaje de bateas, se deben las posicionar en su lugar y proceder a pasar los tornillos, realizando el ajuste correspondiente.

- Cambio de brazos

En este procedimiento se utiliza la soldadura de corte tipo chaflanarco. Para ello la careta de soldar y de protección respiratoria es fundamental. Así mismo, los guantes tipo soldador. El mecánico se puede ubicar desde la parte superior del mezclador realizando un corte en el brazo, justo en la superficie donde roza con el eje. Una vez cortado, con ayuda de un puntero y una maceta, se golpea el brazo hasta removerlo. Por el otro extremo, con ayuda de una pulidora, se limpia el área para no dejar residuos que impiden el paso al brazo nuevo. Finalmente, se coloca el brazo y con ayuda de un mazo, se posiciona según la medida correspondiente (solo se apunta para que no se mueva y se colocan las camisas) y se suelda al eje.

- Cambio de paletas.

En este procedimiento se utiliza la soldadura de corte tipo chaflanarco para ello la careta de soldar y de protección respiratoria es fundamental así mismo los guantes tipo soldador, el

mecánico inicia cortando las paletas deterioradas por el centro sin afectar el eje hexagonal donde se posicionan, una vez cortadas con ayuda de un puntero se retiran. Al realizar el cambio se deben ubicar en la posición correcta y se realiza un cordón de soldadura entre la paleta y la camisa.

- Cambio de blindaje en compuerta.

En este proceso, la compuerta debe bloquearse con una diferencial. Una vez está bloqueada, se desajustan las chumaceras, se procede a bajar la compuerta muy sutilmente hasta alcanzar el suelo. Con ayuda de un oxicorte se deben cortar los tornillos y retirar el blindaje deteriorado. Luego se presenta el blindaje nuevo y se ajusta a la compuerta. Una vez realizado, se ancla al diferencial y se sube hasta alcanzar el mezclador. Se posicionan las chumaceras en sus bases y se ajustan.

- Filtro de mangas.

Para todas las actividades en el filtro se recomienda el uso de careta para material particulado y gafas selladas para evitar irritación en los ojos

- Revisión de estructura

En esta revisión se sugiere un equipo de 2 personas donde uno está en el interior del filtro y el otro está pendiente desde la compuerta de ingreso. El mecánico que ingresa verifica que no haya poros en el sistema. Así mismo, se verifican si hay mangas caídas en las pasarelas internas.

- Cambio de válvulas Goyen.

Se debe quitar la alimentación del aire. Se sugiere utilizar candado de válvula de bola. Posteriormente, se procede a desajustar las dos tuercas de sujeción del pasamuro y la válvula, (el sistema debe estar desenergizado para ello se sugiere bajar el breaker totalizador y asegurarlo con un candado para bloqueo eléctrico). Se suelta la electroválvula y se saca la válvula. Se instala una nueva válvula, se conecta la electroválvula y se finaliza haciendo ajuste en la tuerca

- Limpieza general del filtro y cambio de mangas

Se sugiere tener mínimo tres personas para la elaboración de esta actividad. Se inicia levantando las tapas del filtro, se desajustan la flauta y se desmontan. Se remueve la canastilla del filtro y se inicia a soplear con aire a presión cada una de las mangas. En el caso de las mangas dañadas, estas se retiran y se reemplazan sellándolas en el espejo del filtro. Se debe tener cuidado con las manos ya que al hacer el sello se pueden aprisionar las extremidades.

10.2 Propuesta de recomendaciones para las labores de mantenimiento

Dando continuidad al tercer objetivo específico, las recomendaciones plasmadas en este numeral fueron realizadas con base en la información obtenida en el punto 10.1 del presente trabajo. Ese sentido, se identificaron algunas de las problemáticas presentes en la planta de asfalto en las labores de mantenimiento y se propone una serie de recomendaciones frente a cada situación observada. Esta propuesta busca minimizar los riesgos en la planta de asfalto en caliente. Por lo anterior, se pueden encontrar tres tipos de recomendaciones. En primer lugar, se dan unas recomendaciones generales que deberían tenerse en cuenta, de manera transversal, en todas y cada una de las tareas del área de mantenimiento en la planta de asfalto; segundo, se encuentran unas recomendaciones específicas enfocadas en las labores más frecuentes; tercero, las

recomendaciones frente a cada uno de los accidentes evaluados e identificados. Estas recomendaciones, que van de lo general a lo particular, se integran y complementan entre ellas:

10.2.1 Recomendaciones generales

Hallazgos	Recomendaciones
Falta de capacitación	Cuando se ejecuten actualizaciones en operaciones y control, capacitar a todo el personal que esté activamente implicado en el funcionamiento de la planta.
Cultura de autocuidado	Antes de realizar una labor de mantenimiento, informar al área de SST para que brinde recomendaciones de cuidado, verifique el estado de los implementos de seguridad del trabajador y para que esté pendiente de cualquier novedad que se pueda presentar.
Uso adecuado de herramienta	Listas de chequeo mensual para la revisión detallada del estado herramienta que usa el área de mantenimiento. Así mismo, explicar a los trabajadores la importancia de reportar las herramientas cuando estas ya no se encuentren en óptimas condiciones para su uso o cuando se genere algún daño. Esta tarea se debe adelantar para que se realice la compra de nuevos equipos y herramientas.
Ficha técnica de intervenciones	La implementación de hojas de vida, y fichas de funcionamiento y ejecución de actividades.

Las siguientes recomendaciones se encuentran enfocadas en las actividades mencionadas en el punto 10.1.1.3 (Tareas frecuentes de mantenimiento). Se sugiere tener en cuenta dichas actividades antes de iniciar cualquier labor de mantenimiento que tenga lugar en la planta de asfalto.

- Realizar capacitaciones con el área de Seguridad y Salud en el Trabajo para dar a conocer los procesos y las actividades que desarrolla el área de mantenimiento. Este punto tiene como fin que, a partir del conocimiento de las labores de mantenimiento, el área de SST pueda generar un plan de acción que mitigue los riesgos a los cuales se ven expuestos los trabajadores.
- Teniendo en cuenta las características de la planta de asfalto, estandarizar los procesos del área de mantenimiento a partir de un plan detallado de las labores y tareas del área. Esto ayuda a que, en caso de ser necesario, las labores de mantenimiento puedan ser desarrolladas de la misma manera en plantas con características similares. El proceso de estandarización sirve para conocer el paso a paso en las labores de mantenimiento y no omitir procedimientos que puedan generar algún riesgo a la salud del trabajador.
- Campaña “Dos minutos por la vida”: esta propuesta hace parte de las medidas de concientización frente a la importancia de la salud y la seguridad en el trabajo. De esta manera, se invita al trabajador, en especial a los que hacen parte del área de mantenimiento, a que antes de iniciar sus labores se tomen dos minutos para revisar sus implementos de seguridad y repasar las labores que van a realizar. Esta medida busca que, por un lado, el trabajador identifique que cuenta con todos sus implementos de seguridad y que estos estén en óptimas condiciones. Por otro lado, al tener claras las actividades a desarrollar, el trabajador no va a omitir procedimientos que puedan exponerlo a alguna situación de peligro.
- Tarjetas EFU: la implementación de las tarjetas EFU permite que los trabajadores identifiquen el estado de la máquina que van a operar. En ese sentido, ayuda en la labor de mantenimiento preventivo y permite conocer con anterioridad los riesgos y problemas que

tiene el equipo. Esto ayuda en dos sentidos: primero, evita la exposición innecesaria a los trabajadores a posibles accidentes. Segundo, permite intervenir el activo para su mantenimiento evitando un mayor deterioro por su uso en mal estado. Estas tarjetas deben diligenciarse antes de iniciar cualquier actividad con la maquinaria.

TARJETA F DE MANTENIMIENTO PLANEADO.		CONSECUTIVO
PLANTA / EQUIPO	FECHA:	
SISTEMA O PARTE	DETECTADA POR:	
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:		
FECHA DE CIERRE:	EJECUTOR DE CIERRE	

TARJETA F DE SEGURIDAD				
OPERARIO:	FECHA:	NUMERO DE TARIETA :		
PLANTA:				
AREA:				
EQUIPO:				
NUMERO DE SERIE DE EQUIPO:				
PRIORIDAD:	<input type="checkbox"/> ALTA	<input type="checkbox"/> MEDIA	<input type="checkbox"/> ALTA	
CONDICION IDENTIFICADA				
SISTEMA	CONDICION			OBSERVACIONES
	BUENO	MALO	REGULAR	
seguridades del sistema				
hongo de seguridad se encuentra funcional				
puertas de seguridad al ser abiertas bloquean equipo				
equipo representa anormalidad en su serie de seguridad				
..... firma operario firma encargado de area		 firma encargado de seguridad

TARJETA F OPERATIVO		Nº Tarjeta Operativo			
		Nº :			
		Prioridad A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>			
CODIGO PLANTA DE ASFALTO:		FECHA:			
SISTEMA	Pieza probabilidad de falla	BUENO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES
FIRMA OPERADOR	FIRMA ING. PRODUCCION	FIRMA ING. MANTENIMIENTO			

- Capacitar a las personas para que ejecuten de manera directa las tareas en planta usando correctamente los elementos de protección personal. Así mismo, antes del inicio de alguna labor de mantenimiento, documentar la actividad, entregar los elementos de protección necesarios y brindar las recomendaciones pertinentes para el buen uso de los implementos. Esto sirve de soporte en caso de que se presenten incidentes por no acatar las observaciones y recomendaciones dadas.
- Implementar el uso de elementos de bloqueo mecánicos y eléctricos durante las ejecuciones e intervenciones de mantenimiento.
- El área SST debe de relacionarse a las actividades de mantenimiento para así brindar un análisis desde su especialidad y para mejorar continuamente los procedimientos de mantenimiento.
- Establecer informes de “lección aprendida” en caso de no acatar las medidas de protección, documentando y tomando medidas necesarias para generar cultura de autocuidado. Estos informes deben contener un apartado sobre los accidentes e incidentes ocurridos en las labores de mantenimiento y las respectivas recomendaciones que se dan en cada caso. Esto con el fin que los trabajadores reconozcan los posibles riesgos y sigan las sugerencias realizadas.
- Teniendo en cuenta el plan estandarización de las labores de mantenimiento, realizar una ficha que refleje cada una de las tareas de mantenimiento, sus niveles de riesgo, los implementos de protección personal que se deben usar y las recomendaciones que brinda que área de SST. La ficha debe estar siempre al alcance de los trabajadores.

10.2.2 Recomendaciones para labores de mantenimiento frecuentes

Recomendaciones para las tareas frecuentes de mantenimiento					
	Actividad	Personal requerido	Recomendaciones		Recursos comprometidos
			Actividad	Operario	
1	Cambio de retenedor en caja reductora del tambor secador	3 técnicos	Se recomiendan tres actividades: 1. desenergizar la planta 2. Drenar los fluidos de la máquina 3. se debe bloquear la caja	Para el operario se recomienda: 1. el correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones.	Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video bing - Elementos de protección como ejemplo de uso.
2	Cambio de cardan en tambor secador (sistema de transmisión).	3 técnicos	Se recomiendan tres actividades: 1. desenergizar la planta 2. Bloquear (Poner un candado de Breaker).	Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones.	Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso.

3	Cambio de bomba de combustible	2 técnicos	<p>Para esta actividad es fundamental cerrar el paso de combustible. Para ello se recomienda usar un candado de registros tipo cortina.</p>	<p>Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones. ANOTACIÓN: por el tipo de labor se recomienda en las capacitaciones hacer énfasis en el uso y manejo adecuado de extintores.</p>	<p>Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso - Extintores para uso y manejo en la capacitación - Kit de derrames.</p>
4	Revisión interna de tambor secador y cambios de flyes de arrastre.	2 técnicos	<p>Se recomiendan tres actividades: 1. desenergizar la planta 2. Bloquear (Poner un candado de Breaker).</p>	<p>Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones.</p>	<p>Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso.</p>

5	Sistema de tubería de aceite térmico. (Sistema calorífico)	de de y 2 técnicos	<p>En esta actividad hay que tener en cuenta dos elementos: sí está en caliente, se cierra el paso de asfalto. Así mismo, se desenergiza la bomba.</p> <p>ANOTACIÓN: se recomienda el manejo adecuado del equipo de soldadura para generar ningún tipo de ignición. Sí la máquina está en frío solamente se requiere del equipo de soldadura para la intervención.</p>	<p>Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones.</p>	<p>Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso - Extintores para uso y manejo en la capacitación - Kit de derrames.</p>
6	Cambio de correas de bomba de asfalto.	de de 2 técnicos	<p>Se recomiendan tres actividades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. desenergizar la planta 2. Bloquear (Poner un candado de Breaker). 	<p>Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones.</p>	<p>Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso.</p>

7	Cambio de rodamientos y piñones gemelos.	4 técnicos	Para el desarrollo de esta actividad se debe tener un diferencial de 5 toneladas. Además, se debe desenergizar la planta.	Para el operario se recomienda: 1. El correcto uso de los EPP 2. Asistir a las capacitaciones sobre los riesgos a los cuales se ven expuestos en sus actividades diarias. 3. Seguir los consejos y recomendaciones de las capacitaciones. ANOTACIÓN: Al ser un trabajo en alturas, cuando en la planta los piñones estén expuestos, se requiere del uso de los EPP para el trabajo en alturas.	Se recomienda que la empresa realice, junto con el área de Seguridad y Salud en el trabajo, capacitaciones sobre riesgos laborales. Estas capacitaciones comprometen: Sala de capacitaciones - Tiempo de las capacitaciones (2 horas) - Computador - Video Bing - Elementos de protección como ejemplo de uso. ANOTACIÓN: se recomienda, en las capacitaciones, hacer énfasis en el trabajo en alturas.
---	--	------------	---	--	---

10.2.3 Accidentes y recomendaciones

El siguiente numeral busca generar algunas recomendaciones a partir del análisis de los accidentes identificados en la “tabla de accidentabilidad”:

SISTEMA O PARTE	ACCIDENTE	ANÁLISIS DE ACTIVIDAD	RECOMENDACIÓN
Bomba de asfalto	Quemadura con soplete de gas propano	La actividad consiste en dar temperatura al sistema de succión de asfalto con ayuda de un soplete de gas propano. Para ello se debe de posicionar el equipo en la carcasa de la bomba y mantener de 30 min a 40 min, con la finalidad que el material asfáltico ingresado quede más líquido y no provoque sobrecarga en la bomba.	-Tener en cuenta la campaña “Dos minutos por la vida”. -Documentar e informar al área de SST sobre el inicio de la labor. -Revisar las fichas de labores de mantenimiento. Recursos que compromete y EPP

			<p>Mínimo se requieren dos trabajadores</p> <p>Anexo: tener en cuenta las recomendaciones generales que se encuentran en la tabla de <i>Recomendaciones de tareas frecuentes</i> (N tabla)</p>
Elevador de agregados	Amputación de falange distal del dedo índice derecho.	En este caso no se ejecutó el proceso de desenergizado por el afán de la producción. Al no tener desenergizado no hubo un bloqueo mecánico y el peso de la cadena, cargada de material, junto con la fuerza de la gravedad realizó un movimiento involuntario en el sistema de transmisión, donde las manos del operario quedaron atrapadas entre las correas y la polea conducida, ocasionando una lesión de gravedad.	<p>-Tener en cuenta la campaña “Dos minutos por la vida”.</p> <p>-Documentar e informar al área de SST sobre el inicio de la labor.</p> <p>-Revisar las fichas de labores de mantenimiento para revisar el paso de la tarea a realizar, pues, en esta labor se omitió uno de los procesos.</p>
Escaleras de acceso a zaranda	Fractura de brazo caída escalera	Al hacer la revisión se puede observar que la escalera era de lámina de alfajor. Este tipo de escaleras deben tener un drenaje y zona antideslizante. Adicionalmente, una pasarela para que sirva de agarre al momento de ascender o descender.	<p>-Instalar una pasarela para el ascenso y descenso de los trabajadores.</p> <p>-En espacios como las escaleras, revisar que tengan cintas antideslizantes y verificar el estado de las mismas cuando las haya. -Revisar que haya un sistema de drenaje para los líquidos que se puedan depositar en zonas como estas.</p>

Sistema mezclador	Factura de dos dedos	El incidente sucedió por falta de experiencia del ayudante, ya que, al dar el giro, no calcula la posición de las manos respecto a la polea.	-Verificar la experiencia de todos los trabajadores que desempeñen las labores de mantenimiento. En caso de evidenciar poca experiencia en las labores a realizar, recordar los procesos y guiar las tareas que se estén haciendo. -Documentar e informar al área de SST sobre el inicio de la labor.
Sistema mezclador	Fractura de mandíbula	El error que se cometió fue que, a pesar que el compresor estaba apagado, no se descargaron las líneas de alimentación del sistema y no se soltaron las mangueras de entrada de aire al cilindro. Así, se condujo a que se accionará y se cerrará la compuerta, atrapando la cabeza del mecánico.	-Antes de iniciar las labores, verificar las medidas necesarias para llevar a cabo el proceso de mantenimiento. Por ejemplo, en este caso, el descargue de las líneas de alimentación del sistema. -Revisar las fichas de labores de mantenimiento para revisar el paso de la tarea a realizar, pues, en esta labor se omitió uno de los procesos. -Tener en cuenta la campaña “Dos minutos por la vida”.
Sistema mezclador	Quemadura en rostro y cuerpo	Durante este proceso, el mecánico no se percata de realizar la quema total del combustible, dejando partículas sólidas. Dichas partículas hicieron ignición al momento de realizar corte en las paletas con chaflanarco, generando quemaduras leves en el rostro del trabajador.	-Antes de iniciar las labores, verificar las medidas necesarias para llevar a cabo el proceso de mantenimiento. Por ejemplo, en este caso, el descargue de las líneas de alimentación del sistema. -Revisar las fichas de labores de mantenimiento para revisar el paso de la tarea a realizar, pues, en esta labor se omitió uno de los procesos.

Sistema calorífico	Quemadura en rostro y cuerpo	Se adelantaba un trabajo de soldadura, muy cerca de las líneas de aceite térmico usadas para calentar los tanques de asfalto. El soldador que adelantaba la actividad no tomó precauciones al momento de realizar la ejecución, lo cual generó que el arco del electrodo afectará directamente una manguera acorazada. Esto generó una perforación que ocasionó que el fluido de la manguera, que tenía una alta temperatura, saliera disparado y se encontró con las condiciones para la ignición (temperatura presión y chispa). Esta situación produjo que se formará fuego en el área y afectará de manera directa al soldador, que tuvo quemaduras graves en rostro y extremidades inferiores.	<ul style="list-style-type: none"> -Revisar las fichas de labores de mantenimiento para revisar el paso de la tarea a realizar, pues, en esta labor se omitió uno de los procesos. -Documentar e informar al área de SST sobre el inicio de la labor. -Tener en cuenta la campaña “Dos minutos por la vida”.
---------------------------	------------------------------	---	---

11 Resultados alcanzados y esperados

11.1 Resultados alcanzados

En el desarrollo de este proyecto se realizó un análisis a profundidad de la planta de asfalto, describiendo la taxonomía de la planta, donde se comprende a fondo como es el funcionamiento, conformación. Además, se realiza un análisis a las actividades de mantenimiento más frecuentes que se realizan en la planta de asfalto. Con todo este conocimiento, cuando se realizan labores en la planta, se aplica una corta orientación voluntaria a los operarios con los que se interactúan y se les comparten ciertas medidas de prevención que se están estudiando para validar, en la práctica, si es posible aplicarlas, y ver cómo los trabajadores toman estas iniciativas.

Cuando se realizan conversaciones con los colaboradores, se evidencia que estos tienen una gran experiencia en el manejo de las actividades que se realizan (en la operación diaria del

proceso de producción de asfalto). El conocimiento de los operarios ayuda a comprender cómo se puede realizar la implementación de nuevas medidas de seguridad, ya que uno de los factores que más se evidencia es que los elementos de protección son muy importantes. No obstante, los implementos retrasan las labores debido a que algunos son muy incómodos o, a medida que avanza el tiempo, se vuelve incómodo tenerlos puestos. Los operarios manifiestan que, con el fin de acabar rápido sus actividades, suelen retirar algún elemento de protección. A pesar de lo anterior, algunos trabajadores, cuando finalizan la actividad que están realizando, verifican que tienen puesto todos sus elementos de protección personal, pues es una tarea que no les toma más de 1 minuto.

11.2 Resultados Esperados

Al finalizar la investigación de este proyecto, consolidar la información, dar solución y conclusiones al trabajo, se pasará a un trabajo en conjunto con personas enfocadas en el área HCE. Se presentarán las ocurrencias de accidentes que más se pueden presentar a la hora de realizar labores de mantenimientos en la planta de asfalto y así informar las posibles acciones de solución que se describieron en el documento. De esta manera, se busca poder realizar un trabajo en conjunto y tener un protocolo de trabajo seguro, aprovechando la experiencia y los conocimientos de los trabajadores en temas de operación de la planta y de la salud y seguridad en el trabajo.

12 Análisis financiero

12.1 Inversión

Inversión	Elemento	Valor	Cantidad	Valor total
Capacitación	Elementos de protección personal	\$ 3.570.000	35 personas	\$ 3.570.000
	Trabajo en alturas	\$ 350.000	12 personas	\$ 4.200.000
	Autocuidado	\$ 12.585.000	35 personas	\$ 12.585.000

	Incendios y uso de manejo de exteriores	\$ 8.750.000	35 personas	\$ 8.750.000
	Identificación de peligros	\$ 6.897.000	35 personas	\$ 6.897.000
	Riesgos biológicos	\$ 6.398.000	35 personas	\$ 6.398.000
Elementos de protección y extintores	Arnés	\$ 209.000	4 unidad	\$ 836.000
	Eslinga	\$ 109.000	4 unidad	\$ 436.000
	liana de vida 13M	\$ 259.000	4 unidad	\$ 1.036.000
	Extintor blanco	\$ 189.000	4 unidad	\$ 756.000
	Extintor Rojo	\$ 685.500	7 unidad	\$ 4.798.500
	Extintor 150lb	\$ 1.350.000	5 unidad	\$ 6.750.000
	Extintor amarillo	\$ 69.900	12 unidad	\$ 838.800
Tiempo de empleados	1SMLV	\$ 33.333	8 horas	\$ 7.999.920
Salón de capacitación	Salón para cuarenta personas con mesas y sillas	\$ 6.795.000	40 personas	\$ 6.795.000
Equipos y herramientas	Computador	\$ 4.325.000	2 unidades	\$ 8.650.000
	Sonido	\$ 5.678.000	1 unidad	\$ 5.678.000
	Video Beam	\$ 5.535.900	1 unidad	\$ 5.535.900
Papelería		\$ 9.950.000		\$ 9.950.000
Transporte	vehículo con capacidad para 20 personas	\$ 985.000	20 personas	\$ 11.820.000
Comida	Refrigerio y almuerzo	\$ 9.850.000	40 personas	\$ 9.850.000
Otros	Soportes de Extintores	\$ 80.000	23 unidades	\$ 1.150.000
Total				\$ 125.970.120

12.2 Utilidad esperada

La utilidad esperada para este proyecto es evitar las sanciones mencionadas en las siguientes tablas:

Micro empresa			
Incumplimiento de las normas de salud ocupacional	1 a 5 SMMLV	\$908.526	\$4.542.630
Incumplimiento en el reporte de accidente o enfermedad laboral	1 a 20 SMMLV	\$908.526	\$18.170.520
Incumplimiento que dé origen a un accidente mortal	20 a 24 SMMLV	\$908.526	\$21.804.624

Mediana empresa			
Incumplimiento de las normas de salud ocupacional	21 a 100 SMMLV	\$908.526	\$90.852.600
Incumplimiento en el reporte de accidente o enfermedad laboral	51 a 100 SMMLV	\$908.526	\$90.852.600
Incumplimiento que dé origen a un accidente mortal	151 a 400 SMMLV	\$908.526	\$363.410.400

Gran empresa			
Incumplimiento de las normas de salud ocupacional	101 a 500 SMMLV	\$908.526	\$454.263.000
Incumplimiento en el reporte de accidente o enfermedad laboral	101 a 1.000 SMMLV	\$908.526	\$908.526.000
Incumplimiento que dé origen a un accidente mortal	401 a 1.000 SMMLV	\$908.526	\$908.526.000

En Colombia la plata de asfalto que se realizó la visita es sin ánimo de lucro, ya que el gobierno destina un presupuesto para el funcionamiento de esta.

Presupuesto	
Meses	Valor
24	\$ 4.585.632.643
12	\$ 2.292.816.322
1	\$ 191.068.027

13 Conclusiones

13.1 Conclusiones

Este trabajo se planteó a partir de tres objetivos específicos. Cada uno de ellos se abordó principalmente desde el punto 10 (Propuesta de solución) de la siguiente manera:

El primer objetivo (Identificar los procesos de intervención a los activos de una planta de asfalto con el fin de evidenciar las necesidades de prevención en seguridad para el proceso de mantenimiento). Fue abordado desde el inicio de la propuesta de solución con la descripción general de la planta y el abordaje de las tareas frecuentes. Estos elementos son importantes porque permitieron conocer el funcionamiento general de la planta, las actividades de manteniendo que se realizan y los mecanismos y tareas en donde es más probable que se presente una falla o correr el riesgo de un accidente. En ese sentido, de la mano de la matriz de criticidad, se analizaron los principales mecanismos de la planta (Elevador de agregados, secador, mezclador y zaranda). De esta manera se pudo evidenciar que, en las labores de mantenimiento, los trabajadores se pueden ver expuestos a diferentes lesiones (como fracturas y quemaduras) producidas por el mal manejo de la soldadura, por derramar aceites, por no bloquear adecuadamente la maquinaria, entre otros.

El segundo objetivo (Evaluar los peligros y riesgos en seguridad para el personal a través del reconocimiento de los subsistemas de la planta de asfalto) fue articulado a partir de la matriz de criticidad, de la tabla de accidentabilidad y del análisis de los sistemas críticos de la planta de asfalto caliente. Con estos tres elementos se individualizaron los principales sistemas de la planta, se expusieron las actividades de mantenimiento y se evaluaron los riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores. En ese sentido, se puede encontrar una descripción detallada de la actividad de mantenimiento y los elementos o pasos a seguir para una ejecución segura en el

proceso. Para el desarrollo del tercer objetivo (Establecer posibles acciones para la mitigación y reducción de riesgos en tareas de mantenimiento para el personal que labora en la planta de asfalto) y una vez se concluyeron los anteriores objetivos, se desarrollaron unas recomendaciones generales, unas recomendaciones a las tareas más frecuentes y unas recomendaciones para los accidentes evaluados.

El objetivo del planteamiento expuesto en el proyecto de grado era crear una visión técnica y brindar un acompañamiento a las áreas cercanas a los equipos de mantenimiento. Así mismo, se buscaba realizar una evaluación experimental de los riesgos laborales en las actividades de mantenimiento de una planta de asfalto. Dicha evaluación se realizó a partir de dos actividades: analizando la información obtenida a partir del conocimiento mecánico en cuanto a los procesos de ejecución; resaltando una guía informativa que sirve de hincapié para que el área de SST, en caso de que se quisiera iniciar o complementar un protocolo de trabajo seguro en plantas industriales o equipos de similares características. Para llevar a cabo el objetivo propuesto fue elemental observar los procesos de intervenciones en la planta de asfalto ABL ubicada en Bogotá. Desde esta planta se referenciaron riesgos visibles al momento de las ejecuciones de mantenimiento. Así mismo, se pudo detallar que la mayor problemática es la falta de información y la capacitación de los posibles riesgos a los que están expuestos los trabajadores. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un informe, describiendo el paso a paso de las ejecuciones realizadas en la planta. Además, se proyectó y sugirió algunos elementos claves para la mitigación de los riesgos, pudiendo aclarar que el estudio ayuda para proteger la parte integral y profesional de los implicados en el área de mantenimiento. De esta manera, se incentivó a que el área SST se adentre a observar y poder determinar un proceso de mitigación de accidentes, desde la documentación y

generación de un plan de acción en pro de las entidades y empresas que cuentan con su área de mantenimiento establecida.

13.2 Recomendaciones

Como se mencionó anteriormente, las recomendaciones de este trabajo surgieron a partir del desarrollo del tercer objetivo específico (Establecer posibles acciones para la mitigación y reducción de riesgos en tareas de mantenimiento para el personal que labora en la planta de asfalto). Desde este planteamiento se conjugaron dos elementos: el análisis de las labores de mantenimiento y el estudio de los riesgos y peligros a los cuales se ven expuestos los riesgos y accidentes en dichas tareas. Con estos dos elementos se propuso una articulación entre el área de Seguridad y Salud en el Trabajo y las posibles soluciones que se pueden recomendar a los trabajadores que se ven expuestos a diferentes factores que ponen en riesgo su integridad. Lo anterior, con el fin de impactar directamente en el bienestar del personal, en reducir las cifras de accidentes e incidentes de la planta y aportar, desde la experiencia y el conocimiento de las funciones de mantenimiento, a la implementación de estrategias por parte del área de Seguridad y Salud.

Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrollaron una serie de recomendaciones en tres sentidos: recomendaciones generales, recomendaciones para las tareas frecuentes y recomendaciones para los accidentes abordados. Las recomendaciones generales fueron enfocadas como una serie de consejos a tener en cuenta en toda actividad de mantenimiento a desarrollar como generar más capacitaciones para las tareas de mantenimiento, fomentar la cultura del autocuidado desde la revisión de los EPP, concientizar tanto en el buen uso de las herramientas y equipos como en la comprar de nuevos cuando los antiguos ya no estén en óptimas condiciones y, finalmente, la implementación de formatos para la verificación del estado de la maquina antes de

iniciar alguna labor con ella. Las recomendaciones específicas para las labores de mantenimiento frecuentes se construyeron a partir de una tabla que reúne el tipo de actividad de mantenimiento, la cantidad de personal requerido y las recomendaciones para cada labor. Finalmente, para los accidentes analizados también se elaboró una tabla que integra el análisis del accidente y unas recomendaciones para cada caso. Entre ellas se encuentran revisar las fichas de mantenimiento, el uso adecuado de EPP y las actividades de autocuidado.

Referencias

- ABL Internacional S.A. (2015). *Planta de asfalto Bach 250*.
- Allcaco Córdova, M. A. (2016). Sistema de control de una planta de producción de asfalto. *Universidad Tecnológica del Perú*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/226>
- Arce-Jiménez, M., & Loría-Salazar, L. G. (2000). *Metodología de control de plantas asfálticas*. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1705>
- Castro, C. D. L. (2020). Gestión del mantenimiento en la seguridad y salud en el trabajo del sector industrial manufacturero. *Mente Joven*, 9, 89-98.
- Chinchilla, A. G. R. (2008). *Montaje, operación y mantenimiento de plantas para mezcla asfáltica en caliente* [Universidad San Carlos de Guatemala]. <https://docplayer.es/11349418-Montaje-operacion-y-mantenimiento-de-plantas-para-mezcla-asfaltica-en-caliente.html>
- Gómez, A. H., Toledo, C. E., Prado, J. M. L., & Morales, S. N. (2015). Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: Una solución factorial. *Contaduría y Administración*, 60, 82-106. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.005>
- ABL Internacional S.A. (2015). *Planta de asfalto Bach 250*.
- Allcaco Córdova, M. A. (2016). Sistema de control de una planta de producción de asfalto. *Universidad Tecnológica del Perú*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/226>
- Arce-Jiménez, M., & Loría-Salazar, L. G. (2000). *Metodología de control de plantas asfálticas*. <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1705>
- Castro, C. D. L. (2020). Gestión del mantenimiento en la seguridad y salud en el trabajo del sector industrial manufacturero. *Mente Joven*, 9, 89-98.
- Chinchilla, A. G. R. (2008). *Montaje, operación y mantenimiento de plantas para mezcla asfáltica en caliente* [Universidad San Carlos de Guatemala]. <https://docplayer.es/11349418-Montaje-operacion-y-mantenimiento-de-plantas-para-mezcla-asfaltica-en-caliente.html>
- García, A. F. B., Botero, O. D., & Angulo, F. R. (2019). Implementación del pilar de mantenimiento planeado en la planta Gamma—Itagui. *Universidad de Antioquia*, 31.

- Gómez, A. H., Toledo, C. E., Prado, J. M. L., & Morales, S. N. (2015). Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: Una solución factorial. *Contaduría y Administración*, 60, 82-106. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.08.005>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2003). *Guía para la acción preventiva: Plantas de asfalto - Año 2003 - Portal INSST - INSST*. https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/-/asset_publisher/x10eMfRbZbxt/content/guia-para-la-accion-preventiva-plantas-de-asfalto-ano-2003
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2014). *Mantenimiento exposicion y consecuencias—Portal INSST - INSST*. <https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/mantenimiento-exposicion-y-consecuencias>
- Meza Requena, Y. (2019). Mantenimiento de la planta TEREX E150P para la producción de asfalto en el proyecto del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú—Brasil. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5673>
- Decreto Número 1072 de 2015*, (2015) (testimony of Ministerio de trabajo).
- Resolución 0312 de 2019, n.º 0312 (2019). <https://safetya.co/normatividad/resolucion-0312-de-2019/>
- Molina C., C. F. (2012). Factores individuales asociados con accidentes laborales en trabajadores afiliados a dos Aseguradoras de Riesgo Profesionales de la ciudad de Medellín, 2012. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30, 36-38.
- Pacco Apaza, N. R. (2015). Plan de calidad en la producción de mezcla asfáltica en caliente, en la planta de asfalto de la ciudad de Juliaca. *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2410>
- Decreto 1443 de 2014*, (2014) (testimony of Presidencia de la República). <https://www.arlsura.com/index.php/decretos-leyes-resoluciones-circulares-y-jurisprudencia/51-decretos/2147-decreto-1443-de-2014>
- Decreto 472 de 2015*, (2015) (testimony of Presidencia de la República). <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019781>
- Ley 1562 del 11 de julio de 2012 senado*, (2012) (testimony of Senado).

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip&db=edsvlx&AN=edsvlx.451050082&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Sexto, L. F. (2018). *TIPOS DE MANTENIMIENTO ¿CUÁNTOS Y CUÁLES SON?*
<https://es.linkedin.com/pulse/tipos-de-mantenimiento-cu%C3%A1ntos-y-cu%C3%A1les-son-luis-felipe-sexto>

Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Guía técnica de implementación para MIPYMES. (s. f.). Recuperado 6 de julio de 2022, de <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/51963/Guia+tecnica+de+implementacion+del+SG+SST+para+Mipymes.pdf/e1acb62b-8a54-0da7-0f24-8f7e6169c178>

Socarrás, G. M. C., & Cumbreña, J. M. M. (2016). Un análisis de la seguridad y salud en el trabajo en el sistema empresarial cubano. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, 1(22), Art. 22. <https://doi.org/10.1016/j.rlds.2016.03.001>

Velandia, J. (2006). *Planta de asfalto «El Zuque»* [Informe ejecutivo]. Instituto de desarrollo Urbano. Secretaría de obras públicas.