

Diseño de un proceso para la mejora del cambio de guaya en el sistema corte de la unidad de Coquización Retardada de la Refinería de Cartagena S.A.S.



Delio Manuel Moreno Ayazo, Jeimmy Margarita Torres Rodríguez

Mayo, 2023.

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Industrial.

Diseño de un proceso para la mejora del cambio de guaya en el sistema corte de la unidad de Coquización Retardada de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Delio Manuel Moreno Ayazo, Jeimmy Margarita Torres Rodríguez
Mayo 2023.

Proyecto para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor,

Universidad Antonio Nariño.
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Industrial.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	11
2.	Descripción del problema.....	13
3.	Justificación.....	15
4.	Objetivos.....	17
4.1.	Objetivo General.....	17
4.2.	Objetivos específicos.....	17
5.	Marco de Referencia.....	18
5.1.	Antecedentes.....	18
5.1.1.	Antecedentes investigativos a nivel internacional.....	18
5.1.2.	Antecedentes investigativos a nivel nacional.....	19
5.1.3.	Antecedentes investigativos a nivel local.....	20
5.2.	Marco Teórico.....	22
5.2.1.	La coquización.....	22
5.2.2.	Coquización retardada en la Refinería de Cartagena.....	22
5.2.3.	Técnicas de corte de coque.....	29
5.2.4.	Sistema de corte.....	29
5.3.	Marco Conceptual.....	30
5.4.	Marco Legal.....	31
5.5.	Marco Geográfico.....	31
6.	Diseño Metodológico.....	33
6.1.	Tipo de investigación.....	33
6.2.	Enfoque.....	33
6.3.	Fuentes de investigación.....	34
6.3.1.	Fuentes primarias.....	34
6.3.2.	Fuentes Secundarias.....	34

6.4.	VARIABLES DE MEDICIÓN.....	34
6.4.1.	VARIABLES DEPENDIENTES	34
6.5.	RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	34
6.5.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES	35
6.6.	UNIDAD DE ESTUDIO O MUESTRA.....	35
6.7.	FASES Y ACTIVIDADES METODOLÓGICAS.....	35
7.	RESULTADOS.....	37
7.1.	ANÁLISIS DEL PROCESO DE CAMBIO DE GUAYA.....	37
7.1.1.	ANÁLISIS DE ISHIKAWA	38
7.1.1.1.	MÁQUINA	40
7.1.1.2.	PERSONAL.....	40
7.1.1.3.	ENTORNO.....	40
7.1.1.4.	MATERIALES.....	40
7.1.1.5.	MÉTODO	40
7.1.2.	ANÁLISIS DE RIESGO E IMPACTOS AMBIENTALES	41
7.2.	PROPUESTA Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	41
7.2.1.	EMPALME CON GRAPAS	42
7.2.2.	EMPALME ENTRE GUAYAS MEDIANTE TRENZADO.....	42
7.2.3.	EMPALME CON CABLE GRIP + WINCHE NEUMÁTICO	43
7.2.4.	ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ALTERNATIVAS.....	44
7.3.	PROCESO DE CAMBIO DE GUAYA PROPUESTO.....	45
7.3.1.	RESPONSABLES.....	46
7.3.2.	HERRAMIENTAS	47
7.3.3.	REQUISITOS Y PRECONDICIONES	48
7.3.4.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS	49

8.	Conclusiones.....	56
9.	Recomendaciones	57
10.	Referencias	58
11.	Anexos.....	60

Lista de Figuras

Figura 1. Unidad de coquización retardada.....	23
Figura 2. Tambores de la unidad de coquización y piscina de coque	26
Figura 3. Torre fraccionadora de la unidad de coquización retardada	27
Figura 4. Diagrama General de la Refinería Cartagena,	32
Figura 5. Etapas metodológicas de la investigación.....	36
Figura 6. Etapas del proceso de cambio de guaya actual	37
Figura 7. Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura 8. Esquema del Procedimiento del cambio de guaya propuesto	46

Lista de Tablas

Tabla 1. Marco legal	31
Tabla 2. Fases y actividades metodológicas de la investigación	35
Tabla 3. Análisis de alternativas de la solución.....	41
Tabla 4. Análisis de ventajas y desventajas de alternativas	44
Tabla 5. Responsables y funciones.....	46
Tabla 6. Herramientas para la ejecución de actividades.....	47
Tabla 7. Actividades para sacar guaya existente en sistema	49
Tabla 8. Actividades para la ejecución de la etapa 2.....	52
Tabla 9. Actividades para la ejecución de la etapa 3.....	54

Resumen

En el presente trabajo de grado se llevó a cabo el diseño de un proceso para la mejora del cambio de guaya en el sistema corte de la unidad de Coquización Retardada de la Refinería de Cartagena S.A.S.

Para alcanzar este objetivo, primeramente, se realizó un análisis de la forma actual como se llevaba a cabo el proceso en la empresa. El cual resulto, complejo, de alto riesgo, con elevados tiempos de ejecución y con intervención de un gran numero de trabajadores. Y, gracias a la aplicación de la herramienta Ishikawa se entró que la causa principal de estos síntomas fue la ausencia de un método definido para la realización del cambio de guaya.

Posteriormente se propusieron y evaluaron tres alternativas de mejora de las cuales se seleccionó la ejecución del cambio de guaya con cable grip + winche mecánico debido a la reducción de tiempos, numero de trabajadores y el modo de acción automáticos que lo hacía más seguro para el personal, equipos y proceso en general. Siendo estos de dos horas y tres trabajadores respectivamente.

Finalmente se propusieron las actividades para realizar el proceso de cambio de guaya con cable grip + winche mecánico en tres etapas siendo estas, sacar cambio de guaya, empalmar guaya existente con winche mecánico e instalar guaya nueva.

Palabras claves: Cambio de guaya, sistema de corte, mejora de proceso, winche mecánico, Ishikawa.

Abstract

In the present degree work, the design of a process for the improvement of the change of wire in the cutting system of the Delayed Coking unit of the Refinería de Cartagena S.A.S.

To achieve this objective, firstly, an analysis of the current way in which the process was carried out in the company was carried out. Which turned out to be complex, high risk, with high execution times and with the intervention of a large number of workers. And, thanks to the application of the Ishikawa tool, it was found that the main cause of these symptoms was the absence of a defined method for carrying out the change of the wire.

Subsequently, three alternatives for improvement were proposed and evaluated, of which the execution of the wire rope change with cable grip + mechanical winch was selected due to the reduction in time, number of workers and the automatic mode of action that made it safer for the personnel. equipment and process in general. These being two hours and three workers respectively.

Finally, the activities were proposed to carry out the process of changing the wire with cable grip + mechanical winch in three stages, these being, taking out a change of wire, splicing existing wire with mechanical winch and installing a new wire.

Keywords: Change of wire, cutting system, process improvement, mechanical winch, Ishikawa.

1. Introducción

Colombia cuenta con una de las refinerías con mayor capacidad de conversión en el mundo, la cual transforma el 97,5% de un barril de crudo en productos valiosos y el 2,5% lo convierte en coque y azufre, que se utilizan en industrias siderúrgicas y de agroquímicos, respectivamente (Reficar, 2018).

La Refinería de Cartagena es un ícono de la industria nacional, y un activo productivo valioso para la nación, que introdujo a Colombia en la era de la refinación segura, moderna y de última tecnología. Esta cuenta con 34 unidades de procesos entre las cuales se encuentra la de Coquización Retarda, siendo esta la de principal interés para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

La coquización retardada es una tecnología que se aplica en casi el 90% de las refinerías del mundo y tiene como objetivo procesar residuo de vacío para producir destilados (nafta y gasóleos) que puedan ser mejorados catalíticamente. La unidad de Coker hace parte del proyecto de expansión de la refinería en mención y está diseñada para procesar una carga promedio de 40.000 BPD (barriles por día). Esta tiene una operación estable en la que sus modos de operación no implican cambios significativos, en la cual se mantienen temperaturas adecuadas, flujos y presiones determinadas por la calidad del producto y el rendimiento del mismo (Ecopetrol, 2015).

En los últimos años, se han presentado fallas en el sistema de corte de tambores de coque de la unidad en estudio, debido a la rotura de la guaya que junto a otros equipos y elementos como: bomba de corte, válvula de aislamiento, herramienta de corte, junta rotativa y winche se encargan de realizar esta función.

Ahora bien, la rotura de la guaya ocasiona la parada de la planta comprometiendo la productividad, seguridad del personal, indicadores de calidad, utilidades entre otros factores. Por lo cual, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal llevar a cabo el diseño de un proceso que mitigue los impactos mencionados y mejore la realización del cambio de guaya en el sistema de corte. Para alcanzar este objetivo, inicialmente se analizará el proceso actual y se recopilarán las condiciones operacionales que permitan la identificación de oportunidades de mejora. Seguidamente se propondrán alternativas de

solución para su selección y finalmente se diseñará el proceso que se adapte a las necesidades de la empresa.

Finalmente, para el desarrollo del proyecto se llevarán a cabo tres fases. La primera corresponde a la sustentación científica de la investigación en la cual se incluirán los objetivos del proyecto, la justificación, descripción del problema, marco de referencia entre otros. La fase dos y tres estarán conformada por el marco metodológico y por los resultados de los objetivos propuestos en conjunto con las conclusiones y recomendaciones respectivamente.

2. Descripción del problema

Hoy en día, para las organizaciones es importante alcanzar diferentes objetivos como: Maximizar beneficios, ser competitivo, utilizar eficientemente todos los recursos con que cuenta para obtener un servicio de calidad al menor costo posible, adaptarse al medio en el cual se desenvuelve, satisfacer las necesidades de la organización para cumplir su misión, lograr reconocimiento, ser sostenibles, entre otras metas a corto, mediano y largo plazo (Llop & Recalde, 2013). Para alcanzar estos objetivos, uno de los retos que tienen las organizaciones es mantener una mejora constante de sus procesos productivos que garantice el funcionamiento adecuado de sus operaciones, actividades productivas y equipos.

2.1. Planteamiento del problema

En las Refinerías se llevan a cabo múltiples actividades, operaciones y fenómenos químicos que deben ser controlados a través de distintas variables o condiciones de operación. Ahora bien, el proceso de coquización retardada, consiste en el craqueo térmico por cargas en un reactor denominado tambor de coquización. Con este proceso se obtienen productos livianos a partir de residuos pesados, retardando las reacciones de polimerización y condensación que conducen a la formación de coque (Salazar et al., 2015).

Como se mencionó, con el fin de romper el coque formado y facilitar su evacuación por el fondo del tambor, se inyecta una corriente de agua de corte para lo cual, intervienen diferentes equipos y elementos que constituyen el sistema. El tema de estudio se centra en el cambio de guaya que se ha realizado hasta el momento posterior a su rotura, causada por la falta de inspecciones y mantenimiento en la sección de la unidad.

Esta tarea impacta al 50% de los equipos y representa un alto riesgo para su realización. A partir del segundo año de operación de la planta, se han presentado de dos a tres roturas de guaya anuales que han ocasionado el sece de producción de hasta 12 horas y en la cual intervienen un número de 12 trabajadores. La tarea consiste en enhebrar en un juego de poleas de forma manual, una guaya de aproximadamente 261 metros de longitud, con un peso de 280 kilogramos a una altura de 146 metros, generando gran dificultad para el personal.

Por otra parte, uno de los focos de mayor impacto en el proceso y la unidad, está asociado a la recirculación de la brea. Es decir, cuando hay fallas en el sistema de corte se retrasa la operación en línea de los productos aguas arriba y aguas abajo del tambor. La brea que no puede ingresar en el tambor de coque en el tiempo adecuado recircula a la torre separadora generando retrasos en la productividad de la unidad en general.

Cabe mencionar, que al detenerse la producción se acarrearán pérdidas económicas de aproximadamente el 25% de la carga que procesa la unidad y también se ve afectada la satisfacción de los clientes al fallar en las entregas programadas diariamente. Además, la persistente falla también podría ocasionar el deterioro de equipos y afectar la integridad de los trabajadores de la planta.

En consecuencia, la situación descrita, motiva la realización del presente trabajo de investigación, a fin de proponer un proceso que permita realizar de forma segura la labor de cambio de guaya, optimice los tiempos de ejecución, minimice pérdidas económicas para la empresa, dé cumplimiento a las entregas programadas con los clientes de la empresa entre otros beneficios que resultan de la propuesta en mención.

3. Justificación

Nuestra civilización depende del petróleo más que de cualquier otro producto tomado aisladamente. La mayoría de las cosas obtenidas en la vida actual del ser humano son tomadas de los distintos procesos realizados al petróleo crudo que se extrae, y aunque en pleno siglo XXI se han encontrado otras fuentes naturales para mover al mundo, el petróleo sigue siendo el principal recurso de energía.

Es por ello que debe existir una mayor y mejor utilización de este recurso, realizando una optimización de la operación o hasta remodelar las instalaciones conforme avancen los requerimientos del ser humano (Sanchez, 2016).

Dada la escasez de fuentes de petróleo, la Refinería de Cartagena ha modernizado sus unidades con la tecnología necesaria para el procesamiento de crudos pesados y extrapesados que permitan la obtención de productos de la más alta calidad. Bajo este escenario, la unidad de coquización retardada ayuda el procesamiento de residuos de fondo que, al ser pesados poseen altos contenidos de azufre, hidrogeno, asfáltenos que demanda operaciones de mayor eficiencia para su adecuado procesamiento y aprovechamiento que sustenten el negocio de la refinación.

Sánchez considera que la coquización retardada otorga grandes beneficios económicos, puesto que es una tecnología de gran importancia dentro del Sistema Nacional de Refinación, con ganancias mayores a los dos millones de dólares (Sanchez, 2016). Los beneficios surgen de la reducción del manejo del combustóleo, procesos que demandan las más recientes innovaciones tecnológicas tanto para el proceso mismo como en materia de seguridad del personal y de las operaciones continuas y eficientes.

Por otra parte, en la sociedad moderna, la preocupación por garantizar el desarrollo de la actividad laboral dentro de unas normas de seguridad y protección para el trabajador ha sido una constante en actividades que manejan productos inflamables (García, 2021). Si bien, las paradas de planta representan un costo alto por cese de producción en la empresa, no se compara con las afectaciones que se podrían generar al personal. Por lo cual, mantener el funcionamiento óptimo de los equipos también garantiza la integridad de estos.

A partir de la información anterior, se puede decir, que la realización del actual proyecto resulta importante para mantener las utilidades de la empresa, mantener las condiciones laborales adecuadas, evitar pérdidas energéticas, conservar el funcionamiento adecuado de equipos, mantener el posicionamiento a nivel nacional e internacional de la Refinería de Cartagena, entre otros factores que dan como resultado la optimización de este.

Por último, el desarrollo del trabajo en curso permite la aplicación de conocimientos adquiridos en la formación académica de los autores para la solución de problemáticas de uno de los sectores más importantes de Colombia y promueve el crecimiento de la cultura investigativa al interior de la comunidad educativa de la Universidad Antonio Nariño.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar un proceso que permita realizar de forma óptima el cambio de guaya en el sistema de corte de la unidad de Coquización Retardada.

4.2. Objetivos específicos

- ✓ Analizar el proceso actual de cambio de guaya a través de herramientas diagnóstico y entrevistas a expertos para la identificación de oportunidades de mejoras.
- ✓ Proponer y evaluar alternativas de solución considerando criterios técnico-económicos para su selección.
- ✓ Plantear actividades de proceso que integre las oportunidades de mejora y la alternativa de solución seleccionada para la realización de cambio de guaya.

5. Marco de Referencia

5.1. Antecedentes

5.1.1. Antecedentes investigativos a nivel internacional

1. Sergio Salazar et al. (septiembre de 2015), “Evaluación de posibles mejoras en la calidad del coque retardado venezolano por medio del manejo de las condiciones de diseño y operación del tambor de coquización”, Venezuela. **Objetivo:** Elaborar un montaje experimental a escala de laboratorio para reproducir el rendimiento y la calidad de productos del proceso de Coquización Retardada **Aspectos metodológicos:** Se Elaboró un diseño experimental para la evaluación de condiciones operacionales **Resultados:** Los resultados de caracterización de coque y evaluación cinética de los cambios morfológicos del coque, indican que todas las condiciones de operación y diseño estudiadas impactan en las características y composición final de los productos. **Conclusiones:** Se pueden modificar y mejorar las características morfológicas y texturales del coque, a través de la modificación del arreglo del reactor (tambor de coque), así como de las condiciones de operación temperatura y tiempo de reacción (Salazar et al., 2015).
2. Wladimir Oswaldo Romero Bedón, (septiembre de 2016), “Diseño de un sistema de coquización retardada para craqueo de crudo extrapesado”, Quito-Ecuador. **Objetivo:** Implementar una alternativa de uso al crudo extrapesado, con el fin de valorizarlo e incrementar la rentabilidad de la empresa. **Aspectos metodológicos:** investigación aplicada con enfoque cuantitativo y cualitativo. **Resultados:** Se requiere una inversión inicial del proyecto de 35 669 941,65 USD para la puesta en marcha de la planta. Que incluye cuatro tambores de coque, un horno de doble cabina, tubería y otros accesorios para procesar 59 866 kg/h de crudo. **Conclusiones:** El diseño propuesto permitirá el aprovechamiento y tratamiento de crudo extrapesado a través de un sistema de coquización retardada que aumentará las utilidades de la empresa donde los tambores de coque son los equipos más importantes dentro del proceso.

5.1.2. Antecedentes investigativos a nivel nacional

1. Upme, (abril de 2012), “Estudio de producción de coque y carbón metalúrgico, uso y comercialización”, Bogotá-Colombia. **Objetivo:** Implementar estrategias para buscar mayor eficiencia en el uso del carbón coquizable. **Aspectos metodológicos:** Combinación entre el muestreo selectivo de los productores de carbon y censo de los coquizadores con enfoque de inventario informativo **Resultados:** Se caracterizaron las áreas de producción identificando la calidad y disponibilidad de carbones y técnicas de coquización. **Conclusiones:** La coquización representa actualmente la única forma de agregar valor en le mercado externo de carbones colombianos como incentivo económico mas importante para asegurar el uso eficiente del recurso (UPME, 2012).
2. Yelcin Caled Caballero Villamizar, (2022), “Estrategias técnicas y operativas para el mejoramiento de la producción y la calidad del coque en la empresa Excomin S.A.A de Cúcuta”, Tunja- Colombia. **Objetivo:** Proponer estrategias técnicas y operativas para el mejoramiento de la producción y calidad del coque **Aspectos metodológicos:** Recursos y mejoras con enfoque cuantitativo para la obtención de costos. Además, se consideraron tres etapas; monitoreo de tiempos, caracterización de mezclas y caracterización de coque. **Resultados:** Estrategias encaminadas a mejorar el aumento del índice de cargue, disminución del tiempo de apertura de los hornos, mejoras en la logística del proceso, disminución del consumo de agua, mejoramiento de las características de calidad del producto y eliminación de movimientos innecesarios. **Conclusiones:** Al evaluar los métodos y procedimientos de control se justificaron las estrategias implementadas que finalmente optimizaron el proceso (Caballero, 2022).
3. Luis Guillermo Novoa Cortes, (2011), “Aprovechamiento de coque de petróleo como aditivo en la producción de coque siderúrgico”, Bogotá- Colombia. **Objetivo:** **Aspectos metodológicos:** Se caracterizaron las muestras de coque de petróleo y siderúrgico individualmente y en mezclas, por análisis próximo, elemental, poder calorífico, termogravimetría CRI y CSR. **Resultados:** Se realizó

un diseño de mezclas de carbones con coque de petróleo evaluando su efecto sobre el CRI y el CSR de los carbonizados. **Conclusiones:** Se logró generar un coque de buena calidad con adiciones de coque de petróleo de hasta un 20% en la mezcla (Novoa, 2011).

5.1.3. Antecedentes investigativos a nivel local

1. Kelly Johana Cogollo Pabón & Dayanna Castillo Vasco, (2019), “Análisis de riesgos de operabilidad en los tambores de la unidad de coquización retardada de una refinería en la región caribe colombiana, mediante el método de hazop”, Cartagena-Colombia. **Objetivo:** Identificar y mitigar los riesgos asociados a la operación de tambores de coque. **Aspectos metodológicos:** Aplicación de la metodología *hazardous operations*. **Resultados:** se eligieron las variables de proceso más relevantes como temperatura, presión, flujo y nivel y se identificaron los escenarios con mayor riesgo siendo estos, derrames de coque, liberación de vapor y agua a elevadas temperaturas, liberación de agua de corte a alta presión, sobrellenado del tambor, errores en la operación de descabezado del tambor, errores en la secuencia de las operaciones **Conclusiones:** Se plantearon las recomendaciones operativas, de diseño, mantenimiento y prevención que fueron pertinentes para mitigar o evitar incidentes cuyo impacto afecte al personal, al medio ambiente y a la empresa.
2. Ascanio Ferreira et al. (2015), “Refinería de Cartagena: hacia la transformación de un nuevo modelo de mantenimiento centrado en la lubricación”, Cartagena-Colombia. **Objetivo:** Presentar realidades comparadas y contrastadas con los estándares de las mejores prácticas del mantenimiento clase mundial en Lubricación. **Aspectos metodológicos:** tipo de investigación descriptiva con enfoque cualitativo para facilitar el análisis de la información presentada **Resultados:** Se presentaron los desafíos del mantenimiento de la empresa, siendo estos el análisis anticipado de estrategias y el aseguramiento de la ejecución y control de actividades presentes a favor de la consecución de las metas. **Conclusiones:** El estudio resaltó la importancia del proceso de gestión de mantenimiento acorde a la magnitud del proyecto de expansión y modernización

de la refinería, el cual incorporará en sus plantas incluida la de coquización retardada un grupo de equipos rotativos, móviles y estacionarios críticos e importantes, los cuales se requieren mantener e incrementar la disponibilidad mecánica, confiabilidad, seguridad operativa y reducir las reparaciones no programadas por defectos atribuibles a la Lubricación (Ortiz et al., 2015).

5.2. Marco Teórico

5.2.1. La coquización

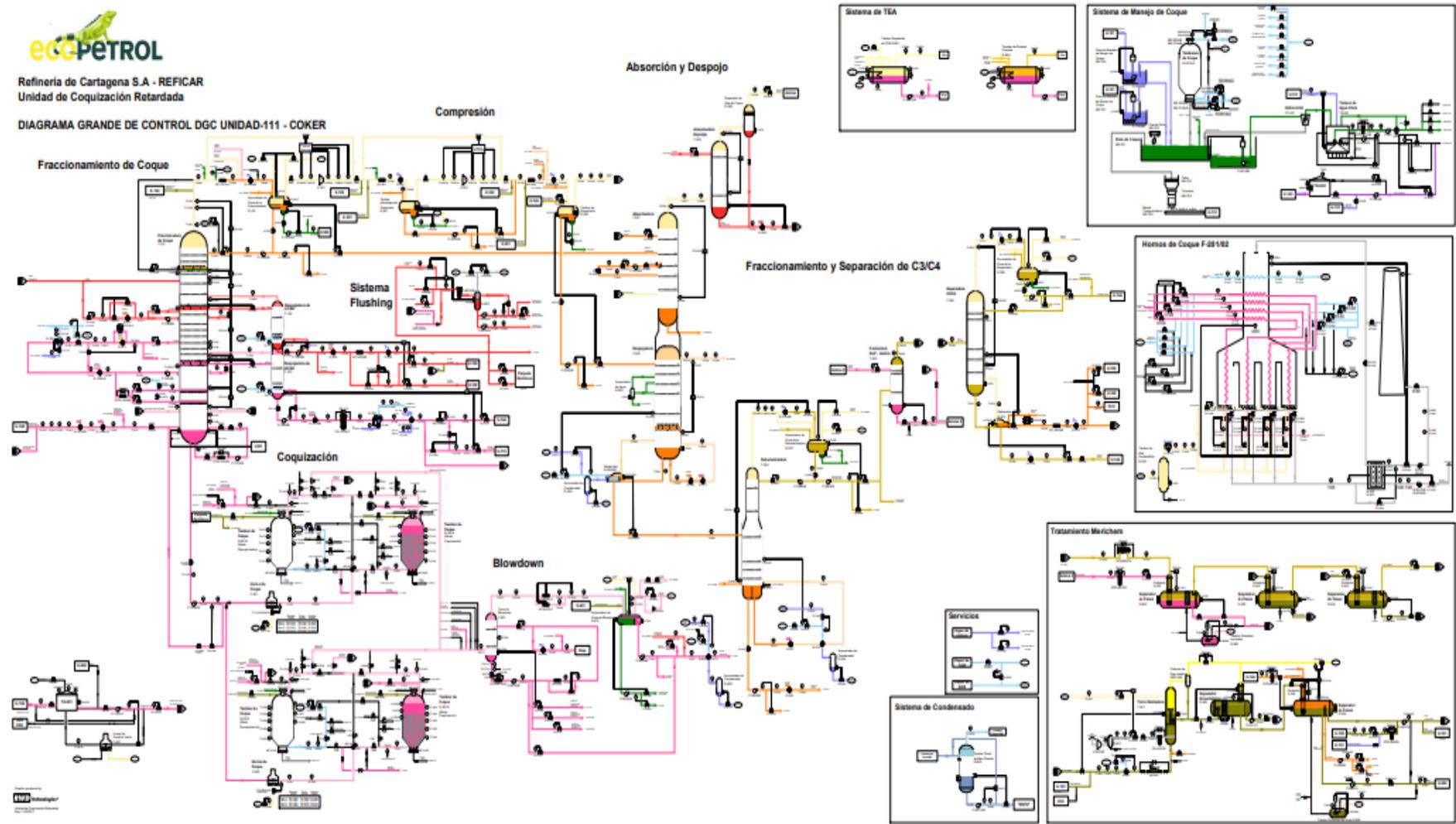
Desde el punto de vista de reacción química, la coquización puede ser considerada como un proceso severo de transformación en el cual uno de los productos finales es carbón (es decir, coque). De hecho, el coque formado contiene algunos materiales volátiles o hidrocarburos de alto punto de ebullición. Para eliminar esencialmente toda la materia volátil del coque de petróleo, debería ser calcinado a aproximadamente 2000 a 2300°F (1095 a 1260°C). Menores cantidades de hidrógeno permanecen en el coque aun después de la calcinación, los cuales dan incremento a la teoría sostenida por algunos autores que el coque es en realidad un polímero.

La coquización fue usada primeramente para pretratar los residuos de vacío, preparar las corrientes de gasóleo de la coquización y para la alimentación en una desintegración catalítica. En años recientes, la coquización también ha sido usada para preparar corrientes de alimentación de hidrodesintegradoras y para producir coque de aguja de alta calidad, así como gasóleo pesado catalítico y crudos decantados de la unidad de desintegración catalítica (Ramírez, 2009).

5.2.2. Coquización retardada en la Refinería de Cartagena

La Unidad de Coquización Retardada (Ver Figura 1) es parte del proyecto de expansión de la Refinería de Cartagena que incluyó el diseño, construcción y puesta en marcha de la planta. En esta ocurre un rompimiento de moléculas mediante temperatura (craqueo térmico) para generar productos más valiosos como gas combustible, olefinas, nafta, gasóleo pesado y gasóleo liviano. También se obtiene un producto único, no visto antes en las refinerías del país como es el coque del petróleo, el cual es un producto de gran demanda en la industria siderúrgica y cementera.

Figura 1. Unidad de coquización retarda



Nota: Tomado del Diagrama grande de control de la unidad de coquización retardada

5.2.2.1. Etapas del proceso

5.2.2.1.1. Fraccionamiento del coque

En la fraccionadora de coque se separa la carga en gas, nafta liviana de coque, gasóleo de coque liviano (LCGO) y gasóleo de coque pesado (HCGO) por medio de destilación. Las corrientes laterales líquidas se extraen, se enfrían y retornan a la fraccionadora como reflujo.

5.2.2.1.2. Coquización

Describe el flujo de proceso del residuo de vacío proveniente de los fondos de la fraccionadora de coque, a través de los hornos de coque y de los tambores de coque para obtener vapores de coque, vapores de *blowdown* y una mezcla de coque y agua.

5.2.2.1.3. Blowdown

Los vapores de *blowdown* de los tambores de coque llegan a la torre de *blowdown*. En la torre los vapores se separan en aceite de enfriamiento y vapores de *blowdown*.

5.2.2.1.4. Compresión

El hidrocarburo gaseoso proveniente de la sección superior del acumulador de cima de la fraccionadora pasa a través de la primera etapa del compresor de gas húmedo. Una parte de los gases comprimidos en la 1ª etapa se une a la corriente de entrada a los condensadores de cima de la fraccionadora de coque. La otra parte de la corriente se une con la corriente de gases provenientes de la descarga de la 2ª etapa de compresión del y recibe la inyección de una corriente continua de aguas agrias proveniente del tambor de recontacto.

5.2.2.1.5. Absorción y despojo

La sección absorción y despojo describe el flujo de proceso de las corrientes de hidrocarburos provenientes del fraccionamiento de coque y de compresión. Esta la absorción el gas de cima proveniente del tambor de recontacto ingresa a la absorbedora por debajo del plato No. 1 y asciende por los platos de la torre. En el proceso de despojo, El líquido proveniente del fondo del tambor de recontacto ingresa a la despojadora por encima del plato No. 30 y cae por los platos de la torre hasta llegar al fondo de esta.

5.2.2.1.6. Fraccionamiento y separación de C3/C4

En la sección de fraccionamiento ocurre la debutanización, absorción GLP-amina, tratamiento merichem y separación de

5.2.2.2. Equipos

Los principales equipos que conforman una unidad de coquización retardada son: la fraccionadora principal, Horno de Coquización, Tambores de Coque, las bombas de alimentación, entre otros.

5.2.2.2.1. Tambores de coque

En los tambores (Ver Figura 2) se da la formación de coque se encuentra determinada por la cantidad de asfáltenos que se tienen en la corriente de alimentación. Ese decir, esta se encuentra determinada por la naturaleza de la materia prima. El tiempo de residencia y la temperatura del reactor determinan la eficiencia de la reacción.

En el interior de los tambores de coque a causa de las reacciones químicas y las condiciones de alta temperatura con baja presión se formarán tres fases. La primera fase se conformará de todos los hidrocarburos volátiles y el hidrógeno generado, este conjunto son los cortes ligeros para recuperar en la fraccionadora. Por otro lado, en el fondo de los reactores se generará toda la fase sólida de coque que debido a su estructura porosa será libre de hidrocarburos.

Figura 2. Tambores de la unidad de coquización y piscina de coque



Nota: Suministrada por la empresa

5.2.2.2.2. Horno

El punto de craqueo es la temperatura en la cual las moléculas largas del crudo empiezan a romperse generando compuestos más livianos, en promedio este punto se encuentra entre 480°C y 515°C. La temperatura del horno debe ser mayor a 515°C es por eso que el proceso más crítico de una unidad de coquización retardada es el horno. La temperatura no puede disminuir debido a que esto provocaría una prematura coquización y taponamiento en los tubos. Por esta razón la operación del horno debe contar con todos los mecanismos automáticos para evitar una parada de planta (Romero, 2016).

5.2.2.2.3. Fraccionadora principal

El fondo del fraccionador, actúa en la unidad como un acumulador o reservorio y posee un flujo uniforme en relación a las bombas de carga del horno. Recibe el vapor que

retorna de los tambores de coque; lo que ayuda la separación del gas, la nafta y gasóleos (Sigcha, 2017). A continuación, en la Figura 3 se muestra la torre fraccionadora de la unidad de coquización de la Refinería de Cartagena.

Figura 3. Torre fraccionadora de la unidad de coquización retardada



Nota: Suministrada por la Refinería de Cartagena

5.2.2.3. Productos

En la unidad de coquización retardada se obtienen los siguientes productos:

- ✓ Coque de petróleo

El Petroleum Coke, abreviado PetCoke y también llamado Coque de Petróleo, es la fracción más pesada producto de la refinación del petróleo. Sale en forma sólida del proceso de Coquización Retardada. El coque comercializado es de grado combustible y clasificado morfológicamente como tipo shot.

Se caracteriza por tener un alto valor calorífico, alto contenido de azufre y baja cantidad de volátiles. En esencia está compuesto por carbón elemental (80-95 % wt). Debido a que dobla la capacidad calorífica del carbón, es adecuado utilizarlo como sustituto de éste en plantas de generación de energía, así como en la fuente de calor para hornos de cemento. También se aprovecha como fuente de carbón para industrias como la de los fertilizantes, así como materia prima para realizar gas de síntesis. Sometido a procesos de calcinación, el nivel de pureza del carbón le permite ser empleado en la producción de aluminio, acero, electrodos, dióxido de titanio, entre otros (Reficar, 2020).

✓ Gasóleo de Coque Pesado

Es comúnmente usado como carga a las unidades de craqueo catalítico o hidrocrqueo. Este uso del gasóleo de coque puede resultar en un aumento considerable en la producción de gasolina, combustible de aviación o diésel.

✓ Gasóleo de Coque Liviano

Puede ser hidrotratado para estabilización del color y utilizado en el pool de mezcla de destilados de la refinería.

✓ Nafta de Coque

La nafta liviana de coque después de su estabilización en la unidad de recuperación de vapores es a menudo endulzada y utilizada en el pool de gasolina. La nafta pesada puede ser hidrotratada y utilizada como materia prima del reformador catalítico o directamente en el pool de gasolina.

✓ Gas de Coque

El gas producido en la unidad se carga a la unidad de recuperación de vapores en donde se producen GLP y gas combustible de refinería.

Cabe mencionar que aparte de los productos descritos, también se obtiene butano y propano.

5.2.3. Técnicas de corte de coque

5.2.3.1. Decoquizado Mecánico

Se realiza inicialmente un agujero piloto de aproximadamente un metro de diámetro a través de la perforación en la parte superior del tambor hacia la parte inferior. Después de completar la perforación piloto, el piloto pequeño es cambiado al corte pequeño, el cual luego es retirado para comenzar el corte hacia abajo en espiral de 4-6 RPM. Por lo general se reducirá una sección vertical de cuatro metros por movimiento de la broca del taladro de arriba abajo hasta que el coque de la sección sea todo cortado.

5.2.3.2. Decoquizado Hidráulico

El sistema hidráulico es simplemente un gran número de jets de agua a altas presiones de 138 a 310 bar (2000 a 4500 psig); los cuales son introducidos en una cama de coque haciendo una perforación rotatoria. Primero se corta un agujero de pequeño diámetro (18 a 24 o 45 in), y luego todo el camino a través de la cama desde el tope hacia el fondo. Se realiza usando un jet especial, el cual fue diseñado para permitir tanto la entrada de la perforación principal, así como el movimiento del coque y el agua a través de la cama (Sigcha, 2017).

5.2.4. Sistema de corte

El sistema de corte en la parte superior del tambor se construyen unas columnas de perforación para que el tronco del taladro (5 a 6 pulgadas de tubo extra pesado) pueda ser movido con un torno y cable. Las corrientes de agua a altas presiones cercanas a los 688 bares (10.000 psig) riegan con la manguera la parte superior del tronco del taladro. El tronco del taladro gira con un motor de aire en la parte superior a través de un conjunto rotativo (Sigcha, 2017).

5.3. Marco Conceptual

PROCEDIMIENTO: Conjunto de acciones que se realizan de la misma forma para obtener un resultado en particular.

HERRAMIENTA DE CORTE (*CUTTING TOOL*): Es el último equipo en la cadena de componentes interconectados del sistema de Cortado en el DCU, por medio de las toberas y boquillas de corte va a utilizar el flujo y la presión generados por la bomba JET PUMP para realizar el cortado a presión de Coque.

JUNTA ROTATORIA (*ROTARY JOINT*): Es un equipo giratorio que tiene como finalidad la de conducir el agua de alta presión al conjunto del sistema de cortado, gira en sentido horario mirando hacia abajo, soporta el peso y la rotación del conjunto de cañones, que es de 100-140 pies (30-43mt) de altura y esta ubicados en la plataforma de tope de los tambores.

MANGUERA DE CORTADO (*DECOKING WATER HOSE*): Es la encargada de transmitir el flujo de agua a alta presión de la bomba a la junta rotatoria y permite el movimiento hacia arriba y debajo de la herramienta de cortado.

GUAYA: o cable *bowden* es un tipo de cable mecánico flexible usado para la transmisión mecánica del movimiento por tracción.

5.4. Marco Legal

Para la realización del estudio se consideran algunas de las normas y estándares tenidos en cuenta para la gestión de calidad, seguridad, gestión de riesgos, gestión energética entre otros aspectos importantes que intervienen en el proceso de cambio de guaya y la operación óptima de la unidad como se observa en la Tabla 1

Tabla 1. Marco legal

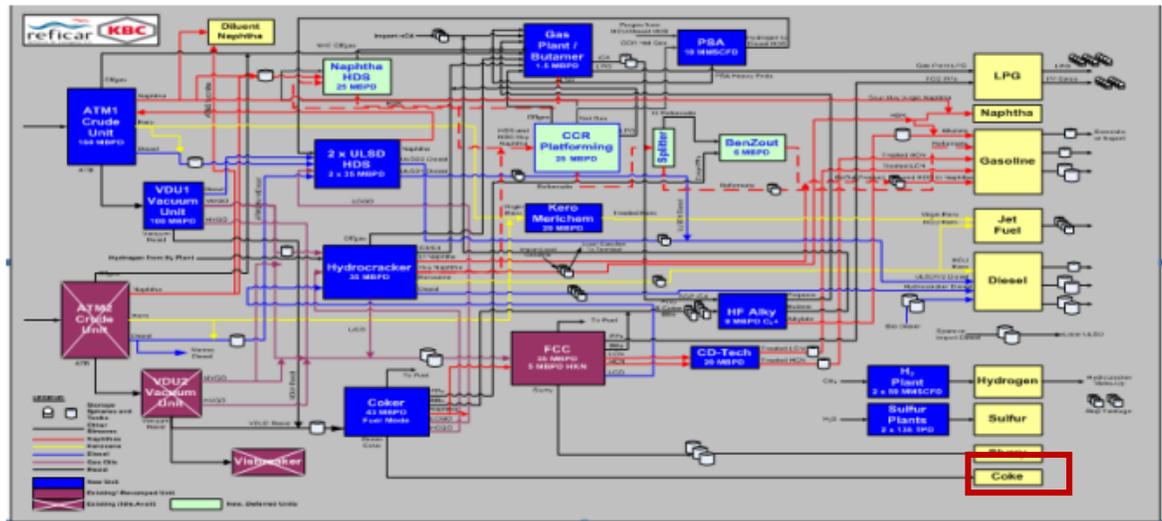
ISO 50001	Normativa internacional desarrollada por ISO que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización.
NBIC	<i>National Board Inspection Code</i> . Código de inspección utilizado por el inspector de los equipos sometidos a presión
ISO 90001	Norma aplicada a los sistemas de gestión de calidad de organizaciones públicas y privadas
ISO 14001	Son un conjunto de normas que cubre aspectos del ambiente, de productos y organizaciones
Decreto 1072	Regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Nota: Elaborado por los autores

5.5. Marco Geográfico

El proyecto se llevará a cabo en la ciudad de Cartagena en la Refinería ubicada en el km 12, variante Mamonal Gambote, El Chorto. En la Figura 4. Se pueden apreciar las unidades que conforman la Refinería de Cartagena señalando la de interés para el desarrollo del trabajo en curso.

Figura 4. Diagrama General de la Refinería Cartagena, señalando la unidad de coquización retardada.



Nota: Tomado del Manual de procesos de la Unidad en estudio

6. Diseño Metodológico

6.1. Tipo de investigación

Para diseñar un proceso que permita realizar de forma óptima el cambio de guaya en el sistema de corte de la unidad de Coquización Retardada se llevó a cabo una investigación de tipo aplicada.

De acuerdo con Lozada (2016), La investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. La cual requiere una estrecha colaboración entre la academia, la industria y los usuarios finales por intermedio de la industria. Esta considera su aplicación en tres pasos:

- ✓ El primero consiste en la búsqueda de aplicaciones y la adaptación de las teorías o resultados de las ciencias básicas.
- ✓ El segundo hace referencia a la inclusión en el proceso de las necesidades sociales o industriales, que permite inventar conceptos de aplicación de la teoría.
- ✓ En el tercero se da la creación de prototipos que materializan el concepto y que se pueden transferir a la industria para que se transformen en productos (Jose, 2016).

En consecuencia, en el actual estudio, se utilizaron las bases teóricas para el diseño de un conjunto de acciones que aplicadas a la industria de refinación de petróleo dieran solución a la problemática descrita.

6.2. Enfoque

El enfoque adoptado fue mixto, de tal manera que se pudieran utilizar las ventajas del cualitativo, para utilizar la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. Y, el enfoque cuantitativo que se base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. En consecuencia, ambos enfoques permitieron un mejor análisis de la información recolectada para la obtención de resultados que aportaran valor al proceso en mención.

6.3. Fuentes de investigación

6.3.1. Fuentes primarias

Las fuentes de información primarias del proyecto fueron los documentos del proceso, tales como, manuales de operación, diagramas de procesos, registro de lecciones aprendidas, históricos, registro de fallas entre otros.

6.3.2. Fuentes Secundarias

La información secundaria de la investigación, estuvo asociada a los artículos, tesis, libros, sitios web y demás aportes que faciliten la comprensión del proceso y permitan la obtención de bases teóricas y alternativas de solución a la problemática planteada.

6.4. Variables de medición

6.4.1. Variables dependientes

- ✓ Temperatura
- ✓ Presión

6.5. Recolección y análisis de datos

El levantamiento de la información primaria se realizó a través de un rastreo documental de datos puntuales del proceso. Además, se aplicaron entrevistas al personal encargado como operadores, equipo de mantenimiento e ingeniero de procesos para mayor conocimiento del estado actual del problema, seguimiento de históricos que ha impactado la operación en planta y propuesta de alternativas de solución.

El levantamiento de la información secundaria se realizó a través de una ficha bibliográfica empírica agrupando los aportes recolectados en las categorías: Coquización retardada, operación de tambores de coque, fallas en tambores de coque, fallas en sistemas de corte, importancia del mantenimiento preventivo, entre otros.

Los datos recolectados fueron procesados a través de tablas, figuras y graficas que permitieron un mejor análisis de estos para la obtención de resultados que aporten valor al proceso y a la unidad en estudio.

6.5.1. Variables independientes

- ✓ Tiempo

6.6. Unidad de estudio o muestra

La unidad de estudio correspondió al sistema de corte de los tambores de coque de la unidad de coquización retardada de la Refinería de Cartagena. Debido a que el cambio de guaya se da específicamente en esta área y afecta principalmente la operación de los reactores en mención.

6.7. Fases y actividades metodológicas

Para alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo de investigación se llevarán a cabo las etapas y actividades metodológicas descritas a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Fases y actividades metodológicas de la investigación

Objetivos específicos	Actividad metodológica	Técnicas para el tratamiento de la información	Resultados
Analizar el proceso actual de cambio de guaya a través de herramientas diagnósticas y entrevistas a expertos para la identificación de oportunidades de mejoras.	-Inspección a la unidad -Revisión de impactos	-Observación -Análisis documental -Entrevista semiestructurada -Observación -Aplicación de herramientas como FODA o Ishikawa	Identificación de oportunidades de mejora
Proponer y evaluar alternativas de solución considerando criterios técnico-económicos para su selección.	-Surgimiento de alternativas de solución -Análisis técnico económico de alternativas -Revisión en la literatura	-Juicio de expertos - Hoja de calculo -Ficha bibliográfica	Selección de alternativa

Plantear actividades de proceso que integren las oportunidades de mejora y la alternativa de solución seleccionada en las etapas del proceso de cambio de guaya.	-Selección de equipos -Selección de materiales -Integración de oportunidad alternativa seleccionada -Integración de oportunidad de mejora	- Juicio de expertos -Análisis documental - Análisis de riesgos	Proceso para optimizar el cambio de guaya
--	--	---	---

Nota: Elaborado por los autores

La representación gráfica de las actividades y fases descritas se observan a continuación en la Figura 5.

Figura 5. Etapas metodológicas de la investigación



Nota: Elaborado por los autores

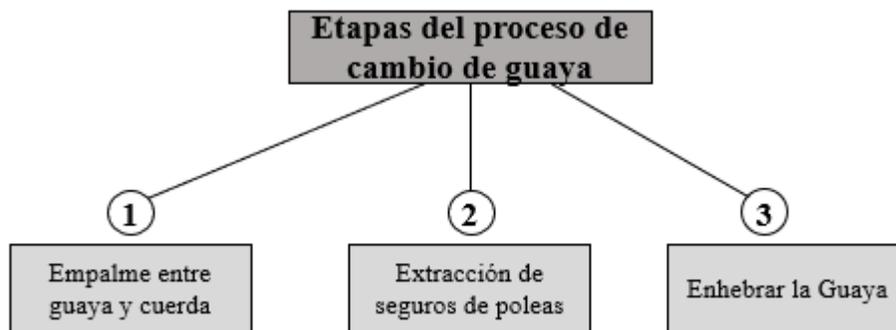
7. Resultados

En el actual capítulo se lleva a cabo la obtención de resultados del trabajo de grado, el cual constó de tres etapas. Primeramente, se realizó análisis del proceso de cambio de guaya, para conocer la condición actual de este. Además, se aplicó la herramienta Ishikawa realizando entrevistas al personal para la obtención de causas que generan los síntomas mencionados en la descripción del problema del proyecto y a partir de estas obtener oportunidades de mejoras. Finalizada esta etapa, se proponen alternativas de solución de las cuales se selecciona la más viable técnica y económicamente. Dando lugar a la propuesta de actividades que mejoran el proceso de cambio de guaya en la empresa.

7.1. Análisis del proceso de cambio de guaya

Dicho lo anterior, se analiza el proceso actual de cambio de guaya a través de la herramienta Ishikawa y entrevistas a expertos para la identificación de oportunidades de mejoras. Se inicia con la descripción del proceso, con la finalidad de obtener las condiciones bases previa a la propuesta que permita las mejoras de este. Las etapas que lo conforman se presentan a continuación en la Figura 6.

Figura 6. Etapas del proceso de cambio de guaya actual



Nota: Elaborado por el autor

El proceso consiste en retirar el punto fijo de la guaya en el sistema y comenzar a sacarla del tambor del winche, cuando el último tramo de la guaya este a la vista (donde se aloja el seguro), se realiza una pausa y se retira la cuña quedando la guaya totalmente fuera del tambor.

Posteriormente se realiza ascenso de dos técnicos a los niveles donde se encuentran las poleas y se retiran los pasadores de seguridad de estas que son los encargados de evitar que pasen cuerpos extraños entre el cable y la polea. Una vez realizado este trabajo se procede a empalmar la guaya con una serie de nudos, se continúa halando la guaya y la cuerda comienza a reemplazarla en el sistema de poleas del sistema de corte.

Finalmente, cuando haya salido toda la guaya, se procede de forma inversa, se empalma la guaya nueva del lado en que bajo la cuerda y se comienza a halar o enhebrar manualmente la guaya nueva. La cual, estando instalada en el sistema se normalizan las poleas instalando nuevamente los pasadores de seguridad.

Algunas de las características de la guaya y del proceso son las siguientes:

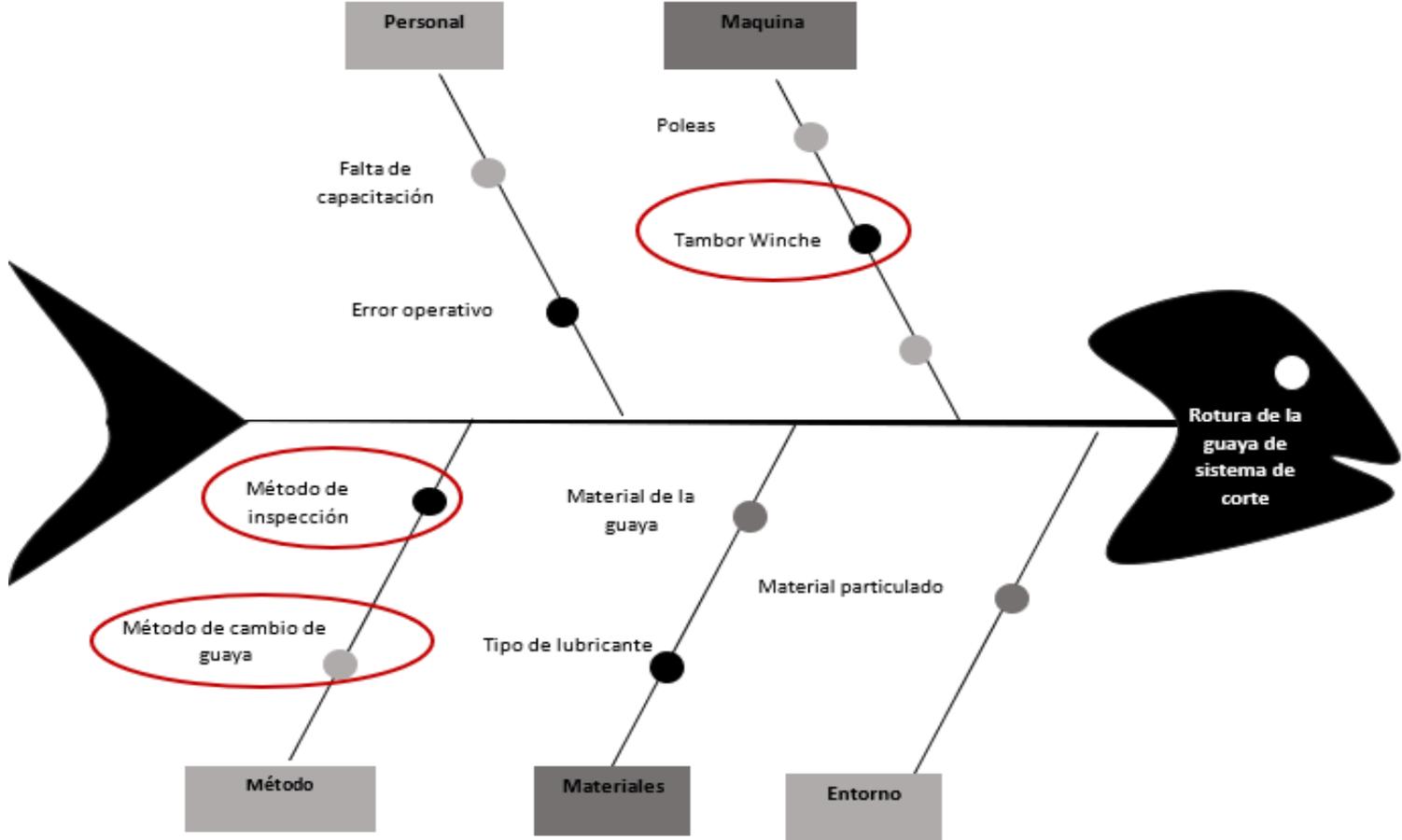
- ✓ Peso: 280 kg
- ✓ Número de trabajadores en la ejecución: 12
- ✓ Tiempo de ejecución de cambio de guaya: 12 horas
- ✓ Material de la guaya: Acero
- ✓ Longitud de la guaya: 260 metros
- ✓ Diámetro de la guaya: 6-8 pulgadas

Como se puede observar en la descripción del proceso actual de cambio de guaya que se lleva a cabo en la unidad de estudio, este resulta altamente riesgoso y complejo, involucrando un alto número de trabajadores y generando un tiempo de ejecución elevado que impacta y retrasa las actividades productivas hasta por 12 horas.

7.1.1. Análisis de Ishikawa

Para complementar el análisis del proceso actual de cambio de guaya en el sistema de corte de los tambores de coque de la Unidad de Coquización retarda se realizaron entrevistas al personal que labora en la planta y se aplicó la herramienta diagnóstico Ishikawa que permitió la obtención de causas que lo impactan, como se observa a continuación en la Figura 7.

Figura 7. Diagrama de Ishikawa



Nota: Elaborado por los autores

7.1.1.1. Máquina

En lo referente a las maquinas o equipos que intervienen en el proceso de cambio de guaya, el desgaste de las ranuras de las poleas ocasiona el deterioro de esta, ya que se da una mayor fricción entre ambos. Lo que finalmente, podría resultar en el rompimiento de la guaya. Por otro lado, un inadecuado enrollamiento del elemento de interés en el tambor de winche también ocasiona su deterioro. Esto se debe a que no se cumple con el ángulo de esviaje (5-6°) que se estipula en los documentos de la empresa para la realización de esta actividad.

7.1.1.2. Personal

Si bien el talento humano es uno de los activos más importantes de una organización, la falta de capacitación del personal impide la adecuada inspección, mantenimiento y desarrollo de las actividades relacionadas con el cambio de guaya del sistema de corte.

7.1.1.3. Entorno

Dado el tipo de proceso que se lleva a cabo en la coquización retardada, se genera un material particulado en el ambiente denominado fino de coque. Que, al estar en contacto con la grasa que lubrica la guaya genera abrasión y en consecuencia su rápido deterioro.

7.1.1.4. Materiales

El tipo de material que compone la guaya podría disminuir su vida útil. Además, la viscosidad del lubricante afecta la manipulación de esta y la adhesión del material particulado presente en el ambiente de la planta.

7.1.1.5. Método

La ausencia de un método de inspección, mantenimiento, funcionamiento y cambio de la guaya podría ocasionar las fallas constantes en el sistema de corte y operación de la unidad en general.

Ahora bien, una vez presentadas y socializadas con un equipo integrado por jefe de planta, operadores y supervisores se identificó como la causa de mayor impacto al proceso el método actual de cambio de guaya que se realiza en la empresa. Por lo cual, la modificación de este se constituye como la principal oportunidad de mejora en busca de reducir los tiempos

de ejecución de la actividad, el alto número de trabajadores y aumente la seguridad del personal y equipos que intervienen en el proceso.

7.1.2. Análisis de riesgo e impactos ambientales

Dado que las actividades de cambio de guaya del sistema de corte generan altos riesgos para el personal encargado y para el medio ambiente. En la presente sección se realiza un análisis de estos, previo a la propuesta y ejecución del proceso.

La identificación de riesgos se realizó en apoyo del personal HSE, considerando los factores de riesgo, peligros y controles. En total fueron 21, asociados a factores físico, mecánico, biomecánico, psicosocial, locativo, tecnológico, químico, eléctrico y de seguridad. Asociados al ruido, heridas, golpes de calor, superficies de trabajo, la realización de trabajos simultáneos, materiales combustibles, entre otros. Cuya ampliación de la información y los controles para cada uno se puede observar en el Anexo B.

En el caso de los aspectos controles e impactos ambientales en total se identificaron 4 aspectos asociados al consumo de recursos, consumo adicional de energía eléctrica, generación de residuos sólidos reciclables y/o aprovechables, escape y derrame de sustancias químicas. Cuya información complementaria asociada a impactos y controles se puede observar en el Anexo B.

7.2. Propuesta y evaluación de alternativas de solución

Para la propuesta de actividades que permitan la mejora del proceso de cambio de guaya en la unidad de coquización se establecen y analizan las alternativas de solución considerando aspectos técnicos y económicos para su selección las cuales se presentan a en la Tabla 3 y se describen de forma detallada en la actual sección.

Tabla 3. Análisis de alternativas de la solución

N °	Alternativa	Descripción	Consideraciones económicas
1	Empalme con grapas	Enhebrado manual	Costos min por adquisición de grapas

2	Empalme entre guayas mediante trenzado	Enhebrado manual	No requiere de costos adicionales para su realización
3	Empalme con cable grip + Winche neumático	Enhebrado automático	No requiere de costos adicionales para su realización

Nota: Elaborado por los autores

7.2.1. Empalme con grapas

Esta alternativa consiste en cortar el punto fijo de la guaya en el sistema y comenzar a sacarla del tambor del winche, cuando el último tramo de la guaya este a la vista (donde se aloja el seguro), se realiza una pausa y se permite el ascenso de dos técnicos a los niveles donde se encuentran las poleas para retirar los pasadores de seguridad de estas.

Una vez realizado este trabajo se procede a cortar la guaya del lado del punto fijo donde se estaba halando y procede a empalmar la guaya nueva con grapas de 5/8" (tres en total cada 20cm), una vez hecho el empalme, se le dice al operador que recoja nuevamente la guaya vieja en el tambor pero a su vez se va enhebrando la guaya nueva por el sistema de poleas del sistema de corte, cuando la guaya nueva llega a punto de enhebrarse en el tambor se realiza una pausa para soltar las grapas de las guayas y sacar del tambor la guaya vieja.

Por último, se instala en el tambor la guaya nueva y se asegura con la cuña, el operador tiene vía libre para recoger la guaya nueva en el tambor del winche y terminada esta tarea se procede a normalizar los seguros de las poleas. Cabe mencionar que el tiempo de duración del proceso descrito es de aproximadamente seis horas de trabajo continuo y los costos para su puesta en marcha son mínimos debido a que estarían asociados únicamente a la adquisición de grapas.

7.2.2. Empalme entre guayas mediante trenzado

Esta alternativa consiste cortar el punto fijo de la guaya en el sistema y comenzar a sacarla del tambor del winche, cuando el último tramo de la guaya este a la vista (donde se aloja el seguro) se realiza una pausa, y dos técnicos ascienden al nivel donde se encuentran las poleas y se les retira los pasadores de seguridad, al igual que en la alternativa anterior.

Realizado la primera parte del trabajo se procede a cortar la guaya del lado del punto fijo donde se estaba halando y se realiza el empalme trenzando de manera manual las dos puntas de las guayas una vez hecho el empalme se le dice al operador que recoja guaya, envolviendo nuevamente la guaya vieja en el tambor e izando la guaya nueva por el sistema de poleas del sistema de corte.

Cuando la guaya nueva llega a punto de enhebrarse en el tambor se realiza una pausa para cortar el empalme entre las guayas y sacar del tambor la guaya vieja, una vez este toda afuera se instala en el tambor la guaya nueva y se asegura con la cuña, el operador tiene vía libre para recoger la guaya nueva en el tambor del winche, una vez la guaya nueva este toda en el tambor se procede a normalizar los seguros de las poleas. El tiempo de duración de esta actividad puede estar entre 8, 10 o más horas de trabajo continuo y no requiere de costos adicionales para su puesta en marcha.

7.2.3. Empalme con cable grip + Winche neumático

Este método consiste en utilizar un equipo neumático o eléctrico que haga la fuerza por los técnicos, la igual que en las alternativas anteriores en un inicio se retira el punto fijo de la guaya en el sistema y se comienza a sacarla del tambor del winche, cuando el último tramo de la guaya este a la vista (donde se aloja el seguro), se realiza una pausa, se retira la cuña quedando la guaya totalmente fuera del tambor del winche.

En este punto el winche neumático debe de tener una guaya en el tambor entre 3/8” y 1/2”, en la punta de esta guaya se instalará un cable grip con dos grapas. Una vez realizado el empalme entre el cable grip y la guaya del tambor del winche neumático se procederá a empalmar el cable grip a la guaya vieja que se encuentra el sistema y por seguridad se instalan tres abrazaderas metálicas.

La guaya vieja se extrae del sistema de poleas mientras la guaya que se encuentra en el winche neumático la va remplazando hasta llegar del lado del punto fijo. Cuando la punta de la guaya nueva se encuentre del lado del winche de sistema se retira el empalme del cable grip y se monta la guaya nueva en el tambor del sistema, se asegura con la cuña y el operador termina de recoger la guaya en el winche del sistema de corte. Cuando la guaya esta recogida se instala el punto fijo, se guarda equipo y se entrega al operador. El tiempo de ejecución de esta actividad es de aproximadamente 2 horas, solo se requiere la intervención de tres

trabajadores y no requiere de costos adicionales para su puesta en marcha debido a que en la empresa se cuenta con los materiales necesarios.

7.2.4. Análisis de ventajas y desventajas de alternativas

Para la selección de la alternativa más viable para su futura aplicabilidad en el sistema en estudio, en la Tabla 4 se relacionan las ventajas y desventajas de cada una a partir de las descripciones realizadas.

Tabla 4. Análisis de ventajas y desventajas de alternativas

N°	Alternativa	Ventajas	Desventajas
1	Empalme con grapas	-El proceso cumple con el objetivo de cambio de guaya	-Tiempo de operación excesivo - Presenta riesgo para el personal -Retrasos en las actividades productivas de la unidad - Costos extras por adquisición de grapas. -Enhebrado manual -Mayor numero del personal para la realización de la actividad
2	Empalme entre guayas mediante trenzado	- No requiere de costos extras por adquisición de complementos para el proceso	-Enhebrado manual -Altamente riesgoso para el personal -Mayor número de personal para la realización de la actividad
3	Empalme con cable grip + Winche neumático	-Enhebrado automático -Sin costos extras por complementos para la realización de la actividad -Corto tiempo de ejecución -Menor riesgos para el personal -Mayor prontitud para dar continuidad al proceso de coquización de la unidad -Menor número de trabajadores requeridos para la actividad	

Como se pudo observar en la Tabla 4, la alternativa número 1 resulta viable técnicamente para el proceso sin embargo el tiempo de duración retrasaría la puesta en marcha de las actividades productivas en la unidad y acarrearía costos extras por adquisición de complementos para el empalme.

En el caso de la alternativa número dos, la principal desventaja consiste en que el proceso es altamente riesgoso por peligro de atrapamiento de extremidades y representa mayor complejidad para el personal que la realiza, extendiendo en gran manera el tiempo de ejecución del proceso, el cual dependerá de la habilidad del técnico y el trenzado que se decida realizar entre guayas.

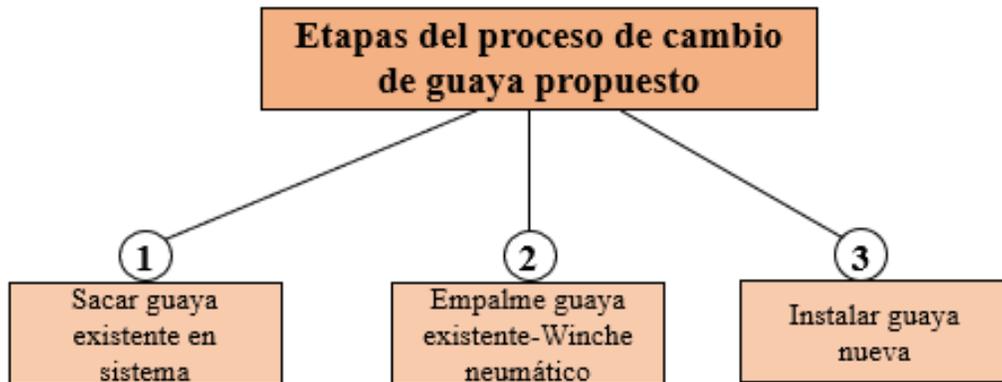
Finalmente, se selecciona la alternativa número tres como la de mayor viabilidad para su futura implementación y propuesta del proceso para el cambio de guaya en el sistema de corte. Debido las ventajas que ofrece asociadas principalmente al tiempo de ejecución de la actividad, siendo este mucho menor al de las alternativas uno y dos. Por otra parte, también representa menores riesgos para el personal y brinda mayor continuidad al proceso de coquización que se lleva a cabo en la unidad.

7.3. Proceso de cambio de Guaya propuesto

En esta sección se lleva a cabo el planteamiento de actividades de proceso que integrará las oportunidades de mejora y la alternativa de solución seleccionada para la realización de cambio de guaya, que consiste en realizarlo a través del empalme con cable grip + winche neumático.

Este proceso parte de tres etapas principales, siendo la primera retirar la guaya existente del sistema, la segunda consiste en empalmar la guaya existente con el winche y por último la tercera para realizar la instalación de la guaya nueva. La representación gráfica de estas se muestra a continuación en la Figura 8.

Figura 8. Esquema del Proceso del cambio de guaya propuesto



Nota: Elaborado por los autores

Ahora bien, para lograr llevar a cabo el proceso de cambio de guaya y previo a la descripción detallada de cada una de las etapas se presentan en esta sección los componentes a tener en cuenta tales como, responsables, herramientas y los requisitos o precondiciones necesarias para la actividad.

7.3.1. Responsables

Para llevar a cabo las actividades que integran el proceso de cambio de guaya propuesto en la Tabla 5 se dan a conocer los responsables con sus respectivas funciones siendo estos, el coordinador, supervisor, QA/QC, HSE, rescatista y personal de ejecución.

Tabla 5. Responsables y funciones

Responsable	Funciones
Coordinador	Dar cumplimiento a las normativas y lineamientos a seguir en el proceso.
Supervisor	Implementar y hacer cumplir las actividades que integran el proceso.
QA/QC	Velar porque el personal conozca plenamente el proceso a aplicar, controlara el proceso y generar los registros de los controles que se efectúen.
HSE	Asegurar que todos los riesgos estén debidamente evaluados, se han seguido los procesos y se encuentran aplicando los controles acordes al análisis de riesgos

Rescatista	Inspeccionar el área, realizar el plan de rescate coordinar las actividades de trabajo en altura y realizar maniobras de rescate en un posible incidente.
Personal de ejecución	Realizar las actividades de acuerdo la descripción del proceso, cumpliendo las normas de seguridad implementas y llevando los controles reseñados en el análisis de riesgo. El orden y aseo será fundamental en el trascurso

7.3.2. Herramientas

La ejecución de las actividades del proceso requiere de herramientas de trabajo, las cuales se listan en la Tabla 6, distinguiendo entre principales, auxiliares y la función de cada una.

Tabla 6. Herramientas para la ejecución de actividades

N°	Herramienta	Clasificación	Función
1	Guaya 3/8"	Principal	Reemplazar la guaya existente en el sistema de forma momentánea mientras se realiza la instalación de la nueva.
2	Llave para tubos	Auxiliar	N/A
3	Llaves mixtas	Auxiliar	Retirar guarda de seguridad del winche
4	Barretas	Auxiliar	N/A
5	Eslingas	Auxiliar	Izar el carrito con la guaya nueva en sitio
6	Alambre	Auxiliar	Asegurar el empalme entre las guayas por medio del cable grip
7	Disco de corte	Principal	Realizar el corte de la guaya que se desfleque
8	Grilletes	Auxiliar	N/A
9	Cable grip de 5/8	Principal	Pieza para realizar el empalme entre guayas (nueva y vieja)
10	Winche	Principal	Realiza la función de sacar la guaya vieja y montar la guaya nueva)

11	Andamios	Auxiliar	Requeridos para la realización de los trabajos en altura
12	Manilas 5/8 x 300m	Auxiliar	En caso de que la guaya se caiga, se hace el enhebrado con la manila y se realiza el cambio manualmente.
13	Discos de pulir y de corte.	Auxiliar	N/A
14	Pulidora pequeña 4 1/2"	Auxiliar	N/A
15	Wiper	Auxiliar	N/A
16	Carreto	Auxiliar	Útil para enrollar la guaya que se retira del sistema durante el cambio

7.3.3. Requisitos y precondiciones

Para poner en marcha el proceso se deberán tener en cuenta algunos requisitos y precondiciones que se listan a continuación:

- ✓ El supervisor y los técnicos deberán leer las recomendaciones del área de confiabilidad señalada en el alcance de la orden de trabajo registrada en el sistema de información de la empresa.
- ✓ Al trabajar en planta se deberán verificar las restricciones existentes en las áreas clasificadas.
- ✓ Se deberán asegurar los sistemas SAES del equipo, entregado por Ecopetrol.
- ✓ El supervisor y mantenedores diligenciarán los permisos de trabajo respectivos a la mayor brevedad para evitar retrasos en las labores.
- ✓ Todo el personal que laborará en la planta, deberá recibir el adiestramiento sobre el manejo, instalación y el uso de los diferentes equipos de protección personal para la actividad.
- ✓ El supervisor divulgará y aplicará el análisis de riesgo (AR) previo a la ejecución de las actividades del proceso.
- ✓ Será de gran importancia que los técnicos ejecutores estén certificados para realizar trabajos en altura.

- ✓ En caso de que exista o se presenta alguna condición operativa (derrame, fuga, alarma o inestabilidad operacional) en el entorno del sistema donde se estén ejecutando las actividades del proceso, estas se deberán suspender inmediatamente informando al personal de dirección.
- ✓ Se deberá verificar que el área de trabajo cuente con buena iluminación.
- ✓ Se deberán establecer e identificar las rutas de evacuación, señalización y delimitación del área.
- ✓ Será necesario mantener permanente comunicación durante la ejecución de las actividades entre el personal involucrado.
- ✓ Será necesario retirar e inspeccionar las herramientas requeridas en las actividades. Además, se diligenciarán los preoperacionales que correspondan.
- ✓ Se realizará el transporte de las herramientas necesarias hasta el sitio de trabajo, demarcando esta área para evitar el ingreso de otras personas ajenas a la actividad.
- ✓ Finalmente, se instalarán extensiones eléctricas y reflectores en caso de que las actividades se vayan a desarrollar en la noche para mejorar la visibilidad.

7.3.4. Descripción de etapas

En esta sección se definen las actividades a tener en cuenta en cada una de las etapas que integran el proceso.

7.3.4.1. Etapa 1: Sacar guaya existente en sistema

Tabla 7. Actividades para sacar guaya existente en sistema

#	Descripción de la actividad
1	Verificar que la longitud de la nueva guaya sea de 260 metros
2	Subir al winche neumático el rollo nuevo de guaya al nivel 280, con un diferencial anclado o amarrado a la estructura y dejarlos sobre el soporte



3 Colocar SAES a el rotary joint y ventilador.

4 Verificar que la herramienta se encuentre descansando sobre los **LATCH MECHANIC**



Latch mechanic
activado ROTARY
JOINT ARRIBA

5 Indicar al operador del sistema de corte, que pase a modo de mantenimiento en la consola. Cabe resaltar que modo mantenimiento se debe seleccionar contrario al tambor a cortar.

6 Iniciar el cambio de guaya teniendo en cuenta que la herramienta se encuentre en la parte superior o arriba.

7 En compañía del operador des tensionar guaya del winche.

8 Retirar guarda metálica de la guaya en el winche.

9 Soltar grillete de punto fijo del tensiómetro.

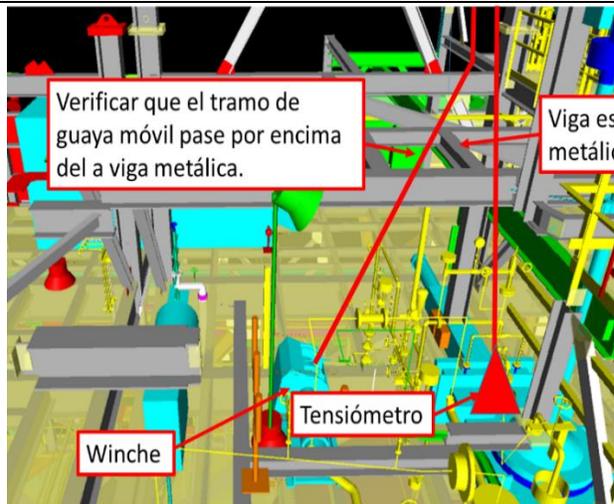
10	<p>En compañía del operador desenrollar guaya del tambor y en conjunto con los técnicos comenzar a jalar la guaya desde el punto fijo. La guaya se irá enrollando en un carrete para su preservación.</p> <div data-bbox="321 348 1317 785" data-label="Image"> </div>
11	<p>Realizar el enrollamiento de la guaya en el carrete con la precaución de no sufrir atrapamiento de la mano. Cabe mencionar, que esta operación se realiza hasta que en el tambor del winche quede solamente la guaya del seguro.</p>
12	<p>Asegurar con una manila guaya a estructura metálica (la que se encuentra en el tambor)</p>
13	<p>Soltar seguro de la guaya que se encuentra en el tambor del winche</p> <div data-bbox="391 1094 1248 1478" data-label="Image"> </div>
14	<p>Realizar limpieza del extremo de la guaya que está en el tambor con desengrasante para realizar empalme con cable grip.</p>
15	<p>Realizar empalme con cable grip en la guaya existente (introducir competo) y asegurar</p>

	<p>con 6 abrazaderas de 5/8" bien ajustadas.</p>
16	Asegurar empalme de guaya del winche neumático con guaya usada.
17	Jalar el resto de la guaya e ir soltando guaya del winche neumático, realizando tensión en la en la misma (guaya de 3/8" para evitar caída de la guaya por peso).
18	La primera etapa concluye cuando se halla jalado toda la guaya existente que se encuentra en el sistema y la guaya de 3/8" la haya remplazado en las poleas.

7.3.4.2. Etapa 2: Empalme guaya existente con winche neumático

Tabla 8. Actividades para la ejecución de la etapa 2

#	Descripción de la actividad
1	Soltar empalme del cable grip que está en la guaya existente para su recuperación, posteriormente realizar la limpieza de este con desengrasante.
2	Realizar empalme (cable grip recuperado) en guaya nueva con las abrazaderas bien ajustadas.
3	Verificar que la guaya nueva quede por la parte superior de la viga metálica.



- 4 Tener personal técnico supervisando el correcto montaje de la guaya por las poleas.



- 5 Comenzar a jalar con el winche neumático la guaya nueva suavemente, hasta que el empalme regrese al tambor del winche neumático (técnicos desenrollando carrito de guaya nueva).



7.3.4.3. Etapa 3: Instalación de guaya nueva

Tabla 9. Actividades para la ejecución de la etapa 3

#	Descripción de la actividad
1	Asegurar guaya nueva a estructura metálica con una manila.
2	Soltar empalme del cable grip que se encuentra en la guaya nueva.
3	Asegurar guaya en el tambor del winche
4	Con el apoyo del operador enrollar guaya nueva en tambor del winche (los técnicos deben ir desenrollando el carrito de guaya nueva).
5	Lubricar con grasa la guaya nueva mientras se va enrollando



- | | |
|---|---|
| 6 | Ajustar Press roll en el winche para garantizar el ajuste de la guaya en el tambor, si el rodillo se encuentra desgastado, debe ser cambiado o reportado a el ingeniero de mantenimiento ECP. |
| 7 | Cuando se haya enrollado todo el cable en tambor y el grillete del punto fijo se evidencie se debe instalar le pasador y el clip en le tensiómetro. Para esto, se recomienda solicitar el acompañamiento de técnicos instrumentistas. |

8. Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados del proyecto se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

Del análisis del proceso actual de cambio de guaya se encontró que este era altamente riesgoso, con tiempos excesivos, complejo y con elevado número de trabajadores para su realización. Además, a través de la aplicación de la herramienta Ishikawa se identificó que la causa de mayor impacto a los síntomas descritos fue la ausencia de un método definido para llevarlo a cabo.

De las tres alternativas propuestas y evaluadas técnica y económicamente mediante un análisis de ventajas y desventajas se seleccionó la de mayor viabilidad el empalme entre guayas con cable grip + winche mecánico. Debido a que reducía los tiempos de ejecución, se requería un menor número de trabajadores, aumentaba la seguridad del proceso al ser de forma automática y no generaba costos extras para su puesta en marcha.

Finalmente, se propuso un proceso de cambio de guaya usando el cable grip + el winche mecánico que consto de tres etapas principales siendo estas, sacar guaya existente en el sistema, empalmar guayas con winche mecánico e instalar guaya nueva.

9. Recomendaciones

A partir del trabajo de grado realizado se recomienda principalmente la evaluación detallada del proceso propuesto por parte de la alta gerencia previa a su implementación en la empresa conforme a sus políticas, presupuestos, protocolos y demás factores que se deban considerar.

En lo referente al análisis de los riesgos e impactos ambientales que intervienen en el proceso se aconseja su ampliación y revisión por parte del personal competente para una puesta en marcha segura del proceso propuesto.

Por último, se recomienda la realización de capacitaciones al personal que labora en la unidad para garantizar una implementación eficiente de las actividades propuesta. Evitando afectaciones a su integridad física, al funcionamiento de equipos y a las actividades productivas de la coquización retardada en general.

10. Referencias

- Caballero, Y. (2022). *ESTRATEGIAS TÉCNICAS Y OPERATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DEL COQUE EN LA EMPRESA EXCOMIN S.A.S DE CÚCUTA* [Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Ecopetrol. (2015). *Manual de descripción de procesos de la Unidad de Coquización Retardada (Coker)* (p. 28).
- García, J. (2021). *Plan de Seguridad y Salud Laboral para la realización de trabajos metalúrgicos en equipos en una unidad del área de combustibles de una Refinería*. [Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial]. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5008/tfm524.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jose, L. (2016). Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica*, *1*(3), 34–39. <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>
- Llop, P., & Recalde, G. (2013). *Optimización de Proceso Productivo*. Instituto Universitario Aeronautico.
- Novoa, L. (2011). *Aprovechamiento de coque de petróleo como aditivo en la producción de coque siderúrgico*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ortiz, C., Ferreira, A., & Mendez, O. (2015). *Caso De Estudio : Refinería De Cartagena : Hacia La Transformación De Un Nuevo Modelo De Mantenimiento Centrado En La Lubricación*. Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Ramírez, A. (2009). *SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA PLANTA DE COQUE RETARDADO DE LA REFINERÍA DE MINATITLÁN*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reficar. (2020). *CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS AMBIENTALES Y MODIFICACIONES A LA LICENCIA AMBIENTAL DE REFICAR*

(p. 137). <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>

Romero, W. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE COQUIZACIÓN RETARDADA PARA CRAQUEO DE CRUDO EXTRA PESADO*. Escuela Politécnica Nacional.

Salazar, S., Pérez, N., Urbina, R., & Meza, A. (2015). Evaluación de posibles mejoras en la calidad del coque retardado Venezolano por medio del manejo de las condiciones de diseño y operación del tambor de coquización. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2), 326–333.

Sanchez, J. (2016). *EVALUACIÓN DEL PROCESO EN PLANTAS DE COQUIZACIÓN RETARDADA EN LAS REFINERIAS DEL NORTE DEL PAÍS*. Instituto Politécnico Nacional.

Sigcha, D. (2017). *SIMULACIÓN Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE COQUIZACIÓN RETARDADA PARA TRATAMIENTO DE LOS FONDOS DE LAS UNIDADES VISCORREDUCTORAS DE REFINERÍA ESMERALDAS TRABAJO*. Universidad Central de Ecuador.

UPME. (2012). Estudio de producción de coque y carbón metalúrgico, uso y comercialización. In *Ministerio de Minas y Energía*. <https://bdigital.upme.gov.co/jspui/handle/001/1107?mode=full>

11. Anexos

Anexo A: Matriz de riesgos y peligros

FACTOR DE RIESGO	PELIGRO	RIESGOS	CONTROLES
Físico	Ruido \geq 85 dB. (Continuo, intermitente e impacto)	Exposición al ruido superior de 85 db. Pérdida auditiva inducida por ruido	Examen médico ocupacional. Utilizar elementos de protección personal (protección auditiva) de acuerdo a los niveles de presión sonora en el área o los emitidos por las fuentes generadoras de ruido. Socialización de buen uso y manejo de protección auditiva.
Biomecánico	Carga estática de pie	Desordenes de trauma acumulativo, lesiones del sistema músculo esquelético, fatiga, alteraciones del sistema vascular, alteraciones lumbares, dorsales, cervicales y sacras	Interrumpir por periodos de tiempo la exposición a los trabajadores en esta posición mediante rotación de personal y rotación de tareas durante la jornada laboral. Realizar desplazamientos cortos en el área de trabajo periódicamente durante la jornada laboral. Suministrar un asiento para que el trabajador pueda sentarse a intervalos periódicos. Si la superficie de trabajo no es ajustable, hay que suministrar un pedestal para elevar el plano de trabajo de las personas de mayor estatura. A los más bajos, se les debe facilitar una plataforma para elevar su altura de trabajo, intercambiando la posición de los pies con un plano superior para que la rodilla contraria quede semiflexionada. Realizar pausas activas. Dotar a los trabajadores con calzado.
Biomecánico	Carga dinámica por movimientos repetitivos	Desordenes de trauma acumulativo, lesiones del sistema músculo esquelético, fatiga, alteraciones del sistema vascular.	Interrumpir por periodos de tiempo la exposición a los trabajadores en esta posición, mediante la rotación de personal o rotación de tareas durante la jornada laboral. Aumentar la frecuencia y duración de los descansos para garantizar la recuperación del trabajador. Limitar el uso de herramientas manuales que produzcan vibración y disminuir la fuerza empleada al utilizarlas. Adoptar una posición neutral de la muñeca al digitar, realizar pausas activas.
Mecánico	Manejo de máquinas y herramientas manuales, estructuras.	Heridas, amputaciones, laceraciones, golpes	Realice inspección del estado de herramientas. Diligencia el formato de Pre operacional de Herramientas. Usar la herramienta adecuada para el desarrollo de la actividad. Tener las habilidades y competencias para el buen uso de herramientas. Utilizar los elementos de protección personal. concentración y coordinación al momento de manipular las estructuras
Mecánico	Superficies calientes	Quemaduras, laceraciones.	Aislar la fuente emisora cuando sea posible. Implementar recubrimientos con materiales aislantes de temperatura a superficies y puntos de agarre de máquinas, equipos y herramientas. Señalizar y demarcar áreas de riesgos. Implementar guardas de seguridad y/o sensores de aproximación para evitar el contacto directo del trabajador con la superficie caliente. Restringir áreas de circulación adyacentes a focos radiantes de calor (distancia mínima 1.5 metros). Divulgar procedimiento de manejo seguro de herramientas y equipos, Utilizar herramientas adecuadas para la manipulación de piezas calientes y frías. Realizar inspecciones de seguridad general y específica a equipos, máquinas y herramientas. Dotar de elementos de protección personal de acuerdo a la tarea a ejecutar como: guantes de material aislante, mangas de carnaza, ropa protectora, monogafas, careta facial, delantal, calzado de seguridad, polainas.
Psicosocial	Monotonía del trabajo	Subvaloración de los riesgos	Auto reporte de condiciones de salud, fomento de trabajo en equipo, Fomentar la claridad y la transparencia organizativa, Proporcionar toda la información necesaria, adecuada y a tiempo para facilitar la realización de tareas y la adaptación a los cambios, pausas activas, fomento de liderazgo en los trabajadores, jornadas de calistenia, nunca trabajar solo.
Biomecánico	Carga dinámica por esfuerzos	Desordenes de trauma acumulativo, lesiones del sistema músculo esquelético, fatiga, alteraciones del sistema vascular.	Señalizar las cargas con etiquetas que informen el peso que se va a manipular. Las cargas a manipular el trabajador deberán estar por debajo de los 25 Kg (hombres) y 12,5 (mujeres) y deben encontrarse ubicadas al nivel de la cintura; las cargas que se manipulan con frecuencia deben almacenarse a una altura que permita su fácil manipulación, es decir al nivel de la cintura del trabajador. A nivel del piso solo se almacenarán las cargas que serán manipuladas mediante ayudas mecánicas y se movilizan con poca frecuencia. Interrumpir por periodos de tiempo la exposición a manejo de cargas mediante la rotación de personal o rotación de la tarea durante la jornada laboral. La forma y volumen de las cargas debe permitir fácil agarre. Divulgar mediante procedimientos seguros para la manipulación de ayudas mecánicas incluyendo peso máximo de capacidad. Realizar mantenimiento periódico a equipos. Realizar exámenes médicos ocupacionales de ingreso y periódicos.
Biomecánico	Carga dinámica por movimientos repetitivos y posturas prolongadas, manejo manual de cargas	Desordenes de trauma acumulativo, lesiones del sistema músculo esquelético, fatiga, alteraciones del sistema vascular.	Interrumpir por periodos de tiempo la exposición a los trabajadores en esta posición, mediante la rotación de personal o rotación de tareas durante la jornada laboral. Aumentar la frecuencia y duración de los descansos para garantizar la recuperación del trabajador. Limitar el uso de herramientas manuales que produzcan vibración y disminuir la fuerza empleada al utilizarlas, realizar pausas activas. uso de cargas con ayudas mecánicas en caso de sobrepasar 25 kg .no obstaculizar la vista al momento de manipular cargas, realizar flexión de las rodillas y espalda recta al momento de realizar levantamiento manual de cargas

Mecánico	Partes en movimiento, sistemas de transmisión y puntos de operación.	Heridas, amputaciones, trastornos de tejidos blandos, golpes, fracturas, muerte	Instalar guardas de seguridad en puntos de operación y sistemas de transmisión de fuerza que impida el contacto directo del trabajador. Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, máquinas y guardas de seguridad para garantizar su operatividad. Al realizar labores de mantenimiento, limpieza, lubricación, entre otras, aplicar el estándar de aseguramiento de energías peligrosas. Liberar energía almacenada (bloqueo y tarjeteo). Señalizar los puntos o áreas de operación donde el riesgo este presente. Realizar inspecciones de seguridad general y específica.
Fenómenos Naturales	Tormentas y/o Lluvias	Probabilidad de descarga eléctrica, resfriados, gripe, u otra enfermedad producto de la lluvia.	Si se encuentra cerca de la tormenta dirigirse a punto de encuentro y/o lugar seguro. Las líneas telefónicas y las cañerías de metal pueden conducir electricidad por lo tanto evitar contacto. Desenchufar todos los equipos y los aparatos eléctricos. Evite usar el teléfono, computadores y los electrodomésticos.
Físico	Temperaturas extremas	Golpe de calor, exposición a temperaturas extremas, sofocación, sudoración	Pausas activas, hidratación del personal, uso de tela polisombra, uso de bloqueador solar, concentración y coordinación en la actividad, uso de capuchones personales
Mecánico	Equipos y herramientas en operación (herramientas manuales,)	Particular proyectadas-Exposición y contacto/vibraciones	Inspección preoperacional de herramientas y equipos, plan de mantenimiento, uso de guardas de seguridad, reporte de condiciones inseguras, uso de berreras o mamparas, inspección de áreas, no permitir el ingreso a personal ajeno, no usar herramientas y equipos modificadas artesanalmente, proteger equipos u otras cosas delicadas alrededor del área, uso de protección facial y respiratoria, delimitación de áreas, orden y aseo en las área de trabajo, pausas activas, rotación de personal en caso de requerir.
Locativa	Superficies de trabajo, sistemas y medios de almacenamiento	Tránsito por superficies irregulares, Condiciones con faltas de orden y aseo, caída de objetos	Inspección de áreas, remover obstáculos y señalizar los no removibles, uso de botas de seguridad, jornadas de orden y aseo, mantener orden y aseo durante la ejecución de las actividades y dejar las áreas de trabajo en condiciones de higiene y seguridad.
Condiciones de seguridad	Trabajos simultáneos	Interferencias con otros trabajos	Inspección de áreas, planificación de actividades con el fin de verificar la simultaneidad de trabajos y delimitar áreas, autorización de permisos de trabajo, definición de responsabilidades claras, No permitir el acceso a personal no autorizado, señalizar obstáculos no removibles, mantener orden y aseo durante la ejecución de la actividad y concentración y coordinación.
Tecnológico	Cámara fotográfica	Incendio o explosión	Verificación de cámara previo al inicio de la actividad, monitoreo de atmosfera en caso de aplicar, verificar la disponibilidad de extintor cargado y vigente, cancelación de registro fotográfico en caso de evidenciar presencia de gases por monitoreo de atmosfera.
Mecánico	Mangueras presurizadas	Perdida de contención/manipulación inadecuada/mangueras inadecuadas/ contacto/exposición	Inspección de mangueras, verificación de las presiones de las líneas de proceso con el operador en el sistema Y/O compresor utilizado para la actividad. Contacto continuo con el operador para seguimiento de las presiones presentes. Informe al supervisor cualquier condición insegura con el fin de sacar las mangueras fuera de servicio, no utilizar mangueras en mal estado o repararlas de forma artesanal, mantener orden y aseo durante la ejecución de la actividad y dejar el área en condiciones de higiene y seguridad. Uso de anti látigos, acopie bien las mangueras lejos de puntos cortantes, impida que se doblen, usar epp básicos y específicos según la actividad, identifique las líneas de peligro o fuego al momento de manipular las mangueras, tenga en cuenta el radio de acción de las mangueras, señalización y delimitación de áreas de trabajo si es necesario. CUANDO LAS MANGUERAS NO ESTEN EN USO ACOPIARLAS ORGANIZADAS DE TAL MANERA QUE NO AFECTEN EL TRANSITO DE PERSONAL O EQUIPOS.
Químico	COQUE Y MATERIAL PARTICULADO DE COQUE	MATERIAL COMBUSTIBLE (Incendio, Daños a las personas, quemaduras) INHALACIÓN DE LAS PARTÍCULAS Explosión por polvos suspendidos, enfermedades pulmonares	Identificar las áreas en las que potencialmente puede presentarse exceso de coque particulado. Señalizar las áreas y equipos en donde exista presencia de estas sustancias. Verificar la disponibilidad y buen estado de elementos para la mitigación de material particulado, mantener orden y aseo del lugar para evitar conatos de incendio. Uso de mascarilla adecuada para este tipo de material particulado (N95). Despejar y aislar área en la que se presente exceso de material particulado, hasta que se normalicen las condiciones El uso de la mascarilla media cara con cartuchos es de uso obligatorio en todo momento dentro de la unidad, Uso de traje para protección de material particulado TYVEK en caso de ser necesario.
Físico - Químico	Materiales y sustancias combustibles	Quemaduras, amputaciones, alteraciones de órganos y sentidos, muerte.	Realizar inspecciones periódicas generales y específicas a áreas de trabajo, equipos de control de incendio portátiles y fijos; incluir aquellos equipos externos a la empresa que puedan soportar la atención de una posible emergencia (hidrantes y siamesas). Almacenar y manipular las materias primas, insumos y otros elementos combustibles e inflamables que intervienen en el proceso, de acuerdo a la compatibilidad química y características. Realizar mantenimiento preventivo y correctivo para equipos de control de incendios fijos y portátiles, internos y externos, redes e instalaciones eléctricas, maquinaria y equipos con potencial de generar incendios. Aislar las fuentes o procesos que generen alta probabilidad de incendio. Disponer de sistemas de enfriamiento y ventilación de máquinas, equipos y áreas de trabajo donde se pueda generar incendio. Señalizar y demarcar las áreas donde se encuentre el riesgo.
Tareas de alto riesgo	Trabajos en caliente, corte con pulidora.	Quemaduras, intoxicaciones, muerte	Aislar o cubrir materiales inflamables y/o combustibles, instalar mamparas que aislen a las personas del proceso de soldadura, corte y esmerilado, proveer de equipo contra incendio en el lugar del trabajo a realizar. Implementar recubrimientos con materiales aislantes de temperatura a superficies y puntos de agarre de máquinas, equipos y herramientas. Señalizar y demarcar áreas de

			riesgos. Implementar guardas de seguridad y/o sensores de aproximación para evitar el contacto directo del trabajador con la superficie caliente. Restringir áreas de circulación adyacente a focos radiantes de calor (distancia mínima de 1.5 m). Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a fuentes generadoras de calor y sistemas de control. Divulgar procedimientos de manejo seguro de herramientas y equipos, Utilizar herramientas adecuadas para la manipulación de piezas calientes. Realizar inspección Preoperacional a equipos, máquinas y herramientas. Dotar de elementos de protección personal de acuerdo a la tarea a ejecutar, como: guantes de material aislante, mangas de caraza, ropa protectora, monogafas, careta facial, delantal, calzado de seguridad, polainas, careta para soldadura, respirador con filtro para humos metálicos, chaqueta con polainas, peto.
Eléctrico	Descargas eléctricas	Electrocución, fatalidad.	Instalación de polo a tierra del equipo de soldadura, pinza y cables de soldadura en buen estado, bornes de equipos de soldadura ajustados.
De seguridad	Trabajos sobre plataforma de andamio	Ascenso, descenso, caídas de personas, objetos y herramientas	Personal capacitado e idóneo para realizar la actividad, verificación de certificación en andamio, no sobrecargue el andamio con cargas innecesarias, no modifique el andamio sin autorización, precalentamiento antes de iniciar labores, descansos intercalados. Asegurar la señalización, ubicar los pies firmemente sobre los escalones de acceso utilizando siempre los tres puntos de apoyo libres. Inspeccionar el área de trabajo, para el ascenso de recursos utilizar porta herramientas, sogas, ayudas mecánicas y no abandonarlos en los bordes. En caso de vientos fuertes o lluvias suspenda la actividad y diríjase a un lugar seguro. Verifique el nivel del mismo, este no debe estar apoyado en cajas, ladrillos o cualquier material que puede ser aplastado por el peso del mismo. Equipo de protección contra caídas si aplica, epp's básicos como gafas de seguridad, botas de seguridad con puntera, protectores auditivos si es necesario. Supervisión constante, delimitación del área, no permita el ingreso a personas ajenas a la actividad

Anexo B: Matriz de aspectos, impactos y controles ambientales

CONDICIÓN DE LA OPERACIÓN	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO			IMPACTO	CONTROLES
	ASPECTO	IDENTIFICACIÓN	PRODUCTO		
Normal	Consumo de recursos	Consumo de energía	Luz eléctrica	Agotamiento de recurso natural	Programa de buenas prácticas ambientales
				Incremento de la temperatura en el área de trabajo	Programa de buenas prácticas ambientales
Anormal	Consumo adicional de energía eléctrica	Consumo adicional de energía eléctrica por trabajos no programados	Luz eléctrica	Agotamiento de recurso natural	Programa de buenas prácticas ambientales
Normal	Generación de residuos sólidos reciclables y/o aprovechables	Consumo de papel. Cartón, , bolsas plásticas, etc.	Papel, cartón y plásticos aprovechables	Aumento de los residuos	Programa gestión integral de residuos
				Contaminación visual	Programa gestión integral de residuos
				Reducción de afectación al ambiente y generación de empleo	Programa gestión integral de residuos
Emergencia	Escape y derrame de sustancias químicas	Escape y derrame de sustancias químicas (hidrocarburo)	Aire y suelo	Contaminación del aire y suelo	Activación plan de emergencias, programa gestión integral de residuos.