

OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE  
BOMBEO DE AGUA “PANTANILLO”.

LILIANA ROCIO SABOGAL DUARTE  
PEDRO ANDRÉS ALFONSO RONDÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BCARAMANGA  
2016

OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE  
BOMBEO DE AGUA “PANTANILLO”.

LILIANA ROCIO SABOGAL DUARTE  
PEDRO ANDRÉS ALFONSO RONDÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO.

Director  
ALBERTO DAVID PERTUZ COMAS  
Doctor en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BCARAMANGA  
2016

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por darnos cada día y por todas las cosas lindas que nos ha regalado, por permitirnos compartir con las personas que nos quieren y presentar en nuestro camino a estos seres que han contribuido en este proyecto, por darnos la oportunidad de ser lo que somos cada día.*

*A la empresa para la cual realizamos este trabajo, a los líderes, amigos y compañeros del equipo de trabajo por su valioso aporte en conocimientos y experiencia.*

*A mi compañero y socio en el amor por su paciencia, dedicación, motivación y fortaleza en este camino para culminar este proyecto. Gracias amor mío por tanto.*

*Al profesor Alberto David Pertuz Comas por su orientación, dedicación, interés y conocimientos aportados en este proyecto.*

*Al profesor Pedro Jose Días Guerrero por su asesoría, orientación y ayuda*

*A mi familia por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme la vida y permitirme llegar a donde he llegado.*

*A mis padres por su apoyo, dedicación y consejos que me alentaron a luchar cada día.*

*A mi abuelita que con su ternura y bondad me hizo crecer brindándome su amor cada día.*

*A mi hermano por su cariño y a quien quiero dar lo mejor de mi como ejemplo y orientación su vida.*

*Al amor de mi vida por motivarme cada día a luchar, por brindarme su amor, paciencia, por incentivar me, por apoyame incondicionalmente y hacerme sentir que se puede luchar por ser mejor cada día y cumplir nuestros sueños.*

**LILIANA**

## DEDICATORIA

*Inicialmente dedico este trabajo a los seres que de algún modo han aportado de forma positiva y que han creído en mis capacidades, y en especial dedico este trabajo de grado a:*

### **A Dios**

*Por darme la fortaleza, el conocimiento, los medios, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente alcanzando el logro de esta meta; por ser mi compañía en momentos difíciles, por su cuidado y su infinito amor.*

### **A mi prometida y compañera de trabajo de grado.**

*Por darme ánimo, aliento, motivación, colaboración, compañía, paciencia y su inagotable amor.*

### **A mis padres.**

*Por su incondicional cariño, apoyo y por la formación que recibí en todos los aspectos de la vida.*

### **A mis abuelos.**

*Por su ejemplo de vida, por su voz de aliento, su cariño, su amor; a ellos les dedico este trabajo para llenarlos de orgullo por mis éxitos.*

### **A mis tíos y hermanos.**

*Por quienes quiero ser ejemplo de vida, por su compañía y apoyo en los momentos difíciles.*

**ANDRÉS**

## CONTENIDO

	Pag.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>18</b>
<b>1.1 CONTEXTO OPERACIONAL ESTACIÓN DE BOMBEO PANTANILLO</b>	<b>18</b>
<b>2. DIAGNOSTICO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL</b>	<b>20</b>
<b>2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>20</b>
<b>2.2 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>2.2.1 Objetivo General.</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2 Objetivos Específicos.</b>	<b>21</b>
<b>2.3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>3. MARCO TEORICO</b>	<b>23</b>
<b>3.1 GESTION DE ACTIVOS</b>	<b>23</b>
<b>3.1.1 La política de gestión de Activos.</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2 Información, riesgos y planeación del activo.</b>	<b>24</b>
<b>3.1.3 Implementación y Operación.</b>	<b>24</b>
<b>3.1.4 Revisión y acciones Correctivas.</b>	<b>24</b>
<b>3.2 JERARQUÍA DE LOS ACTIVOS</b>	<b>25</b>
<b>3.3 MODELO OPTIMO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>28</b>
<b>3.3.1 RCM - Mantenimiento Centrado En Confiabilidad.</b>	<b>28</b>
<b>3.3.2 Análisis De Criticidad.</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3 PMO – Optimización Del Pan De Mantenimiento.</b>	<b>30</b>
<b>3.3.4 Diferencias Entre PMO y RCM.</b>	<b>32</b>
<b>3.3.5 Beneficios de PMO sobre RCM.</b>	<b>34</b>
<b>4. ANÁLISIS ESTADO ACTUAL</b>	<b>36</b>
<b>4.1 OBJETIVO GENERAL A ALCANZAR POR LA ORGANIZACIÓN</b>	<b>36</b>

<b>4.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATEGICO</b>	<b>37</b>
<b>5. MARCO METODOLOGICO</b>	<b>39</b>
<b>5.1 METODOLOGÍA PARA ANALISIS DE CRITICIDAD</b>	<b>39</b>
5.1.1 Definición de los activos a evaluar.	39
5.1.2 Recolección de la información.	40
5.1.3 Alistamiento de la Plantilla de Evaluación de Criticidad.	41
5.1.4 Desarrollo de taller de Análisis de Criticidad.	41
5.1.4.1 Valoración de la Consecuencia	43
5.1.4.2 Valoración de la Probabilidad de falla.	49
5.1.4.3 Redundancia.	50
5.1.5 Obtención final de criticidad para cada activo.	50
5.1.6 Informe Final.	51
<b>5.2 PLANEACION PARA PMO</b>	<b>52</b>
5.2.1 Reconocimiento del Negocio.	52
5.2.1.1 Estructura actual de la gestión de mantenimiento.	52
5.2.1.2 Estrategia de Cobertura de tareas de mantenimiento a los equipos.	52
5.2.1.3 Estrategia de la cadena de suministro.	52
5.2.1.4 Frecuencias de tareas parametrizadas en el CMMS.	52
5.2.1.5 Listado Jerárquico de equipos.	53
5.2.1.6 Contexto Operacional de la Instalación.	53
5.2.1.7 Herramientas de trabajo Disponibles.	53
5.2.2 Escogencia de la metodología a aplicar:	53
5.2.3 Recursos Necesarios.	54
5.2.3.1 Personal.	54
5.2.3.2 Información de equipos e instalaciones.	54
<b>5.3 DESARROLLO METODOLOGIA PMO</b>	<b>54</b>
5.3.1 Estudio de la información suministrada.	54
5.3.1.1 Evaluación de los planes de mantenimiento actuales.	55
5.3.1.2 Evaluación de los costos asociados a mantenimiento y restablecimiento.	55
5.3.1.3 Evaluación de las fallas por mantenimiento y Restablecimiento.	55
5.3.2 Aplicación 9 pasos PMO	56
5.3.2.1 Recopilación de tareas.	57
5.3.2.2 Análisis de modos de falla.	57
5.3.2.3 Racionalización y revisión del FMA.	57
5.3.2.4 Análisis funcional (opcional).	57
5.3.2.5 Evaluación de consecuencias.	58
5.3.2.6 Definición de la política de mantenimiento.	58

5.3.2.7	Revisión y agrupación.	58
5.3.2.8	Aprobación e implementación.	59
5.3.2.9	Programa dinámico.	59
5.3.3	Plantilla PMO	59
5.3.3.1	Jerarquía de Equipos.	59
5.3.3.2	Matriz de Criticidad.	60
5.3.3.3	Plan de Mantenimiento Actual.	60
5.3.3.4	Logística.	61
5.3.3.5	Costos de Mantenimiento actual.	62
5.3.3.6	Plan de mantenimiento Optimizado.	62
5.3.3.7	Costos de Mantenimiento Optimizado.	63
5.3.3.8	Costos de Mantenimiento Correctivo.	64
5.3.3.9	Costos de Mantenimiento Correctivo.	64
5.3.3.10	Decisión.	65
5.3.3.11	Resultado.	65
5.3.3.12	Plan de Mantenimiento Final.	66
6.	<b>RESULTADOS</b>	67
6.1	<b>RESULTADOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD</b>	67
6.1.1	Matriz resultante análisis de Criticidad.	67
6.1.1.1	Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto personas.	69
6.1.1.2	Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Ambiente.	69
6.1.1.3	Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Calidad.	70
6.1.1.4	Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Reputación.	70
6.1.1.5	Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Financiero.	71
6.1.2	Resultados Análisis de criticidad Final.	72
6.2	<b>RESULTADOS PLANES DE MANTENIMIENTO</b>	73
6.2.1	Análisis de datos de la plantilla PMO.	76
6.2.1.1	Cambios sobre el plan de Mantenimiento.	76
6.2.1.2	Reducción Potencial de Costos.	78
6.2.1.3	Comparativo Horas Hombre Actual Vs PMO	79
7.	<b>CONCLUSIONES</b>	81
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	82

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Tabla descriptores de objeto de impacto “Seguridad y salud de personas”.	44
Tabla 2. Tabla descriptores de objeto de impacto “Ambiente”	45
Tabla 3. Tabla descriptores de objeto de impacto “Calidad del servicio”.	46
Tabla 4. Tabla descriptores de objeto de impacto “Reputación o imagen corporativa”.	47
Tabla 5. Tabla descriptores de objeto de impacto “Económico o financiero”	48
Tabla 6. Tabla de Criterios para definición de probabilidad de Falla.	49
Tabla 7. Códigos de clasificación de redundancia.	50
Tabla 8. Hallazgos generales.	67
Tabla 9. Total criticidad objeto de impacto personas.	69
Tabla 10. Total criticidad objeto de impacto Ambiente.	69
Tabla 11. Total criticidad objeto de impacto Calidad.	70
Tabla 12. Total criticidad objeto de impacto Reputación.	71
Tabla 13. Total criticidad objeto de impacto Reputación.	71
Tabla 14. Resultado Análisis de Criticidad total.	72
Tabla 15. Activos con nivel de criticidad “Alto” y “Muy alto”.	73
Tabla 16. Cantidad de tareas por activo.	74
Tabla 17. Numero de tareas revisadas por sección o sistema.	75
Tabla 18. Cambios en las Tareas de Mantenimiento	76
Tabla 19. Reducción potencial de costos.	78
Tabla 20. Horas hombre plan de mtto actual vs PMO por especialidad.	80

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<b>Figura 1 . Área de Operación Sistema Interconectado.</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2. Árbol de equipos – Taxonomía.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3. Definiciones Jerárquicas.</b>	<b>27</b>
<b>Figura 4. Ciclo Reactivo.</b>	<b>30</b>
<b>Figura 5. Pasos del PMO.</b>	<b>31</b>
<b>Figura 6. Diferencia RCM-PMO [7]</b>	<b>33</b>
<b>Figura 7. Eficiencia PMO vs RCM.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 8. Proceso de gestión de activos con proyección a 2018.</b>	<b>36</b>
<b>Figura 9. Direccionamiento estratégico de la compañía.</b>	<b>37</b>
<b>Figura 10. Diagnostico Preliminar según PAS 55.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 11. Plan estratégico de gestión de activos.</b>	<b>38</b>
<b>Figura 12. Árbol de Equipos jerarquizados según Taxonomía compañía.</b>	<b>40</b>
<b>Figura 13. Plantilla para Análisis de Criticidad.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 14. Matriz usada para análisis de criticidad.</b>	<b>42</b>
<b>Figura 15. Proceso cíclico del análisis de criticidad.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 16. Diagrama de selección de metodología a aplicar.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 17. 9 pasos PMO.</b>	<b>56</b>
<b>Figura 18. Jerarquía de Activos en plantilla PMO.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 19. Matriz de criticidad en plantilla PMO.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 20. Plan de Mantenimiento actual en plantilla PMO.</b>	<b>61</b>
<b>Figura 21. Sección logística en plantilla PMO.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 22. Costo Mantenimiento Actual.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 23. Plan de Mantenimiento Optimizado.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 24. Costos Mantenimiento Optimizado.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 25. Costos Mantenimiento Correctivo.</b>	<b>64</b>
<b>Figura 26. Relación costo efectiva en plantilla PMO.</b>	<b>65</b>

<b>Figura 27. Sección Decisión en plantilla PMO.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 28. Resultado en plantilla PMO.</b>	<b>66</b>
<b>Figura 29. Plan de Mantenimiento Final.</b>	<b>66</b>
<b>Figura 30. Matriz de valoración de Criticidad por impacto y resultante.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 31. Porcentaje criticidad objeto de impacto: personas.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 32. Porcentaje criticidad objeto de impacto: ambiente.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 33. Porcentaje criticidad objeto de impacto: Calidad.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 34. Porcentaje criticidad objeto de impacto: Reputación.</b>	<b>71</b>
<b>Figura 35. Porcentaje criticidad objeto de impacto: Financiero.</b>	<b>72</b>
<b>Figura 36. Cantidad de Tareas revisadas por sistema o sección.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 37. Diagrama de decisión para las tareas de Mantenimiento.</b>	<b>77</b>
<b>Figura 38. Distribución de los cambios sobre las tareas de Mantenimiento.</b>	<b>78</b>
<b>Figura 39. Distribución beneficio total de las tareas de Mantenimiento.</b>	<b>79</b>
<b>Figura 40. Comparativo de horas hombre por año.</b>	<b>80</b>

## RESUMEN

**TITULO:** OPTIMIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA “PANTANILLO”. \*

**AUTOR:** Liliana Rocio Sabogal Duarte – Pedro Andres Alfonso Rondón. \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Análisis de criticidad, Optimización de planes de Mantenimiento, jerarquización de activos, toma de decisiones.

### DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo se realizó con el objetivo de optimizar los planes de mantenimiento que se realizan a los activos de la estación de bombeo de agua pantanillo, partiendo de la ejecución de la metodología “análisis de criticidad” la cual permite jerarquizar los activos en función de su impacto ambiental, seguridad en personas, imagen, financiero y calidad, dando como resultado la jerarquización de los activos por nivel de criticidad apoyando la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión del mantenimiento; como complemento al análisis de criticidad se desarrolló la metodología PMO mediante la cual se busca definir los planes óptimos de mantenimiento enfocados en eliminar de manera efectiva las causas de las fallas de acuerdo con el estudio de las tareas que no agregan valor y/o se duplican y los posibles modos de fallas, generando un Incremento en la disponibilidad de los equipos, reducción de fallas inesperadas, reducción de costos de mantenimiento, mejora en indicadores. Adicionalmente se encuentran otros beneficios como ahorro potencial de costos en la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo y predictivo permitiendo re-direccionar el presupuesto en áreas de mayor rentabilidad para la empresa.

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad De Ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Ph.D. Alberto David Pertuz Comas.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** OPTIMIZATION OF THE WATER PUMPING STATION MAINTENANCE PLAN "PANTANILLO".

**AUTHOR:** Liliana Rocio Sabogal Duarte – Pedro Andres Alfonso Rondón. \*\*

**KEYWORDS:** Criticality analysis, optimization of maintenance plans, asset prioritization, decision making.

### **DESCRIPTION:**

The present study was conducted with the order to optimize maintenance plans that to assets pump station water "pantanillo" are made, the basis of the execution of the methodology "criticality analysis" which allows prioritize the assets according of its environmental impact on security in persons, image, financial and quality, resulting m the hierarchy of assets by criticality level supporting decision making to manage: efforts in maintenance management; complementing the analysis of criticality development methodology PMO through which seeks to define optimal aircraft maintenance focused on eliminate-effectively the causes of failures of understanding with the study of which tasks no added value and / or double and possible failure modes, generating increased availability of equipment, reduction of unexpected failures, reducing maintenance costs, improved indicators. Additionally, there are other benefits such as potential cost savings in the execution of the tasks of preventive and predictive maintenance allowing redirect the budget in areas of mayor profitability for the company.

\* Bachelor Thesis.

\*\* Faculty of Physical - Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Ph.D. Alberto David Pertuz Comas.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad cada día más acentuada por mejorar los estándares en materia de seguridad, ambiente y productividad de las instalaciones y sus procesos, obliga a incorporar nuevas tecnologías que permitan alcanzar las metas propuestas. En el ámbito internacional las empresas exitosas han basado su estrategia en la búsqueda de la excelencia a través de la filosofía de Clase Mundial, a la cual se asocia el desarrollo de prácticas como la gestión de activos, orientadas al mejoramiento de la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados, con la finalidad de hacer a las empresas más competitivas y rentables, disponer de una excelente imagen con el entorno, así como la satisfacción de sus trabajadores, clientes y suplidores.

Definir la estrategia, estructura y actividades específicas del mantenimiento de los activos dentro de una compañía en un mercado global tan competitivo, se ha vuelto parte fundamental para aquellas organizaciones que quieren mejorar la obtención de valor al administrar sus activos. Esto impone un creciente desafío de mejora continua para obtener un balance deseable entre el riesgo, el costo y el desempeño, que implica un significativo número de aciertos en la toma de decisiones, de lo contrario se incurriría en gastos improductivos en el manejo de los activos. Para esto, la mayoría de las compañías han recurrido a implementar un sistema de gestión de activos que se encuentre alineado al logro de los objetivos corporativos y a su vez involucre la aplicación de enfoques analíticos para administrar los activos a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida (desde la concepción hasta la disposición incluyendo la gestión de cualquier obligación potencial posterior a su disposición).

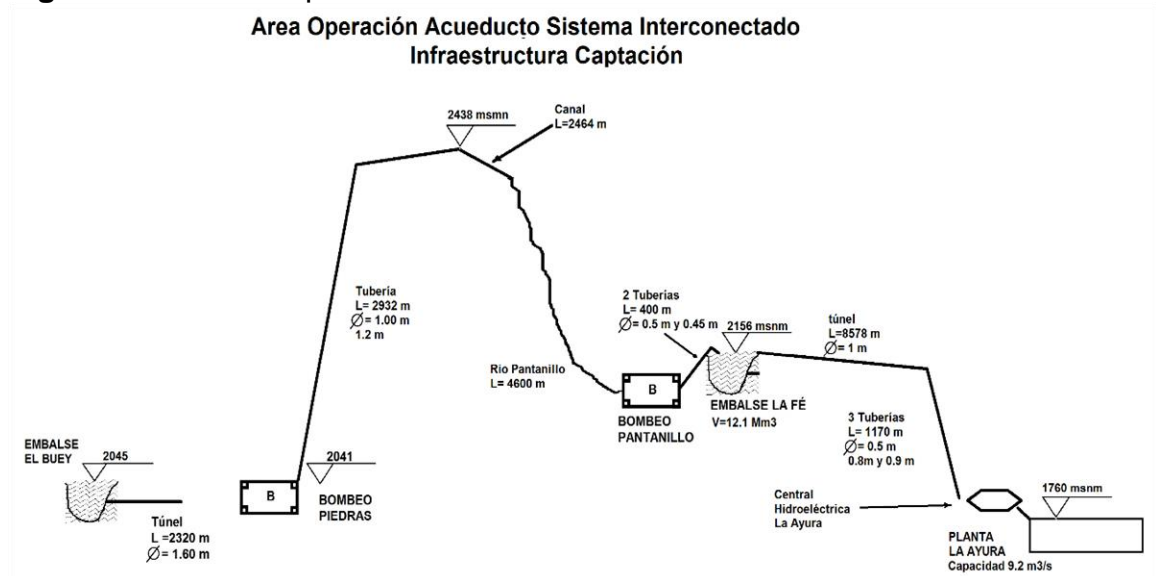
La compañía para la cual se desarrolló el presente trabajo se encuentra implementando este sistema, en el cual se estableció una política, objetivos, procesos necesarios y herramientas para conseguir dichos objetivos corporativos. Dentro de estos procesos cabe destacar que la gestión de activos mediante la utilización de metodologías como Análisis de Criticidad y la Optimización de Planes de Mantenimiento, busca conseguir el primer objetivo trazado a corto plazo: llegar al grado de maduración tres dentro del rango de clase mundial basado en Pass 55 (hoy en día homologada a ISO 55000), cumpliendo con una hoja de ruta definida (acciones a realizar) para cerrar las brechas encontradas en la evaluación diagnóstica de la estrategia actual.

# 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1 CONTEXTO OPERACIONAL ESTACIÓN DE BOMBEO PANTANILLO

La estación Pantanillo se encarga de bombear entre 5600 y 7000 L/s de agua proveniente de la estación de Bombeo Piedras y parte del agua del Rio Pantanillo ubicado a una altura de 2131 msnm hasta el Embalse la Fe que está ubicado a 2156 msnm. Esta estación cuenta con 5 unidades de bombeo; cada una con una capacidad de 1350 L/s desde un nivel que oscila entre 2131.69 y 2131.98 msnm a una cota de 2155.5 msnm.

**Figura 1 .** Área de Operación Sistema Interconectado.



**Fuente.** LA EMPRESA.

El agua es conducida a través de dos tuberías de 60” de las cuales la Tubería Pantanillo 1 agrupa el fluido de las bombas 1, 2 y 3 y la Tubería Pantanillo 2 transporta el agua de las bombas 4 y 5. En temporada de verano funcionan entre 3 y 4 unidades de bombeo dependiendo del caudal entrante del rio Pantanillo a la represa. Cada bomba cuenta con una válvula mariposa de 36” en la descarga accionada hidráulicamente de manera remota desde Sala de Control. El control de encendido y apagado de las bombas depende del volumen de agua que ingrese al embalse Pantanillo, manteniendo el nivel del embalse y permitiendo la circulación del caudal ambiental.

Para garantizar el estado óptimo de funcionamiento de las bombas la compañía dispone de un sistema de monitoreo continuo de vibraciones en cada uno de los ejes de los motores. Cada bomba cuenta con un switch o interruptor de presión instalado antes de la válvula de descarga el cual envía una señal de paro cuando la presión del sistema se encuentra por encima de 10 Bar.

En la represa se dispone de una compuerta radial operada a través de un malacate accionado por un motor eléctrico cuya función es desocupar el agua contenida allí, esto sucede cuando se requiere realizar actividades de limpieza de las mallas de succión de los grupos de bombeo o cuando el porcentaje de sólidos en suspensión registrados en el medidor supera los 300 mg/litro).

La Compuerta desarenadora o de Caudal Ambiental se encarga de permitir el flujo de agua normal a través del río dándole continuidad a su curso teniendo en cuenta el caudal mínimo establecido por ley.

Un transformador de 5 MVA se encarga de suministrar energía a 3300 Voltios requerido por los motores de las bombas. Otro transformador de 200 KVA se encarga de suministrar energía a los circuitos a 110 voltios, tableros de control de las bombas y PLC. Ante la ausencia de energía, un banco de 64 baterías se encarga de mantener el suministro mientras se enciende el generador de emergencia para suplir de energía a los sistemas mencionados. Bajo este panorama, ante ausencia de suministro de energía (media tensión) de la red eléctrica de la empresa, las bombas dejan de operar, sin embargo se mantienen las necesidades de energía de los equipos de control y monitoreo de los parámetros de funcionamiento de la estación de bombeo (Nivel embalse Pantanillo, Caudal ambiental, Nivel embalse La Fe, cantidad de sólidos suspendidos, etc.).

La estación cuenta con una planta generadora de energía alimentada por Diésel cuya función es abastecer de energía los tableros de control de las bombas, PLC y las redes a 110 de la estación. Este generador no tiene la capacidad suficiente para alimentar de energía los motores de las bombas.

## **2. DIAGNOSTICO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL**

### **2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día dentro de una compañía, la gestión de activos desempeña un papel fundamental para el logro de los objetivos estratégicos de los negocios; aún más viviendo en un mercado globalizado, donde las empresas buscan el mejoramiento continuo para generar valor a sus grupos de interés y crecer sosteniblemente en el mercado.

Como objetivo estratégico alineado a los objetivos corporativos “En 2022 la empresa espera posicionarse como uno de los 50 grupos empresariales más importantes en América Latina” Para esto, le es necesario adoptar políticas y estrategias de mantenimiento que contribuyan a su ubicación dentro de las compañías con gestión de mantenimiento de clase mundial. Al realizar una evaluación diagnóstica del estado actual de la función de mantenimiento de la organización comparado contra las mejores prácticas y su interacción con los procesos de producción, se obtuvo como resultado un estado consiente y una vez realizado el diagnóstico, se afinó la hoja de Ruta de la implementación de Gestión de Activos (GA) en todos los negocios, cuyo fin es el 2021-2022. Para esto se requiere implementar de manera sostenible la gestión de activos en todos los negocios de la empresa y sus filiales a un nivel 3 de maduración al año 2018 y capitalizar acciones tempranas que generen beneficios financieros para los proyectos.

Se identificaron oportunidades de mejoramiento a corto, mediano y largo plazo que optimizan el desempeño de los niveles estratégico, analítico, administrativo y técnico de la organización de mantenimiento, dentro de los cuales, se encuentran acciones de mejoramiento a los elementos del sistema integral de confiabilidad como lo es gestionar los activos físicos productivos durante todo su ciclo de vida, con criterios de optimización del desempeño y el costo; administrando el riesgo, considerando la naturaleza, escala y contexto operacional de los negocios que desarrolla. Para esto se plantea enfocar recursos en los activos críticos pertenecientes a todos procesos de los negocios de la empresa realizando un estudio de análisis de criticidad y posteriormente una actualización de los planes de mantenimiento.

## 2.2 OBJETIVOS

**2.2.1 Objetivo General.** Mejorar la confiabilidad operacional a través de la optimización del plan de Mantenimiento del proceso de bombeo de agua en la estación Pantanillo de acuerdo con el análisis de criticidad realizado a cada uno de los activos según el nivel de taxonomía definido por la empresa y los estudios y análisis de ingeniería de mantenimiento y confiabilidad (RCM y PMO), además de optimizar el Plan de Mantenimiento bajo la técnica PMO a los equipos de la estación de Bombeo Pantanillo basados en el historial de fallas y en el plan de mantenimiento actual.

**2.2.2 Objetivos Específicos.** Los objetivos específicos que se plantearon para el desarrollo de este trabajo de grado son:

- Analizar la criticidad de los activos (definidos por la empresa según el nivel de taxonomía 6 suministrados por la Empresa) de acuerdo con la matriz de riesgo para la unidad negocio de agua y Jerarquizar los mismos según la metodología del estándar Norzok Z 008 de 2001.
- Recopilar, revisar y optimizar las tareas seleccionadas del plan de mantenimiento actual de la estación de bombeo de agua pantanillo.
- Revisar, identificar las funciones y agregar los modos de falla faltantes que están afectando a los equipos.
- Establecer y reducir el costo, riesgo y desempeño para preservar la vida del activo y la seguridad del personal, comunidad, clientes y medio ambiente.
- Revisión y modificación formal de la política o estrategia de mantenimiento con base en el resultado de la revisión y agrupación de tareas de acuerdo con el estudio de la función de las posibles fallas, modos de fallas y sus consecuencias.

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo surge como respuesta a la necesidad de llevar a cabo acciones priorizadas que conlleven al cierre de brechas encontradas en la evaluación de la estrategia de Gestión de Activos de la Compañía en el año 2016, a través de la jerarquización de estos según su nivel de riesgo, y la definición de prioridades en las estrategias de Mantenimiento, producción y HSEQ, buscando garantizar la confiabilidad, integridad y disponibilidad de los sistemas según los requerimientos y funcionalidad del proceso al que pertenece.

Para este iniciar parte de este trabajo, se toma en cuenta uno de los sistemas de bombeo de agua considerado a juicio de expertos como sistema relevante por pertenecer a la red principal de abastecimiento de agua de la ciudad de Medellín; “Estación de bombeo de agua Pantanillo” al cual, se le realizara un análisis de criticidad y posteriormente con base en el resultado, se enfocaran los recursos a los activos con niveles de criticidad más mas altos (críticos y semi-críticos) para realizar la actualización u optimización de los planes de mantenimiento que se crearon en el inicio de las operaciones de las estaciones de bombeo de agua, con las recomendaciones de los fabricantes; una vez realizado este paso se ajustaran los intervalos óptimos de mantenimiento, y aumentando los tiempos de corrida de los activos, para que la compañía pueda implementarlos más adelante según las recomendaciones surgidas en el presente trabajo.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **3.1 GESTION DE ACTIVOS**

La Gestión de Activos se relaciona con la aplicación de criterios técnicos y financieros, así como buenas prácticas de gestión, para decidir y planificar actividades relacionadas a los activos que lleven a alcanzar los objetivos organizacionales.

Para esto hoy en día, las compañías se proveen de la norma internacional ISO 55000, 55001 y 55002, las cuales identifican las prácticas más comunes que pueden aplicarse a un amplio rango de activos de diferentes organizaciones y culturas. El control y la gobernanza eficaces por parte de las organizaciones es esencial para alcanzar el valor a través de gestión de los riesgos y las oportunidades a fin de alcanzar el balance deseado entre costo riesgo y desempeño. La gestión de activos permite a una organización obtener valor de los activos en el logro de sus objetivos corporativos. Aquello que representa valor dependerá de dichos objetivos, la naturaleza y el propósito de la organización y las necesidades y expectativas de sus partes interesadas. La gestión de activos apoya la atención de valor muestra balancea los costos financieros, ambientales y sociales, el riesgo, la calidad del servicio y el desempeño relacionado con los activos.

Las empresas día a día se enfrentan a la difícil situación de tener que incorporar, administrar y mantener una mayor cantidad de activos fijos para poder atender los mismos mercados con los mismos servicios y productos, esto genera entonces la necesidad de desarrollar una metodología de gestión de activos basada en costos e indicadores CMD (Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad) que garanticen que estos generen cada vez más ingresos y menos gastos. Es el LCC (Life Cycle Cost) y la metodología de Gestión de Activos la única forma de enfrentar estos hechos que conducen cada vez más a la necesidad de desarrollar metodologías científicas, prácticas y útiles que permitan controlar los costos durante su ciclo integral de vida, con apoyo de los indicadores estratégicos LCC, CMD y costos integrales.

El impacto de su implementación se refleja en sus cuatro objetivo principales: reducción de costos en la gestión y operación del mantenimiento, aumento de la disponibilidad de los equipos y líneas de producción, incremento de la vida útil de los activos y disminución de los niveles de inventarios de repuestos e insumos.

La gestión de activos según PAS-55 (Especificación para la gestión optimizada de los activos físicos). “Son todas aquellas actividades y practicas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales una organización gerencia de manera óptima sus activos físicos, a partir del uso de herramientas que permitan optimizar la confiabilidad, el riesgo y los gastos de los activos durante su ciclo de vida útil, con el propósito de alcanzar su plan estratégico organizacional”, de manera más simple “La mejor manera de gerenciar los activos para alcanzar un resultado deseado y sustentable”.

Para lo anterior se requiere que la organización cuente con:

**3.1.1 La política de gestión de Activos.** La alta gerencia de la organización establece una política de gestión de Activos la cual se basa y es consistente con el plan estratégico organizacional, provee con este ultimo la estrategia del modelo de gestión de activos, los objetivos, metas y planes que se esperan del modelo de gestión, es consistente con el marco organizacional para la administración de los riesgos y es apropiada a la naturaleza y escala de los activos físicos de la organización y sus operaciones.

**3.1.2 Información, riesgos y planeación del activo.** La organización debe establecer un sistema de información de los activos el cual debe proveer un soporte adecuado para el desarrollo y logro de la política, la estrategia de gestión, la administración del riesgo, la evaluación y control, operación, acciones preventivas, correctivas y de mejora y revisiones por la dirección. La organización establece y mantiene planes para gestión del activo que permitan alcanzar la estrategia, objetivos y metas incluyendo los costos de diseño CAPEX (Capital Expendings), OPEX (Operational Expendings), decomisionamiento, disponibilidad de partes y repuestos.

**3.1.3 Implementación y Operación.** Estructura de roles, responsabilidades y autoridad consistente con las metas y objetivos de la política.

**3.1.4 Revisión y acciones Correctivas.** La organización establecerá actividades y procedimientos para el monitoreo y medición de los procesos del modelo de gestión así como de desempeño y condición de los activos físicos mismos.

## 3.2 JERARQUÍA DE LOS ACTIVOS

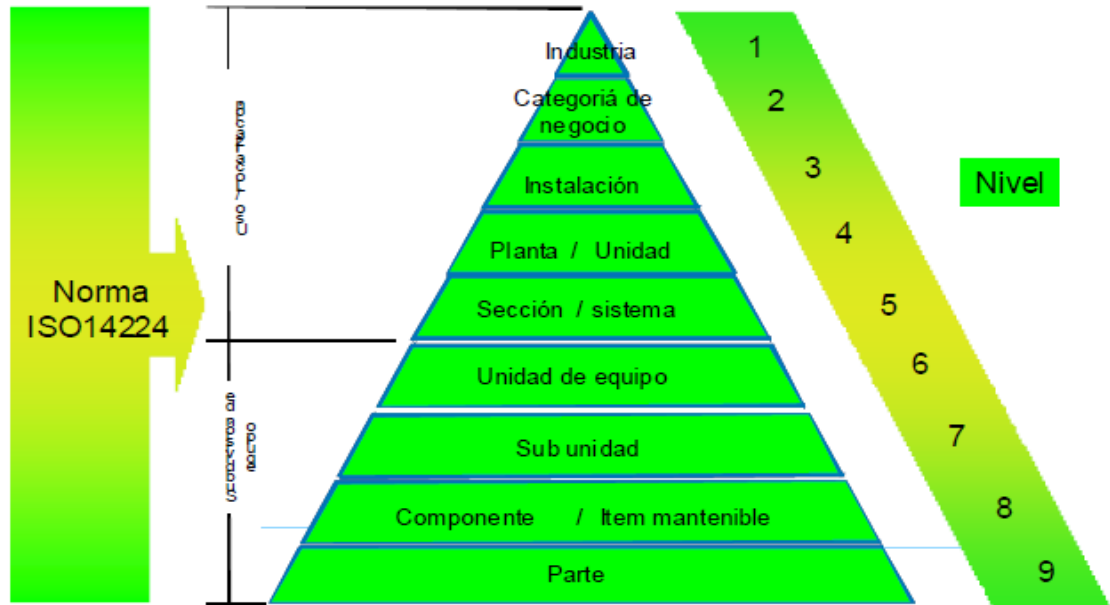
La mayoría de las plantas tienen, o al menos usan cientos y hasta miles de activos físicos. Estos activos van desde pequeñas bombas hasta plantas laminadoras de acero, portaaviones o edificios de oficinas.

Recopilar y analizar todos los datos de los activos sobre el de mantenimiento de estos y convertirlos en información es una de las tareas más difíciles del proceso en un comienzo ya que la información es abundante. Para esto un grupo de compañías petroleras exitosas se unieron en la época de los ochentas y desarrollaron un sistema común que les permitió, primero solucionar el problema de lenguaje, identificar sus problemas, compararse entre sí y ver los problemas de los otros y la manera como los resolvían. Este programa tuvo éxito y se convirtió en la Norma ISO 14224, estándar internacional acogida para la industria de petróleo y gas natural, que recomienda un método práctico y sencillo que estructura la base de datos de las fallas de los equipos de tal manera que se puedan identificar fallas crónicas, hacer análisis de desviaciones a la estrategia y mejorar la Confiabilidad de los activos de una compañía.

La norma mencionada nos indica que para obtener información centrada en confiabilidad es necesario estructurar los equipos y establecer un proceso que permita obtener la información buscada (manifestaciones de Fallas en todas sus formas). La estructura se refiere a la manera adecuada para organizar los activos origen de acuerdo al mantenimiento y como se relaciona a las fallas. Existen dos tipos de datos que se deben tomar en cuenta de los equipos: Su localización y sus características.

La localización se organiza de acuerdo con la taxonomía mostrada en la siguiente figura y para el manejo de esta, se le asigna un TAG que se refiere a un código inteligente, el cual permite identificar la localización y clase de equipo determinando los diferentes niveles de la taxonomía.

**Figura 2.** Árbol de equipos – Taxonomía.



**Fuente.** BRITISH STANDARD. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. BS EN ISO 14224: 2006. Brussels, Bélgica: ISO, 2007. 182p.

La taxonomía o árbol de equipos permite asociar el equipo a sistemas, plantas, instalaciones, categoría del negocio y tipo de industria en donde se encuentra localizado el equipo. También acota el equipo en subsistemas o componentes, que pueden ser clases, y subcomponentes, es decir, partes de un componente. El último elemento es la parte que falla, que es el repuesto. Lo que se debe cambia o reparar. Este último nivel normalmente se conoce como la parte que falla y va asociada en la orden de trabajo como un código de cierre. El control debe hacerse a nivel de ítem mantenible, o sea el menor subcomponente. A continuación se muestra en detalle la definición de cada nivel y ejemplos de cada uno.

**Figura 3.** Definiciones Jerárquicas.

	Nivel	Descripción	Definición	Ejemplos
Datos de uso / localización	1	Industria	Tipo principal de industria	Petróleo, petroquímico, alimentos, minería,
	2	Categoría del negocio	Tipo de negocio o proceso	Extracción, producción, refinación, petroquímica
	3	Categoría Instalación	Tipo de facilidad	Producción, transporte, perforación,
	4	Planta / Unidad	Tipo de planta o unidad	Plataforma, estación de compresión, planta de metanol
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistemas de la planta	Compresión, licuefacción, regeneración, oxidación
Subdivisión de equipos	6	Clase de equipo / unidad	Clase de equipos similares. Cada clase contiene unidades de equipos comparables	Intercambiador de calor, compresor, tubería, bomba, caldera
	7	Sub sistema	Subsistema necesario para que el equipo funcione	Lubricación, enfriamiento, control, calentamiento
	8	Componente / Item mantenible	Grupo de partes del equipo que son mantenidos (reparados / restaurados) como un todo	Enfriador, reductor, bomba de aceite, loop de instrumentos, válvula
	9	Parte (Opcional)	Una pieza o repuesto de un equipo	Sello, tubo, carcaza, impeller

**Fuente.** BRITISH STANDARD. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. BS EN ISO 14224: 2006. Brussels, Bélgica: ISO, 2007. 182p.

Antes que cualquier organización pueda emplear RCM (proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que el usuario desea que haga) debe saber que activos son y donde están. Aún en las instalaciones más pequeñas y simples, esto significa que debe prepararse un listado de toda la planta, equipos y edificios propios y usados por la organización, y que requieren Mantenimiento de cualquier tipo, esta lista se conoce como registro de planta. El registro debe ser diseñado de tal manera que haga posible realizar un seguimiento de los activos que hayan sido analizados usando RCM, los que todavía no lo han sido y los que no se analizaran. Como resultado, estos registros y los sistemas numéricos asociados deben prepararse y diseñarse de manera tal que puedan usarse para todos estos propósitos.

Cuando se aplica RCM a cualquier activo o sistema, es importante definir claramente donde comienza o termina “el sistema” que se va a analizar. Si se ha diseñado una jerarquía comprensiva del activo y tomando la decisión de analizarlo en un nivel especificado, entonces <<el sistema>> incluye generalmente en forma automática todos los activos que se encuentran por debajo de ese sistema en la jerarquía del activo.

### 3.3 MODELO OPTIMO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Para el análisis de un modelo de gestión óptimo aplicable centraremos la atención en los conceptos de RCM, Criticidad y PMO teniendo como directriz estratégica la gestión de Activos. Una metodología estadística y el manejo de un buen Mantenimiento Preventivo son el fundamento común a los modelos mencionados buscando determinar el comportamiento de los equipos y su frecuencia optima de intervención necesaria para lograr el costo Total mínimo de Mantenimiento.

**3.3.1 RCM - Mantenimiento Centrado En Confiabilidad.** El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, sirve para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional y es empleado para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. El RCM, como herramienta estructurada de análisis a partir de la información específica de los equipos y la experiencia de los usuarios, trata de determinar qué tareas de mantenimiento son las más efectivas, así mejorando la fiabilidad funcional de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos y minimizando el costo de mantenimiento. El RCM analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las posibles causas-raíces.

El RCM también puede entenderse como una metodología estructurada basada en un árbol de decisiones y su éxito depende en gran parte de la experiencia de los participantes como también en la posibilidad de contar con datos de tasa de fallas y periodos de ocurrencia registrados, información dificultosa de encontrar o elaborar en el común de las plantas

El objetivo principal del RCM es enfocar los esfuerzos de mantenimiento para mantener la función que realizan los equipos basado en su confiabilidad inherente en función del diseño y de la construcción. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son consideradas “fallas”.

El proceso de análisis global del RCM se resume como sigue:

- Análisis de fallos funcionales. Define el funcionamiento del componente en un equipo, su fallo funcional, y sus efectos de fallo.
- Selección de ítems críticos. Determina y analiza que componentes, sistemas se caracterizan como funcionalmente significativos.
- Decisión lógica del RCM. Incluye el análisis de los ítems funcionalmente significativos (IS), para determinar la consecuencia del fallo.
- Análisis de inspección. La inspección determina qué datos son necesarios para el apoyo del análisis RCM.
- Resumen de los requisitos de mantenimiento. Determina la agrupación de los requisitos óptimos del nivel de mantenimiento que se practica.

**3.3.2 Análisis De Criticidad.** La catalogación de un componente como crítico supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo que permita impedir sus posibles causas de fallo. Para la determinación de la criticidad del fallo de un equipo deben considerarse dos aspectos: su probabilidad de aparición y su severidad. La probabilidad de aparición mide la frecuencia estimada de ocurrencia del fallo considerado, mientras que la severidad mide la gravedad que el impacto que ese fallo puede provocar sobre la instalación.

Si no se dispone de una base de datos fiable y eficiente para el cálculo de las probabilidades mencionadas, se puede considerar como criterio único para catalogar la criticidad de los fallos de los equipos su impacto sobre la función o funciones definidas para el sistema objeto de análisis.

El análisis de criticidad es, en esencia, un análisis de fiabilidad del sistema considerado y suele consumir un importante nivel de recursos. El método clásico de evaluación de la criticidad de los componentes de un sistema consiste en la determinación, en primer lugar, de las funciones que debe realizar el sistema considerado dentro del conjunto de la instalación, así como de sus fallos funcionales asociados. Para cada uno de estos fallos funcionales, se identifican aquellos componentes cuyo fallo da lugar al fallo funcional en estudio, provocando efectos negativos en la instalación. A estos componentes se les denomina "componentes críticos". Esta evaluación se realiza normalmente mediante la conocida técnica de fiabilidad denominada "Análisis de los Modos de Fallo y de sus Efectos" (FMEA).

Para casi todos los sistemas, se suele plantear la optimización de los recursos dedicados al análisis de la criticidad de sus componentes, reduciendo el nivel sistemático del proceso de análisis que supone el desarrollo de un FMEA (Análisis de los Modos, los Efectos, las Criticidades de las Fallas) y el notable volumen de documentación que se genera. En tales casos, se suele usar un método simplificado de análisis, siendo la "Lista de Criticidad" uno de los más utilizados. Este método, basado en la identificación de las consecuencias negativas que pueden producir los fallos potenciales de los diferentes componentes sobre el sistema bajo estudio, consiste en la aplicación de una lista o batería de preguntas a cada componente del sistema considerado, en función de sus respuestas, catalogarlo como crítico o no crítico. Dichas preguntas tienen que ver, entre otros aspectos, con la pérdida de producción, de seguridad, de las condiciones adecuadas de operación o el incremento de contaminación ambiental.

**3.3.3 PMO – Optimización Del Pan De Mantenimiento.** Es un método diseñado para revisar los requerimientos de mantenimiento, el historial de fallas y la información técnica de los activos en operación. La teoría básica del PMO parte del análisis del ciclo reactivo del mantenimiento mostrado en la figura 4.

**Figura 4.** Ciclo Reactivo.



**Fuente.** TURNER, Steve. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results, [online], 2002. Disponible de internet: <http://www.ReliabilityAssurance.com>, [info@omcsinternational.com](mailto:info@omcsinternational.com).

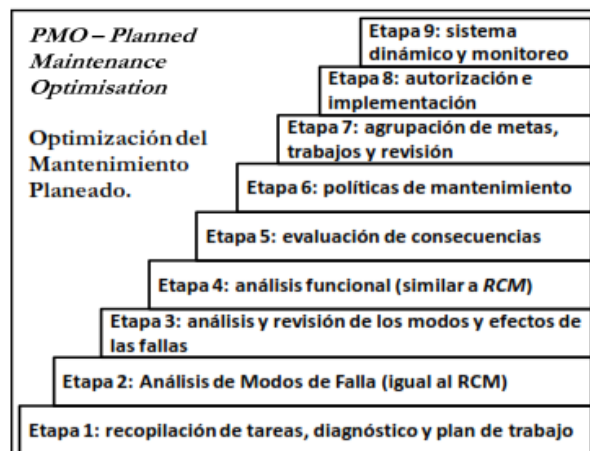
El PMO facilita el diseño de un marco de trabajo racional y rentable cuando un sistema de PM está consolidado y los equipos están bajo control. Esto implica una buena experiencia en hacer mantenimiento planeado. A partir de ahí, las mejoras se pueden alcanzar fácilmente con la adecuada asignación de recursos y el personal de mantenimiento puede enfocar sus esfuerzos en los defectos de diseño de la planta y equipos, o en las limitaciones operativas.

Un sistema PMO es base para una ingeniería de confiabilidad efectiva y para la adecuada eliminación de defectos, teniendo en cuenta que:

- Se reconocen y resuelven con la información exacta.
- Se logra un efectivo uso de los recursos.
- Se mejora la productividad de los operarios y del personal de Mantenimiento.
- El sistema se adapta a las situaciones y los objetivos específicos de cada cliente.
- La optimización del PM motiva al personal.

Mientras que el PMO utiliza el historial de fallas existentes como una entrada en la revisión de actividades del PM, reconoce que en gran mayoría las empresas, la información contenida en sistemas CMMS, tiende a ser inexacta e incompleta y busca corregirla. La fuerza fundamental de un programa de PMO es que todas las acciones de Mantenimiento tienen valor agregado y que el sistema motiva mejoras en muchos otros aspectos del manejo de los activos físicos de la empresa, aparte de los análisis básicos de mantenimiento. En el PMO se reconocen 9 pasos mostrados en la figura 5.

**Figura 5.** Pasos del PMO.



**Fuente:** MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín. Editorial AMG, 2005.306p.

Las acciones en que más se apoya el PMO son las de tipo planeado (preventivas y/o predictivas) y exige el trabajo multidisciplinario en equipo para alcanzar sus objetivos. Estos, deben tener un estricto seguimiento, monitoreo y control, hasta su total culminación e implementación.

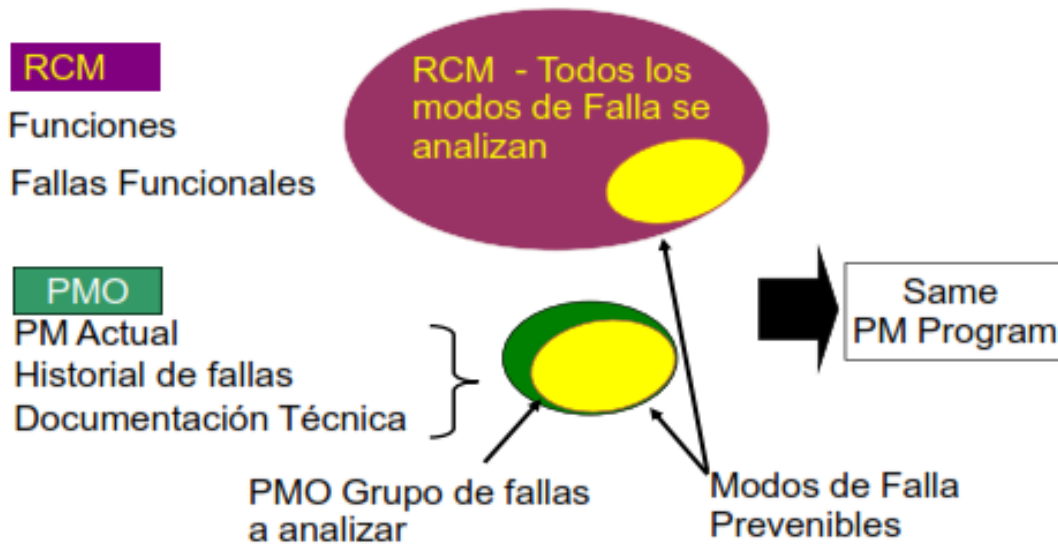
La eficacia del PMO se fundamenta en los sistemas de gestión y operación del mantenimiento, bajo un enfoque de proceso, lo cual garantiza que no haya: dualidad de funciones en los departamentos, metas comunes, grupos poco efectivos de trabajo, demasiado roles y funciones en el personal de Mantenimiento y producción, demasiada especialización en la realización de los análisis, control y eliminación de fallas (donde la mayoría del recurso humano, practica estas metodologías), bases de datos independientes para cada uno de los departamentos (administración, recursos humanos contabilidad, finanzas, inventarios, almacenes, compras, mantenimiento, producción, etc.); sino que todo esté en una misma plataforma de información.

**3.3.4 Diferencias Entre PMO y RCM.** RCM y PMO son dos productos completamente diferentes con el mismo objetivo; definir los requerimientos de mantenimiento de los activos. Sin embargo los gerentes de activos deben entender que están diseñados para ser utilizados en situaciones totalmente diferentes. RCM fue diseñado para desarrollar el programa inicial de Mantenimiento durante la etapa de diseño del ciclo de vida de los activos mientras que el PMO ha sido diseñado para usarlo una vez los activos están en uso. Como resultado PMO es un método de revisión mientras que RCM es un proceso de fundación. A pesar de que los dos generan el mismo programa de mantenimiento, PMO es un análisis mucho más efectivo y flexible que el RCM, debido a que inicia el trabajo desde un programa de mantenimiento razonablemente bueno y toma en cuenta la experiencia y operación y las características de falla de la planta.

La diferencia central metodológica entre RCM y PMO radica en la forma en que se generan los modos de falla. Figura 4.

- RCM genera una lista de los modos de falla desde un riguroso análisis de todas las funciones, después de considerar todas las posibles fallas funcionales y de una valoración de los modos de falla que se relacionan a cada falla funcional. RCM busca analizar todos los modos de falla de cada equipo del sistema a analizar.
- PMO genera una lista d modos de falla desde el plan de mantenimiento actual, de una evaluación del historial de fallas y de la revisión de documentación técnica.

**Figura 6.** Diferencia RCM-PMO.



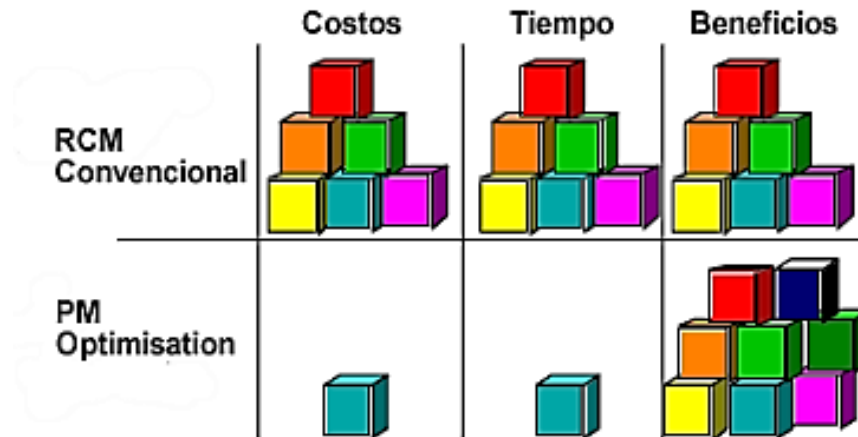
**Fuente.** TURNER, Steve. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results, [online], 2002. Disponible de internet: <http://www.ReliabilityAssurance.com>, [infola@omcsinternational.com](mailto:infola@omcsinternational.com).

Las diferencias entre los dos enfoques son que PMO maneja una cantidad mucho menor de modos de falla que RCM y llega a los modos de falla de manera más rápida.

Las razones principales por las cuales PMO es más rápido que RCM respecto a costos, tiempo y beneficios (figura 5) son los siguientes:

- Los modos de falla insignificantes no son analizados por PMO mientras que RCM analiza todos los modos de falla posibles.
- Usando la metodología de PMO varios modos de falla se unen y se analizan en conjunto, mientras que RCM analiza cada modo de falla por separado.
- Con PMO el análisis detallado de las funciones es un paso opcional. La función del equipo se determina en el análisis de consecuencia de falla, ya que en definitiva la pérdida de función es consecuencia de cualquier falla.

**Figura 7.** Eficiencia PMO vs RCM.



**Fuente.** TURNER, Steve. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results, [online], 2002. Disponible de internet: <http://www.ReliabilityAssurance.com>, [info@omcsinternational.com](mailto:info@omcsinternational.com).

**3.3.5 Beneficios de PMO sobre RCM.** El RCM no puede controlar o filtrar en que momento son analizados los modos de falla, estos son analizados al azar, por ello un análisis de RCM requiere de la presencia de todos los especialistas durante su desarrollo. Con PMO es posible analizar las actividades de una especialidad en particular realizadas en un equipo o planta ya que PMO inicia su análisis desde las tareas actuales de mantenimiento, las cuales pueden ser filtradas por especialidad. Esto es bastante beneficioso cuando se considera que algunas actividades realizadas por alguna especialidad son ineficientes o inefectivas. Se han realizado análisis de PMO muy exitosos exclusivamente en los talleres con los operadores, talleres de instrumentación, de lubricación, análisis de vibración etc. Este tipo de enfoque no es posible usando RCM.

El PMO es altamente efectivo cuando los equipos tienen numerosos modos de falla pero donde la gran mayoría de estos suceden al azar, son instantáneos o no tienen consecuencias altas. Otro punto es que RCM requeriría del aporte de los especialistas en electrónica para definir apropiadamente los modos de falla, mientras que PMO sólo necesita de los operadores. PMO no tomaría más de 20 minutos en completar todo el análisis y determinar que el único mantenimiento requerido es el que tiene que ver con las consecuencias por el desgaste de la batería.

Los beneficios positivos de iniciar un proceso de análisis de mantenimiento que es seis veces más rápido que RCM y que genera el mismo resultado no son exagerados, algunos de ellos se listan a continuación:

- Los recursos para la realización de análisis generalmente son los más escasos en las organizaciones. PMO permitirá al equipo de trabajo cubrir el área de análisis seis veces más rápido con el recurso asignado, lo cual se reflejará en un menor impacto en la operación y las actividades del día a día de la planta. PMO permitirá que la organización se dedique más a la implementación que al análisis.
- El análisis de mantenimiento como muchas otras inversiones está sujeto a rendimientos decrecientes, por ello el uso de RCM resulta inconveniente, ya que su costo sólo permite un análisis limitado a las áreas cuello de botella de la planta. Debido a que PMO es mucho más económico que RCM, se pueden analizar muchos más equipos en la planta, incluyendo aquellos que representan ganancias pequeñas pero no insignificantes.
- En aquellas áreas en donde los modos de falla representan consecuencias (18) de seguridad y al medio ambiente, el uso de PMO permitirá que estos se manejen mucho más rápido que usando RCM.

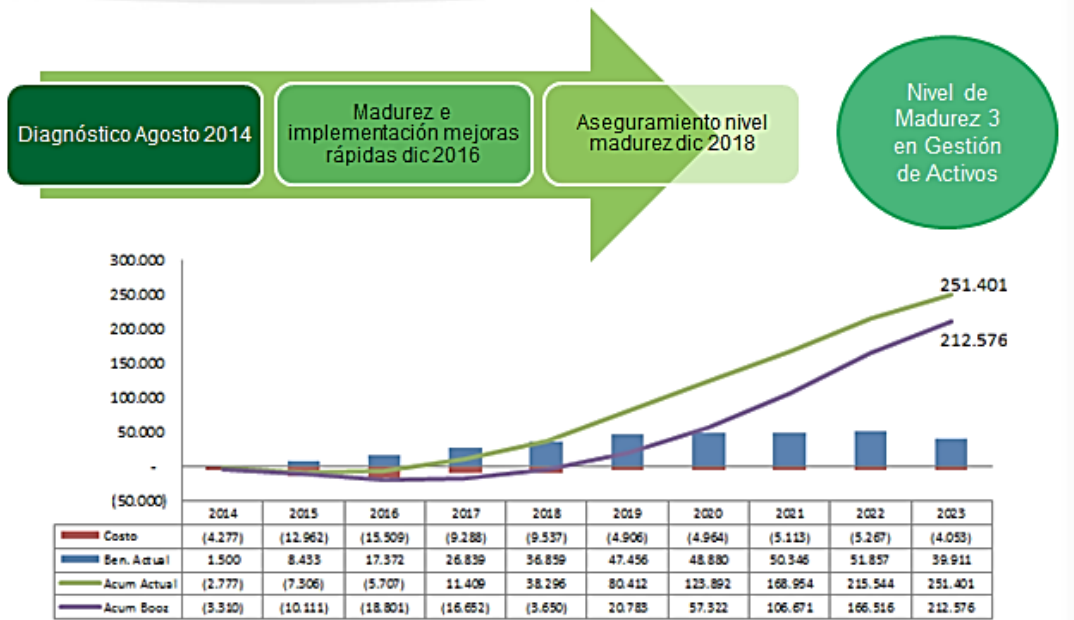
## 4. ANÁLISIS ESTADO ACTUAL

### 4.1 OBJETIVO GENERAL A ALCANZAR POR LA ORGANIZACIÓN

A través de la evaluación de criticidad (Riesgo) de Activos, se espera cerrar las brechas encontradas en la evaluación de la estrategia de Gestión de Activos en la Compañía, por medio de la jerarquización de los activos de la empresa según su nivel de riesgo de forma que se logre establecer prioridades en las estrategias de Mantenimiento, producción y HSEQ, buscando garantizar la confiabilidad, integridad y disponibilidad de los sistemas según los requerimientos y funcionalidad del proceso.

Una mejor Gestión Activos, facilita el logro de los objetivos estratégicos de las diferentes líneas de negocio de la compañía, entre los cuales se encuentra: Implementar de manera sostenible Gestión de Activos en el en la compañía al año 2018 y capitalizar acciones tempranas que generen beneficios financieros del proyecto, tal como se observa en la figura 8.

**Figura 8.** Proceso de gestión de activos con proyección a 2018.



Fuente. LA EMPRESA

## 4.2 DIRECCIONAMIENTO ESTRATEGICO

De acuerdo con el direccionamiento estratégico de la compañía, se encuentra identificado como objetivo la optimización de la gestión de activos, proceso que se define como “el conjunto de actividades y prácticas sistemáticas y coordinadas a través de las cuales se gestiona de manera óptima y sostenible el desempeño y costo, administrando el riesgo de los activos y sistemas de activos, durante todo su ciclo de vida, con el fin de aportar a la sostenibilidad de la compañía”.

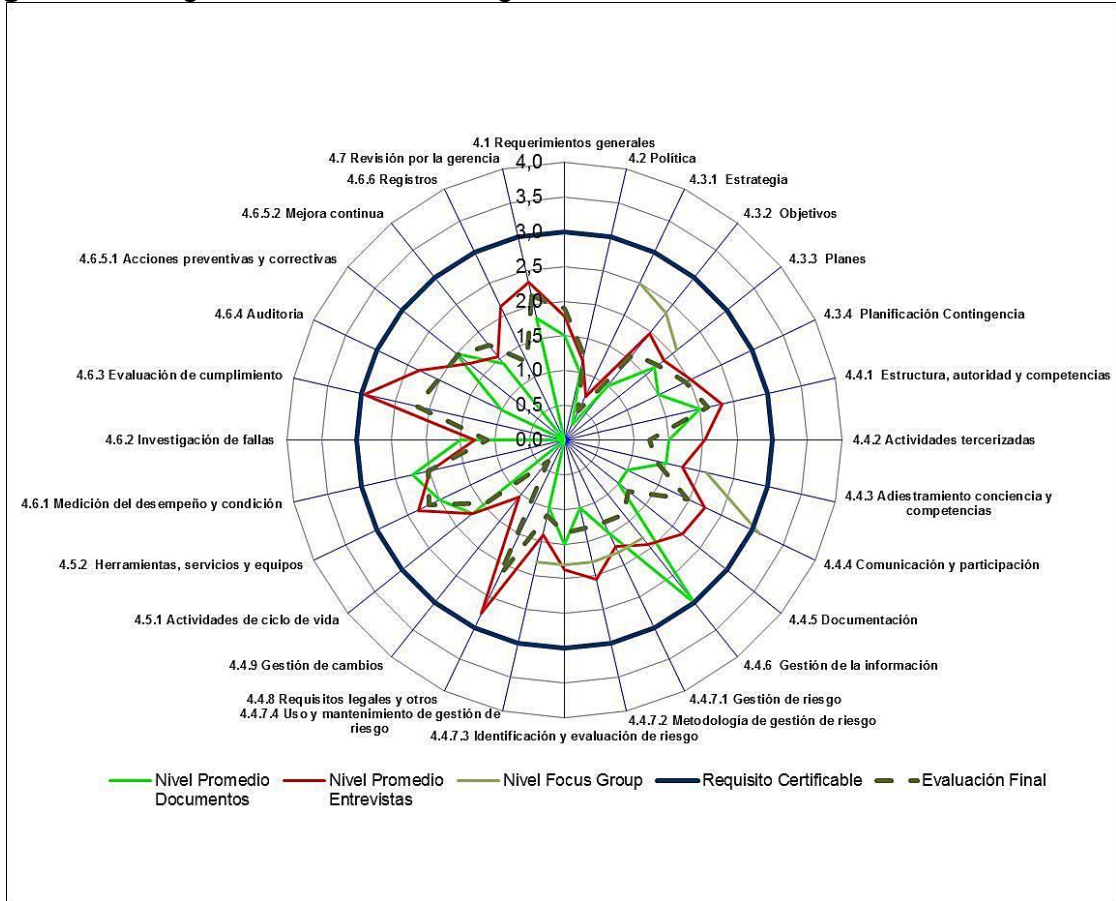
**Figura 9.** Direccionamiento estratégico de la compañía.



**Fuente.** LA EMPRESA.

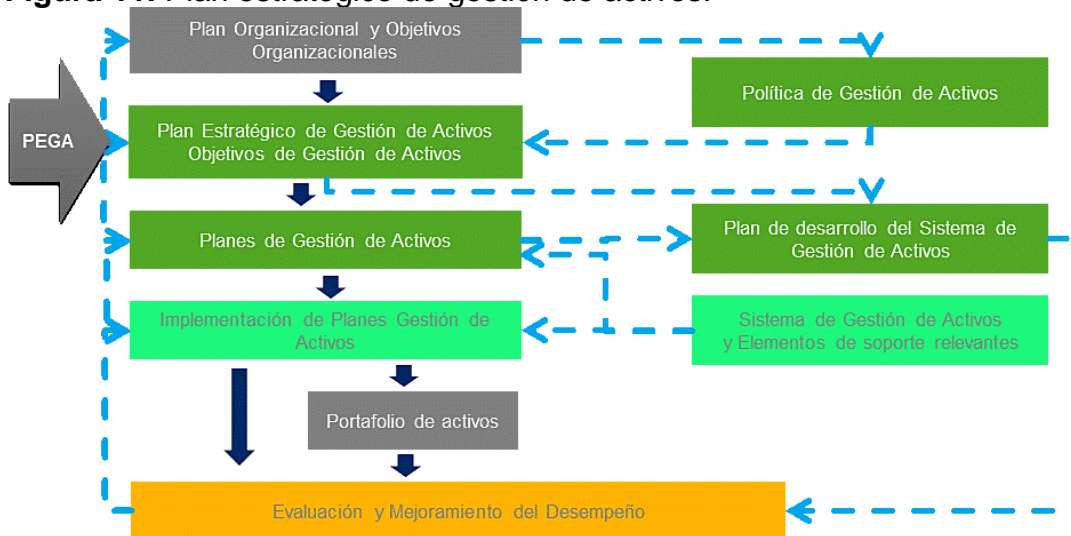
Una vez realizado el Diagnóstico Preliminar de la línea de negocio de agua (figura 10) de la compañía, se afinó la hoja de Ruta para la implementación de GA en todos los negocios, cuyo fin está definido para el 2021-2022, logrando definir el plan estratégico de gestión activos (Figura 11).

Figura 10. Diagnostico Preliminar según PAS 55.



Fuente. LA EMPRESA.

Figura 11. Plan estratégico de gestión de activos.



Fuente. LA EMPRESA.

## 5. MARCO METODOLOGICO

### 5.1 METODOLOGÍA PARA ANALISIS DE CRITICIDAD

El desarrollo de este trabajo se llevó a cabo con el siguiente personal:

- Facilitador (Profesional en Gestión de Activos).
- Líder del Taller (Gestor de Criticidad).
- Planeador de Mantenimiento (Conocedor de los equipos en estudio).
- Tecnólogo ejecutor de mantenimiento (Conocedor de los equipos en estudio) Mecánico, eléctrico e electrónico o instrumentista.
- Operador (Conocedor de los equipos en estudio).
- Profesional de Seguridad Industrial. (Conocedor de los equipos en estudio, sus impactos y las normas asociadas).
- Profesional de Gestión Ambiental. (Conocedor de los equipos en estudio, sus impactos y las normas asociadas).

La metodología de análisis de criticidad se realizó tomando como referencia el estándar noruego NORZOK Z008 de 2001 y se llevaron a cabo los siguientes pasos:

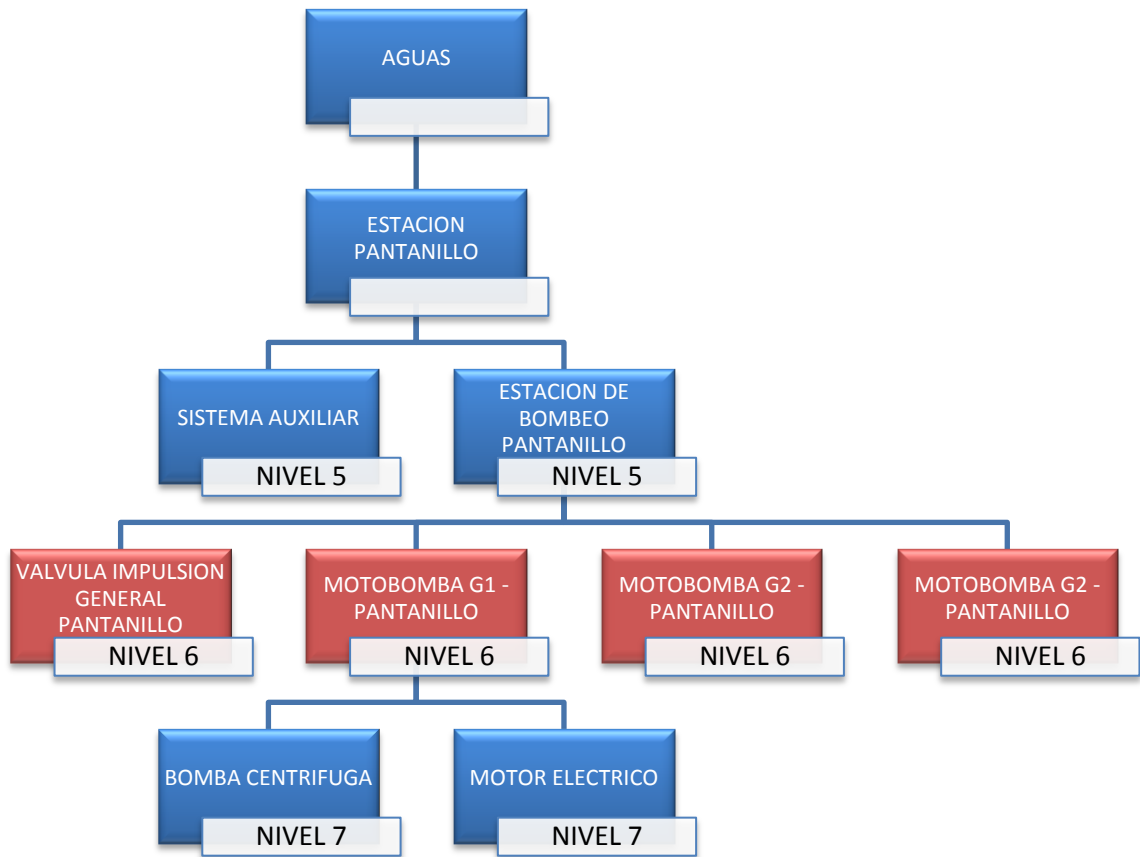
**5.1.1 Definición de los activos a evaluar.** La empresa suministró la lista de activos a evaluar de acuerdo a la necesidad de priorizar estos mismos para enfocar los recursos (humanos, económicos y tecnológicos) según el nivel de importancia.

Se tomó una muestra piloto de 45 activos de nivel jerárquico de taxonomía nivel 6 de la estación de bombeo, los cuales suponían que sus eventos de falla potenciales generaban los mayores impactos para la compañía teniendo en cuenta al menos uno de los siguientes criterios:

- Vinculación del activo en algún proyecto nuevo dentro de la operación.
- Modificación en el contexto operacional.

La siguiente imagen muestra un ejemplo del árbol de equipos elegidos que suministraron en el listado a evaluar.

**Figura 12.** Árbol de Equipos jerarquizados según Taxonomía compañía.



**Fuente.** LA EMPRESA.

El objetivo de esta muestra piloto es realizar posteriormente a los resultados, una réplica de la metodología a la totalidad de los activos de la compañía y sus filiales.

**5.1.2 Recolección de la información.** La empresa recolecto y entrego la siguiente información base que se encontraba en su sistema de información EAM:

- Listado de Equipos a evaluar llevados a un nivel 6 de jerarquía taxonómica según la norma ISO 14224.
- Descripción del Proceso (filosofía de operación y control).
- Diagramas de Proceso, Planos de instrumentación y tubería de las instalaciones.
- Simbología utilizada en los planos

- Históricos de Fallas (Registros disponibles de datos de fallas, frecuencia de ocurrencia de eventos no deseados, tiempo promedio entre fallas, modos de falla, acciones o tareas de mitigación, costos de reparaciones, registros de impacto a producción).
- Documentación técnica de los activos del proceso. (Hojas de datos de los equipos y Manuales de operación de los fabricantes).
- Normativa de seguridad, ambiental y legal asociada al proceso.
- Costo diario por pérdida de producción.
- Panoramas de riesgo de salud ocupacional
- Estudios e indicadores de riesgo ambiental, seguridad, salud ocupacional y económica.

**5.1.3 Alistamiento de la Plantilla de Evaluación de Criticidad.** El Facilitador se encargó de diligenciar la plantilla de evaluación de criticidad, en la cual se listaron los activos a evaluar, en esta plantilla se plasmó la información técnica base que se había recolectado con anterioridad al inicio del taller; como mínimo los siguientes campos debían estar diligenciados: negocio, ubicación, activo, descripción del activo, función principal del activo (una función por equipo). En esta hoja de trabajo se realizó la totalidad de la evaluación:

**Figura 13.** Plantilla para Análisis de Criticidad.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
							Personas						
NEGOCIO	INSTALACION	SISTEMA	ACTIVO	Descripción del Activo	COMENTARIOS	Función del Activo	Contar con el personal necesario	RA	M	Comentarios	Contar con el personal necesario	Contar con el personal necesario	
3	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	950	CENTRAL OLEOHIDRAULICA BERLIN	Suministrar potencia hidraulica para la operación de las valvulas de impulsión del	1	D	B	El escenario p1	1	D	
4	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	984	MOTOBOMBA GRUPO 1 BERLIN	Bombeo de agua desde el tanque de Berlin hacia el Tk de Mossu	1	D	B	El escenario p1	1	D	
5	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	985	MOTOBOMBA GRUPO 2 BERLIN	Bombeo de agua desde el tanque de Berlin hacia el Tk de Mossu	1	D	B	El escenario p1	1	D	
6	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	986	MOTOBOMBA GRUPO 3 BERLIN	Bombeo de agua desde el tanque de Berlin hacia el Tk de Mossu	1	D	B	El escenario p1	1	D	
7	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	987	MOTOBOMBA GRUPO 4 BERLIN	Bombeo de agua desde el tanque de Berlin hacia el Tk de Mossu	1	D	B	El escenario p1	3	D	
8	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	1231	VAL GENERAL SUCCION BERLIN (V-7 18") Tipo Mariposa	El grupo 4 es el mas crítico en	1	B	B	Contar o suministrar el caudal de agua de entrada al bombeo	2	B	
9	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	1232	VAL GUARDIA GENERAL IMPULSION BERLIN (V-8 18") Tipo compuerta CVJ-324103	Contar o suministrar el caudal de agua de salida del bombeo	1	B	B	El evento puen	5	B	
10	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441842	VAL DESCARGUE SUCCION BERLIN (V-10 4") (Voltage DC:110V) Tipo compuerta	Facilitar la descarga de la tubería de succión.	1	B	B	El evento puen	1	B	
11	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441843	VAL DESCARGUE IMPULSION BERLIN (V-5 6") (Voltage DC:110V) Flajo andar	Facilitar la descarga de la tubería de impulsión.	1	B	B	El evento puen	1	B	
12	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441846	VALVULA SUCCION GRUPO 1 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de entrada al grupo de bombeo 1.	1	B	B	El evento puen	1	B	
13	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441847	VAL IMPULSION GRUPO 1 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 1.	1	B	B	El evento puen	1	B	
14	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441848	VAL CHEQUE GRUPO 1 BERLIN	Contar o retener el caudal de agua de salida del grupo 1	1	B	B	El evento puen	1	B	
15	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441851	VALVULA SUCCION GRUPO 2 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de entrada al grupo de bombeo 2.	1	B	B	El evento puen	1	B	
16	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441852	VAL IMPULSION GRUPO 2 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 2.	1	B	B	El evento puen	1	B	
17	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441853	VALVULA CHEQUE GRUPO 2 BERLIN	Contar o retener el caudal de agua de salida del grupo 2	1	B	B	El evento puen	1	B	
18	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441856	VALVULA SUCCION GRUPO 3 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de entrada al grupo de bombeo 3.	1	B	B	El evento puen	1	B	
19	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441857	VAL IMPULSION GRUPO 3 BERLIN	Contar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 3. Es el reemplazo de la 144	1	B	B	El evento puen	1	B	
20	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	441858	VALVULA CHEQUE GRUPO 3 BERLIN	Contar o retener el caudal de agua de salida del grupo 3	1	B	B	El evento puen	1	B	
21	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	731722	VALVULA DE IMPULSION NUEVA GRUPO 3	731722	Contar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 3. Es el reemplazo de la 144	1	B	B	El evento puen	1	B
22	AGUAS	ESTACION DE BOMBEO BE	BOMBEO BERLIN MC	731723	VALVULA DE SUCCION NUEVA GRUPO 3	731723	Contar o retener el caudal de agua de salida del grupo 3. Es el reemplazo de la 144	1	B	B	El evento puen	1	B

**5.1.4 Desarrollo de taller de Análisis de Criticidad.** La programación de taller de criticidad se realizó con 5 días de anticipación, de tal forma que el facilitador pudiera recolectar y organizar la información relevante para la evaluación.

Al momento de evaluar el evento potencial de falla, refiriéndose a falla como pérdida de la función principal; fue necesario valorar la consecuencia y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los escenarios que conllevan al evento.

Se establecieron rangos relativos de riesgos que se representan por las probabilidades y/o frecuencias de eventos (probabilidad de falla) y sus consecuencias (severidad). Ambas, se registraron en una matriz (5x5) diseñada a base de un código de colores que denotan la menor o mayor intensidad del riesgo, con valores que van desde 1, 2, 4, 8 y 16 para cada nivel de severidad de las consecuencias y de 1 a 5 para cada valor de probabilidad respectivamente; relacionado con cada uno de los activos evaluados como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 14.** Matriz usada para análisis de criticidad.

FRECUENCIA		CONSECUENCIA				
		Mínima	Menor	Moderada	Mayor	Máxima
Muy alta	5					
Alta	4					
Media	3					
Baja	2					
Muy baja	1					
		1	2	4	8	16

**Fuente.** LA EMPRESA.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales se clasifico el activo objeto de estudio.

Dicha valoración se realizó con participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional de los activos en estudio (operaciones, mantenimiento, procesos, riesgos en personas, riesgos ambientales, riesgos financieros) teniendo en cuenta registros de eventos pasados, práctica y experiencia relevantes, literatura especializada y panoramas de riesgos.

La definición de la función principal representó el eje fundamental de la evaluación dentro del taller ya que por medio de esta descripción todos los evaluadores estarían informados de la función actual que cumple el activo en la operación. Dicha función fue predefinida para cada activo a partir de los manuales de

operación, planos y entrevistas con los operadores previa o durante el taller; se revisó, modificó (si fuera el caso) y aprobó por el equipo evaluador.

**5.1.4.1 Valoración de la Consecuencia.** La valoración de consecuencia se encuentra alineada al sistema integral de riesgos de la compañía y determina el efecto que puede generar el evento de falla funcional del activo sobre 5 objetos de impacto mencionados a continuación: seguridad y salud de las personas, pérdidas económicas (costos de mantenimiento y producción, compensaciones etc.), afectación ambiental, afectación a la imagen corporativa de la compañía y afectación a la calidad del servicio y clientes.

La severidad de estos objetos de impacto, está descrita en valores numéricos (1, 2, 4, 8 y 16). Estos valores se plasmaron en la plantilla y se discriminaron de la siguiente manera: 1 nivel de consecuencia mínimo, 2 el nivel de consecuencia menor, 4 el nivel de consecuencia moderado, 8 el de nivel de consecuencia mayor o 16 el nivel de consecuencia máximo.

Si llegado el caso existen varias consecuencias con el mismo nivel en severidad identificado, prima el siguiente orden: seguridad y salud, medio ambiente, pérdidas económicas, imagen y por último calidad en el servicio y clientes.

- Para la definición de la tabla de valoración de consecuencia en la afectación a las personas, se contemplaron los peligros que pueden generar afectación a la salud y seguridad de las personas en el caso de ocurrir un evento de falla funcional de los activos estudiados teniendo en cuenta el panorama de riesgos, donde se definieron los riesgos que inciden en el bienestar de los trabajadores, funcionarios, contratistas y/o personas de la comunidad que podían o no, estar en contacto con los activos y ser afectados debido al evento de falla. Como ejemplo se puede tener:

- ✓ Ruido: Puede generar afectación a las personas ocasionando pérdida auditiva.
- ✓ Inhalación de gases y/o material particulado, (fuga inesperada de soda caustica, cloro) de aerosoles de agua cruda y agua clarificada.
- ✓ Caídas (pasamanos) tema de infraestructura, golpes y aplastamientos.
- ✓ Electrocutión
- ✓ Explosiones
- ✓ Ahogamiento
- ✓ Contacto con productos químicos
- ✓ Radiación por Incendios, entre otros.

Los descriptores que definen la valoración de la tabla de consecuencias en el objeto de impacto “seguridad y salud de las personas” se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Tabla descriptores de objeto de impacto “Seguridad y salud de personas”.

Nivel	Consecuencia Seguridad y salud de personas.
Máxima (16)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muerte o invalidez total de una (1) persona</li> <li>• Secuestro de una (1) persona</li> <li>• Incapacidad permanente parcial en más del 20% de los trabajadores.</li> <li>• Incapacidad temporal en más del 60% de los trabajadores.</li> </ul>
Mayor (8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidad permanente parcial del 10% al 20% de los trabajadores.</li> <li>• Incapacidad temporal del 40% al 60% de los trabajadores</li> </ul>
Moderado (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidad temporal del 20% al 40% de los trabajadores</li> </ul>
Menor (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incapacidad temporal para menos del 20% de los trabajadores.</li> </ul>
Mínima (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesiones sin incapacidad</li> </ul>

**Fuente:** EMPRESA.

- Para la elaboración de la tabla de valoración consecuencias por afectación ambiental, se respondió a la pregunta: ¿Cuál es el impacto del evento de falla del activo sobre el medio ambiente? Se contemplaron los peligros que podían generar afectación en las condiciones ambientales y sociales en las cuales se desarrollan las actividades del nivel de gestión analizado en el aspecto ambiental (biótico, abiótico y social) en caso de ocurrir un evento de falla funcional de un equipo. Como ejemplo se puede tener:

- ✓ Fugas de fluidos o material particulado que produce contaminación del aire.
- ✓ Fuga de cloro q genere contaminación de aire, fauna y flora.
- ✓ Fuga de sustancias químicas diferentes a cloro, cal, carbón activado, sulfato, soda cáustica (nivel medio), poli cloruro de aluminio, polímero, CO2.
- ✓ Explosión o incendio que afecte el entorno.
- ✓ Vertimientos no autorizados que generen contaminación. Etc.
- ✓ Inundación.
- ✓ Ruido en la operación de la infraestructura que genere contaminación auditiva.
- ✓ Suspensión del servicio por más de 24 horas con impacto en bienestar de la comunidad.

Se identificó si el impacto de la falla era mitigable, reversible o irreversible, que alcance en el tiempo tienen el medio ambiente para su recuperación y que impacto geográfico tiene la afectación sobre el medio ambiente.

Los descriptores que definen la valoración de la tabla de consecuencias en el objeto de impacto “Ambiente” se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Tabla descriptores de objeto de impacto “Ambiente”

Nivel	Consecuencia Ambiental
Máxima (16)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afectación superior a los 5 años.</li> <li>•La alteración del factor ambiental es mayor al 80%.</li> <li>•La afectación se manifiesta en un área de ubicación crítica o decisiva.</li> </ul>
Mayor (8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afectación entre 3 y los 5 años.</li> <li>•Alteración del factor ambiental entre 60 y el 80%.</li> <li>•Los impactos son irreversibles, por medios naturales.</li> <li>•Impacto ambiental comprende una porción o la totalidad de un área regional.</li> </ul>
Moderado (4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afectación entre 4 y seis años.</li> <li>•Impacto ambiental moderado en un municipio. Es localizado.</li> <li>•Los impactos son reversibles, las alteraciones pueden ser asimiladas por el entorno.</li> <li>•Alteración del factor ambiental entre el 40% y el 60%.</li> </ul>
Menor (2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afectación entre 1 y 3 años.</li> <li>•Alteración del factor ambiental entre el 21% y el 40%.</li> <li>•Impacto ambiental trasciende los límites de la organización.</li> <li>•Impacto ambiental es mitigable</li> </ul>
Mínima (1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Afectación inferior a un año.</li> <li>•Alteración del factor ambiental menor o igual al 20%</li> <li>•Impacto Ambiental confinado en las instalaciones de la organización.</li> <li>•Impacto ambiental recuperable, puede ser eliminada completamente.</li> </ul>

**Fuente.** LA EMPRESA.

- Para la elaboración de la tabla de valoración de consecuencias de afectación a la calidad del servicio, se respondió a la pregunta: ¿La falla del activo tiene alguna repercusión sobre la calidad del servicio y el impacto en los clientes que genera la compañía? Se identificó si la falla afectó el suministro de agua de la compañía e intermitencia y se contemplaron los peligros que pueden generar afectación en el aspecto de calidad del servicio o producto en caso de ocurrir un evento de falla funcional de un equipo. Como ejemplo se puede tener.

- ✓ Calidad del agua
- ✓ Cumplimientos Regulatorios
- ✓ Estándares internos.

Los descriptores que definen la valoración de la tabla de consecuencias en el objeto de impacto “Calidad del servicio” se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Tabla descriptores de objeto de impacto “Calidad del servicio”.

Nivel	Consecuencia en Calidad.
Máxima (16)	El evento genera una afectación de la calidad del producto o servicio genera un incumplimiento de los requisitos y expectativas de los grupos de interés. Se genera un veto como proveedor del servicio
Mayor (8)	El evento genera una afectación de la calidad del producto o servicio con una insatisfacción a los grupos de interés, por lo cual se requieren grandes modificaciones y reprocesos. Existe pérdida de participación en el mercado.
Moderado (4)	El evento genera una afectación de la calidad del servicio con consecuencias que remediabiles pero que requieren de acciones aprobadas por una instancia jerárquica. Existe pérdida de clientes y/o desabastecimiento.
Menor (2)	El evento genera una afectación en la calidad del producto o servicio con consecuencias remediabiles que se atienden a través de acciones de corrección que no requieren aprobación por parte de una instancia jerárquica. Se presentan quejas y/o reclamos
Mínima (1)	El grado de afectación en la calidad del producto o servicio es mínimo.

**Fuente.** LA EMPRESA.

- Para la elaboración de la tabla de consecuencias de afectación a la reputación o imagen corporativa, fue necesario responder a la pregunta: ¿De qué manera afecta la reputación e imagen de la compañía, el evento de falla del activo y cuál es su alcance en el entorno? Se contemplaron los peligros que generan afectación en aspectos como confianza y credibilidad en los compromisos del Grupo empresarial. Se identificó si la falla tenía un alcance en su imagen local, regional, nacional o internacional. También qué nivel de difusión tuvo en los medios de comunicación, y de qué manera se afectó la credibilidad entre sus grupos de interés. Después de responder a la pregunta se identificó en qué nivel de la matriz de consecuencia se podía valorar. Como ejemplo se puede tener:

- ✓ Fugas de fluido o material particulado que afecte de forma negativa la reputación.
- ✓ Evento que tengan un nivel de divulgación negativa en la sociedad.

Los descriptores que definen la valoración de la tabla de consecuencias en el objeto de impacto “Reputación o imagen corporativa” se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.**Tabla descriptores de objeto de impacto “Reputación o imagen corporativa”.

Nivel	Consecuencia en Reputación.
Máxima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El evento de falla del activo afecta de forma negativa la reputación de algunos de los valores corporativos. Regional</li> <li>• El evento genera pérdida de confianza (credibilidad) en los compromisos por parte en todos los grupos de interés.</li> <li>• La confianza se recupera, con acciones de intervención de naturaleza reparadora, en un periodo superior a 2 años.</li> </ul>
Mayor	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Se afecta la reputación: algunos de los valores corporativos son afectados en forma negativa. Nacionalmente.</li> <li>•El evento genera pérdida de confianza (credibilidad) en los compromisos por parte de algunos de los grupos de interés.</li> <li>•La confianza se recupera, con acciones de intervención reparadoras, en un periodo superior a 4 años y menor o igual a 12 años.</li> </ul>
Moderado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La afectación de la reputación es moderada. Su alcance es Regional.</li> <li>• Genera desconfianza en la prestación los servicios, compromisos y relacionamiento con los grupos de interés, se comienza a cuestionar la credibilidad.</li> <li>• Inicia un proceso de desconfianza entre la Gente.</li> <li>• La pérdida de confianza conlleva a la difusión masiva y al seguimiento por parte de los líderes de opinión.</li> <li>• La confianza se recupera en un periodo entre 2 y 4 años con acciones de intervención reparadoras.</li> </ul>
Menor	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La afectación de la reputación es menor. Su alcance es Local.</li> <li>•Comienza un proceso de desconfianza en los productos y servicios, compromisos y relacionamiento por parte de los grupos de interés.</li> <li>•Comienza un proceso de generación de opiniones que pueden llegar a medios masivos de comunicación.</li> <li>•La confianza se recupera en un periodo entre 1 y 2 años con acciones de intervención reparadoras.</li> </ul>

**Tabla 4.** (Continuación).

Mínima	<ul style="list-style-type: none"><li>•La afectación de la reputación es insignificante.</li><li>•La confianza por parte del grupo de interés se recupera en forma inmediata o en un periodo menor a 1 año con acciones de intervención reparadoras.</li></ul>
--------	--

**Fuente.** LA EMPRESA.

- Para la elaboración de la tabla de consecuencias en Pérdidas económicas. Los niveles de severidad en los cuales se evaluó la afectación o el impacto económico de la falla funcional fueron: Costos por mantenibilidad debido a la falla, costos por pérdidas de producción, sanciones y/o compensaciones. La pregunta que se respondió referente a los costos fue: ¿Qué costos de mantenimiento, de pérdidas de servicio, sanciones o multas se generan con la falla del activo?, ¿Cuánto cuesta la reparación de la falla funcional del activo o cuánto cuesta la reposición?

Es importante tener en cuenta que solo se establecieron los costos asignados al activo por intervenciones correctivas, en este análisis, como se menciona se evaluó el remplazo del activo, los mantenimientos mayores solo se tuvieron en cuenta si alguna falla del equipo desencadenó en un mantenimiento de esta magnitud.

Los descriptores que definen la valoración de la tabla de consecuencias en el objeto de impacto “Calidad del servicio” se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5.**Tabla descriptores de objeto de impacto “Económico o financiero”

Nivel de consecuencia	Criterios de Discriminación por afectación Económica o Financiera	
	PERDIDAS (Producción + Sanciones + Compensaciones)	COSTOS (Costos de Reparación + Costos de Reposición).
Máxima	El evento de falla de activo genera una pérdida de más del 90% de servicio.	El evento de falla genera costos de reparación mayores al 30% del valor del activo.
Mayor	El evento de falla de activo genera una pérdida entre 70% y 90% de servicio.	El evento de falla genera costos de reparación entre el 20% y 30% del valor del activo.
Moderado	El evento de falla de activo genera una pérdida entre 30% y 70% de servicio.	El evento de falla genera costos de reparación entre el 10% y 20% del valor del activo.

**Tabla 5.** (Continuación).

Menor	El evento de falla de activo genera una pérdida entre 10% y 30% de servicio.	El evento de falla genera costos de reparación entre el 1% y 10% del valor del activo.
Mínima	El evento de falla de activo genera una pérdida entre 0% y 10% de servicio.	El evento de falla genera costos de reparación entre el 0% y 1% del valor del activo.

**Fuente.** LA EMPRESA.

**5.1.4.2 Valoración de la Probabilidad de falla.** La probabilidad de falla (funcional) del Activo dentro del taller de Análisis de Criticidad indicó la cantidad de eventos o fallas que ha presentado el activo dentro de su tiempo de operación o similar en la empresa o industria. Los criterios para definirla están descritos en la siguiente tabla:

**Tabla 6.** Tabla de Criterios para definición de probabilidad de Falla.

PROBABILIDAD DE FALLA					
	Muy Baja - A (1)	Baja - B (2)	Media - C (3)	Alta - D (4)	Muy Alta – E (5)
Criterios	Es prácticamente imposible que ocurra el escenario.	El evento puede ocurrir si acaso una vez en la vida del sistema.	El escenario puede ocurrir una vez cada 4 o 5 años.	El escenario puede ocurrir una vez cada dos o tres años.	El escenario puede ocurrir una vez al año o más frecuentemente.
	No ha ocurrido este evento en la Industria.	El evento ha ocurrido en la Industria.	El evento ha ocurrido en la empresa.	El evento sucedió varias veces en el año en la empresa.	El evento ha sucedido varias veces en el año en esta área.

**Fuente.** LA EMPRESA.

Al determinar la probabilidad de ocurrencia de la falla, se respondió la pregunta: ¿Cuál es la frecuencia de Falla del activo dentro de su contexto operacional actual? La respuesta de esta pregunta estuvo apoyada en el historial de fallas que se posee del activo según información suministrada; en los casos que no se tuvo esta información, se recurrió al tiempo medio entre falla que el fabricante tiene establecido para el equipo o al conocimiento que poseen los expertos sobre el

activo. Se eligió el mayor impacto en cuanto a número de fallos presentados por el activo en su entorno operacional.

**5.1.4.3 Redundancia.** Los criterios para redundancia del activo, se definieron si estructuralmente el activo según la configuración del proceso, cuenta con uno o más activos de respaldo; para esto se estipuló el número de activos en paralelo y la capacidad de cada uno de estos. Entre mayor fue el grado de redundancia, dependiendo del sistema, la severidad en la consecuencia de los objetos de impacto disminuyó, esto debido a que el impacto operacional o prestación del servicio de bombeo de agua no se afectaría pues el equipo de respaldo hace que no se pierda la funcionalidad del sistema. La redundancia se clasifica usando los códigos de la siguiente tabla tomada de la norma estándar Norsok Z008.

**Tabla 7.** Códigos de clasificación de redundancia.

Grado de Redundancia	Código
La unidad no puede sufrir falla, sin influenciar la función	A
La unidad puede sufrir falla sin influenciar la función	B
Dos unidades pueden sufrir falla sin influenciar la función.	C

**Fuente.** NORSOK STANDARD. Risk based maintenance and consequence classification. Z-008: 2011. 3 ed. Lysaker, Noruega. 2011. 46p.

Igualmente se consideró que la redundancia también depende de la disponibilidad funcional, si el equipo de respaldo tenía un historial alto de fallas la probabilidad de pérdida de función debía considerar este aspecto y debía ser evaluado.

**5.1.5 Obtención final de criticidad para cada activo.** Posterior al cargue de los datos del activo en la plantilla, en las siguientes columnas de la hoja de trabajo se plasmó la información analizada para cada activo según la severidad de los criterios de consecuencias respecto a la seguridad, ambiente, pérdidas económicas, imagen y calidad; este se combinó con probabilidad y se obtuvo la valoración final de la criticidad para cada activo en la plantilla.

$$Criticidad = \left( \sum \text{consecuencia valorada en cada objeto de impacto} \right) * \text{Probabilidad de Falla}$$

Dado lo anterior se puede decir que la criticidad es un caso particular de riesgo, cuyo resultado proviene de la valoración de la consecuencia (en los 5 objetos de

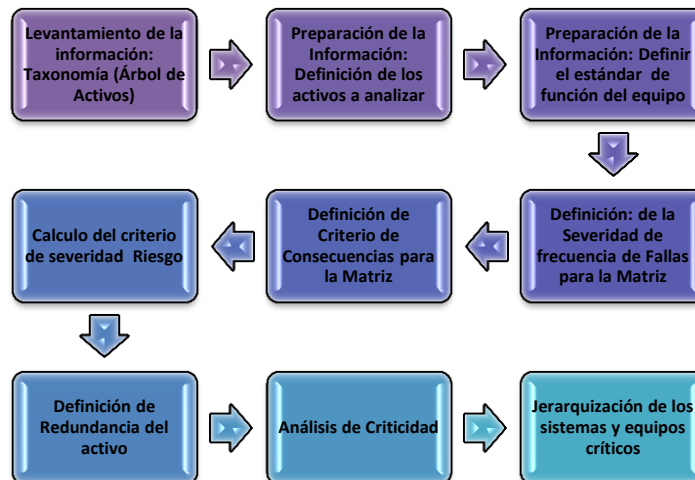
impacto) combinada con la probabilidad de ocurrencia o frecuencia de falla funcional del activo.

Al tener establecidos todos los factores para la obtención de la criticidad y habiéndolos introducido en la plantilla de evaluación la cual se encuentra formulada, esta arroja el nivel de criticidad en el cual se encuentra categorizado el activo y compara automáticamente el resultado más alto entre las consecuencias vs probabilidad definiendo la criticidad resultante en un rango cualitativo entre (Bajo, Medio, Alto y Muy Alto).

**5.1.6 Informe Final.** Se generó un listado de activos agrupado de mayor a menor criticidad. Este listado proporciona un enfoque de los activos que tienen prioridad para mantenimiento y operaciones y permite orientar los recursos y esfuerzos en los equipos más críticos, así como dar enfoque a las acciones de mitigación del riesgo en elementos, subsistemas, considerando su impacto en el proceso de bombeo de agua.

La metodología descrita en el numeral 5.1 y sus sub-numerales se resume de forma global en la siguiente figura, donde se esquematiza el proceso cíclico del análisis de criticidad según Norsok Z-008.

**Figura 15.** Proceso cíclico del análisis de criticidad.



**Fuente.** NORSOK STANDARD. Risk based maintenance and consequence classification. Z-008: 2011. 3 ed. Lysaker, Noruega. 2011. 46p.

## 5.2 PLANEACION PARA PMO

Antes de iniciar con el desarrollo de la metodología PMO (Optimización de los planes de Mantenimiento) fue necesario realizar una fase de Planeación, la cual se describe según los numerales que a continuación se listan:

**5.2.1 Reconocimiento del Negocio.** Un adecuado proceso de Planeación requiere un reconocimiento detallado del negocio en los siguientes aspectos:

**5.2.1.1 Estructura actual de la gestión de mantenimiento.** Dentro de este aspecto se identificó:

- Cuál es la jerarquía organizacional de la Instalación/Unidad o Planta.
- Quienes conforman el equipo de Mantenimiento.
- Como están distribuidas las funciones de Planeación, Programación y Ejecución de Mantenimiento.

**5.2.1.2 Estrategia de Cobertura de tareas de mantenimiento a los equipos.** Dentro de este aspecto se identificó:

- Cuantos grupos de ejecución de mantenimiento existen.
- Cuantas personas los conforman.
- Si existen servicios tercerizados, cual es el alcance de estos servicios.
- Cuál es la logística requerida para desarrollar las actividades de mantenimiento de la instalación.

**5.2.1.3 Estrategia de la cadena de suministro.** Dentro de este aspecto se requiere identificar:

- Si la estrategia de almacenamiento de repuestos es centralizada o existen bodegas satélites.
- Estrategia de consecución de repuestos locales e importados, convenios asociados.

**5.2.1.4 Frecuencias de tareas parametrizadas en el CMMS.** Dentro de este aspecto se identificó:

- Si la organización maneja frecuencias de mantenimiento estandarizadas y de

qué manera las tiene organizadas con el propósito de alinear los resultados de las metodologías a estos parámetros.

**5.2.1.5 Listado Jerárquico de equipos.** Se estudió este listado de acuerdo con el análisis de criticidad desarrollado para los activos evaluados de la estación de bombeo Pantanillo.

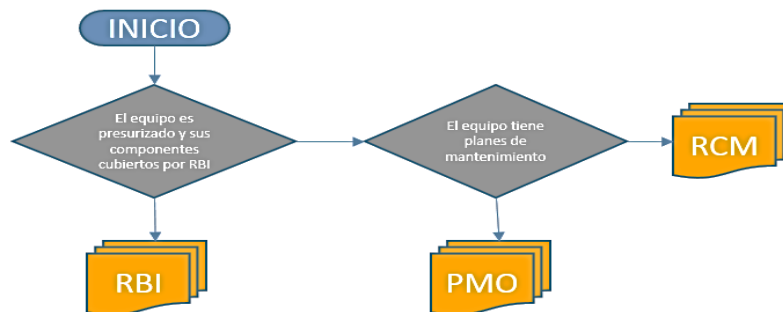
**5.2.1.6 Contexto Operacional de la Instalación.** Dentro de este aspecto se definió de manera secuencial el proceso de tal forma que se identifiquen las relaciones del entorno operacional con las diferentes funciones que cumple el objeto de análisis. Dado lo anterior se identificaron los límites de cubrimiento de la metodología del objeto de análisis, de esta manera se definió el alcance del proceso y se enmarcó en una ubicación clara para el grupo de estudio. Así mismo se identificaron los parámetros de funcionamiento de equipos y componentes para establecer tareas con un alcance definido.

**5.2.1.7 Herramientas de trabajo Disponibles.** Dentro de este aspecto se identificó:

- Si la organización emplea herramientas sofisticadas o básicas para el desarrollo de sus actividades.
- Cuáles son las herramientas especiales con las que cuenta.
- Las herramientas son propias o alquiladas, si son alquiladas cual es el costo.

**5.2.2 Escogencia de la metodología a aplicar.** Una vez realizado el reconocimiento del negocio donde se han seleccionado los activos a generarle Planes de Mantenimiento se procedió a seleccionar la metodología de desarrollo de los planes de mantenimiento haciendo uso del siguiente diagrama:

**Figura 16.** Diagrama de selección de metodología a aplicar.



**Fuente.** LA EMPRESA.

**5.2.3 Recursos Necesarios.** Para el desarrollo de la optimización de planes de mantenimiento de activos físicos se emplearon los siguientes recursos:

**5.2.3.1 Personal.** El personal requerido para el desarrollo del presente trabajo fue:

- Facilitador PMO.
- Líder del Taller (Gestor de PMO).
- Supervisor de Mantenimiento por especialidad.
- Supervisor de Operaciones (opcional).
- Operador de equipos (opcional).
- Líder de estrategia de mantenimiento.

**5.2.3.2 Información de equipos e instalaciones.** La información mínima necesaria para el estudio de los activos es:

- P&ID's.
- Diagramas Unifilares.
- Diagramas F&G.
- Manuales de Fabricantes.
- Listado de Repuestos por equipo con Costos.
- Históricos detallados de Mantenimiento (Costos, duración, Alcance).
- Parámetros de Operación (Presión, Caudal, Temperatura, Velocidad, entre otros)
- FMECA (opcional).
- Contexto Operacional de los equipos.

## **5.3 DESARROLLO METODOLOGIA PMO**

**5.3.1 Estudio de la información suministrada.** Una vez se consolida la información de la cantidad de equipos a trabajar y la clasificación de los activos por tipo de equipos, se extrae la información consolidada en los planes de mantenimiento, en los cuales deben contener como mínimo información sobre el ejecutor, tiempo, frecuencia, repuestos, entre otros.

La información antes mencionada se registra en la Plantilla para PMO la cual facilita el procesamiento de la información y el desarrollo de los talleres PMO. Es importante contar con la taxonomía y jerarquía funcional con el objeto de replicar

los planes a activos similares dentro del negocio, de igual manera es importante conocer el organigrama de mantenimiento y la estrategia utilizada.

La base fundamental de una estrategia de mantenimiento corresponde en gran medida al banco de datos recolectados en sus sistemas de información (CMMS, EAM, ERP) y a la toma de acciones eficientes que contribuyan al mejoramiento continuo sobre los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo. Bajo este se recolectó la información de planes de mantenimiento actuales de los activos físicos bajo estudio, de pérdidas de producción así como el historial de fallas de mantenimiento. Esta información se debe clasificó de acuerdo a los siguientes criterios:

**5.3.1.1 Evaluación de los planes de mantenimiento actuales.** La evaluación de los planes de mantenimiento actuales permitieron identificar las estrategias de mantenimiento y clasificar las tareas mediante modos de falla, así se pudo proyectar la optimización partiendo desde la adición o reducción de tareas duplicadas y calculando las tareas propuestas mediante análisis costo efectivo. Es necesario contar con los instructivos actuales de tareas de mantenimiento, donde se identifique claramente la actividad, frecuencia, equipos intervenidos, tiempo de la actividad debidamente clasificado por especialidad (mecánico, eléctrico, instrumentos) así como el contexto general de la estrategia actual de mantenimiento.

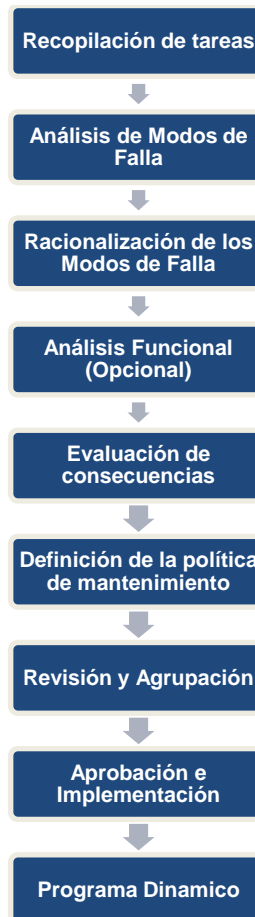
**5.3.1.2 Evaluación de los costos asociados a mantenimiento y restablecimiento.** La evaluación de los costos de mantenimiento se emplean una vez sea implementada la metodología y se utilizan como base para realizar una comparación y seguimiento a la reducción de costos de mantenimiento que se puedan tener en su implementación. Inicialmente a partir de esta información se puede determinar, mediante el análisis de Pareto de los costos asociados a mantenimiento y restablecimiento, frente a las causas de falla, una clasificación 80-20 de los eventos de mayor relevancia. Esta información clasifica las causas de falla registrada con mayores pérdidas, en orden de importancia dentro del proceso de producción. Este proceso de clasificación identifica las fallas potencialmente altas (esporádicas 3 o crónicas 4), sin hacer diferencia entre ellas.

**5.3.1.3 Evaluación de las fallas por mantenimiento y Restablecimiento.** Mediante la evaluación de las fallas y el cálculo del MTBF de cada una de ellas, se identificaron los eventos que se presentan con mayor frecuencia dentro de los procesos de mantenimiento y restablecimiento, además se clasificaron las fallas que son crónicas debido a su bajo MTBF, a su vez se identificaron los modos de

falla y se compararon con los modos de falla que abarcan los planes de mantenimiento propuestos desde la estrategia del negocio.

**5.3.2 Aplicación 9 pasos PMO.** A continuación se describe la metodología desarrollada para la Optimización de planes de Mantenimiento tal como se esquematiza en la Figura 16, la cual aplica para todos los activos físicos productivos de la estación de bombeo Pantanillo, los cuales han sido seleccionados previamente basados en el análisis de criticidad realizado, bajo los criterios particulares del negocio y que cuentan con planes de mantenimiento sujetos a optimización de las tareas buscando la eficiencia operacional, logística y costo efectiva. Se excluyen de la presente metodología aquellos activos cubiertos por la metodología RBI.

**Figura 17.** 9 pasos PMO.



**Fuente.** LA EMPRESA.

**5.3.2.1 Recopilación de tareas.** El primer paso desarrollado fue la recopilación de las tareas de mantenimiento que se ejecutan actualmente sobre el activo a analizar, estas tareas fueron extraídas de instructivos de mantenimiento, históricos de fallas, del plan de mantenimiento cargado en el CMMS o de apreciaciones emitidas por los especialistas que conforman el grupo de trabajo. En caso de que el equipo no cuente con tareas de mantenimiento, el ejercicio debe iniciar con el análisis funcional (numeral 5.2.4). La tarea debe contener: actividad, duración, grupo ejecutor, cantidad de personas entre otros.

**5.3.2.2 Análisis de modos de falla.** En esta etapa de la metodología se identificó el modo de falla que se pretende evitar o mitigar con cada una de las tareas descritas en el numeral anterior, esto ratifica la necesidad de plantear y/o mantener la tarea de mantenimiento, con ello se busca que una tarea de mantenimiento pueda cubrir uno o varios modos de falla. Una descripción clara del modo de falla debe contener los siguientes elementos:

- Componente que falla.
- Tipo de Falla.
- Causa de la falla (a un nivel de profundidad que permita identificar una tarea de mantenimiento).

**5.3.2.3 Racionalización y revisión del FMA.** Una vez se identifican los modos de falla que se pretenden eliminar o mitigar implementando una tarea de mantenimiento, estos se organizan por componente con el propósito de identificar cuantas tareas de mantenimiento existen para mitigar el modo de falla identificado. A través de la agrupación de los modos de falla se logra identificar con claridad tareas duplicadas. La duplicidad de tareas se presenta cuando al mismo Modo de Falla se le aplican varias rutinas de PM por parte de las diferentes especialidades, por parte de los operadores y/o por parte de los especialistas de monitoreo.

**5.3.2.4 Análisis funcional (opcional).** Para llevar a cabo este paso, se identifican la función principal de cada uno de los componentes que conforman el equipo, luego de esto, se determina la falla funcional que puede ser la negación de la función o la pérdida parcial de la función establecida del componente (generalmente a equipos altamente críticos o muy complejos que requieran una buena comprensión de todas las funciones del equipo). Una vez se determinen las fallas funcionales, se procede a estipular los modos de falla que podrían hacer posible la falla funcional planteada. En los casos en donde el equipo cuente con planes de mantenimiento, el análisis funcional deja de cobrar relevancia pues los modos de falla ya fueron establecidos en una etapa previa del análisis. El análisis funcional es un análisis que formalmente no se ejecuta bajo la metodología de

PMO a menos que sea estrictamente necesario, para nuestro caso no fue necesario el desarrollo de este paso.

**5.3.2.5 Evaluación de consecuencias.** Cada modo de falla se analizó para determinar si es una falla oculta o una falla evidente y determinar la consecuencia de la falla si llegara a ocurrir (operacional, seguridad, no operacional, oculta).

**5.3.2.6 Definición de la política de mantenimiento.** La filosofía moderna de mantenimiento se basa en la premisa que los programas de mantenimiento exitosos se enfocan más en las consecuencias de las fallas que en los activos en sí. En este Paso, cada modo de falla fue analizado bajo los principios del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y se establecieron las políticas nuevas o revisadas de mantenimiento haciendo evidente lo siguiente:

- Los elementos del programa actual de mantenimiento que son costo-efectivos y los que no lo son se eliminan.
- Qué tareas deben ser más efectivas y menos costosas si fueran basadas en condición, en lugar de llevarlas a falla y viceversa.
- Qué tareas no aportan beneficios y deben ser eliminadas del programa.
- Qué tareas deben ser más efectivas si se realizaran bajo diferentes rutinas.
- Qué fallas se manejarían mejor por medio del uso de tecnología avanzada o simple.
- Qué tipo de información se debe recolectar para predecir mejor el comportamiento del equipo durante su ciclo de vida.
- Qué fallas se deben eliminar con la ayuda de un Análisis de Causa Raíz (RCA)

**5.3.2.7 Revisión y agrupación.** Una vez el análisis de las tareas finaliza, el equipo de trabajo estableció el método más eficiente y efectivo para administrar el mantenimiento de los activos teniendo en cuenta limitantes de producción, logística, entre otros. En este paso es posible que haya transferencia de responsabilidades en la ejecución de las tareas de PM entre los especialistas de mantenimiento y los operadores para lograr eficiencia y ganancias en producción aunque para ello se debe contar con el suficiente apoyo gerencial que permita garantizar la ejecución de actividades por parte del área de operaciones.

Una descripción adecuada de tarea de mantenimiento debe contener:

- Verbo en infinitivo de la acción a realizar.
- Método o herramienta a utilizar para realizar la acción.

- Componente al que va dirigida la actividad.

**5.3.2.8 Aprobación e implementación.** El resultado del análisis se presentó a la alta dirección para su revisión y comentarios y con su aprobación quedó planteado para su implementación.

**5.3.2.9 Programa dinámico.** La revisión y modificación formal de la política o estrategia de mantenimiento se debe hacer de forma constante al menos una vez por año, para evaluar el aprovechamiento de nuevas tecnologías y la aparición de nuevos modos de falla producto de los contextos operacionales dinámicos. En el programa dinámico el plan de PM se consolida y toma control de la planta, cuando se reemplaza el mantenimiento reactivo por uno planeado. De este punto en adelante el mejoramiento puede acelerarse fácilmente y los recursos que se liberan pueden enfocarse a corregir defectos de diseño o limitaciones inherentes a la operación. Durante este paso varios de los procesos vitales de la Gestión de Activos pueden afinarse mientras la rata de mejoramiento se acelera, entre los cuales que se incluyen:

- Estrategia de Producción y Mantenimiento.
- Medición de Desempeño.
- Reportes y eliminación de Fallas.
- Gestión de Inventarios.

Este paso quedara planteado una vez se implemente el plan de Mantenimiento optimizado y se puedan medir sus indicadores.

**5.3.3 Plantilla PMO.** Con el objeto de dar claridad a la plantilla resultante de la optimización de los panes de Mantenimiento realizada a los activos de la estación de Bombeo Pantanillo, a continuación se dará explicación a cada sección de esta de la siguiente forma:

**5.3.3.1 Jerarquía de Equipos.** Desde la columna empresa hasta la columna sección o sistema se toma como punto de partida la ubicación y jerarquización del activo analizado, donde se describió paso a paso a que área, categoría de negocio, instalación, planta y sección donde se encuentra el activo, posteriormente se incluye el número del activo y su descripción, en la columna modelo o número de parte del componente hace referencia al componente al que está asignada la tarea de mantenimiento y por último se define el origen de la tarea, es decir la fuente de la información, teniendo en cuenta instructivos de

mantenimiento, CMMS, Talleres previos, o si se define durante el taller.

**Figura 18. Jerarquía de Activos en plantilla PMO.**

JERARQUIA DE EQUIPOS										
EMPRESA	LÍNEA DE NEGOCIO	CATEGORÍA DE NEGOCIO	INSTALACION	PLANTA / UNIDAD	SECCION / SISTEMA	ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	ORIGEN TAREA	OT.MICROEQUIPOS
EPM	AGUAS	PROVISION AGUAS	PANTANILLO	ESTACION DE BOMBEO	SERVICIOS AUXILIARES	506352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	4 Baterias Varta 1202	CMMS	<a href="#">310211</a>

**5.3.3.2 Matriz de Criticidad.** En las columnas Pe (Personas), Fi (Financieras), AM (Ambiente), IM (Imagen o reputación), Ca (Calidad) y Total se muestra el resultado de la valoración de criticidad del activo en cada una de las consecuencias determinadas por el área de Riesgos de la empresa y el total resultante de la valoración.

**Figura 19. Matriz de criticidad en plantilla PMO.**

MATRIZ DE CRITICIDAD					
Pe	Fi	Am	IM	Ca	TOTAL
Muy Alto	Muy Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Muy Alto

**5.3.3.3 Plan de Mantenimiento Actual.** En esta sección se alimentó la plantilla con el plan de mantenimiento actual del activo, desde la columna Tarea hasta Horas Hombre por año. Se inicia en la columna Tarea, donde se enuncia el nombre de la tarea, en la siguiente columna se describe la misma, una vez se tiene identificada la tarea se procede a analizar cuál es el modo de falla que cubre dicha tarea. Se sabe que un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla funcional, como recomendación se debe de elegir con cuidado los verbos para describir los modos de falla y evitar generalización que no dan ninguna indicación del porqué la causa de la falla.

En la siguiente columna (consecuencia) hace referencia a la consecuencia que produce el modo de falla, siendo definida esta como oculta, operacional, no operacional o ambiental, esto permite visualizar de una mejor forma las tareas con el objeto de seleccionar la estrategia correcta de acuerdo con cada tarea.

En la columna estrategia se despliega una lista con las opciones disponibles

definidas así por la organización como TBT (tarea basada en tiempo) – Reacondicionamiento o sustitución cíclica, CBT (tarea basada en condición) – Inspección por condición ó monitoreo por condición, INS (búsqueda de fallas), RTF (correr a falla).

En las siguientes 6 columnas se define la frecuencia en la que se debe de realizar la tarea, la duración (horas llave en mano) de la tarea actual y la especialidad encarga de ejecutar la tarea, estas pueden ser MEC (mecánica), ELE (eléctrica), INS (instrumentación) y OPE (operador), tipo de mantenimiento (Preventivo o Predictivo), responsable de ejecutar la tarea (personal interno o personal contratista), cantidad de personas involucradas en la realización de la tarea

En la columna horas hombre llave en mano se registra la cantidad de h/h requeridas para ejecutar la tarea en un periodo de 1 año. La fórmula empleada para el cálculo es la siguiente:

$$HH \text{ llave en mano} = \frac{\# \text{ Personas} \times \text{Duración} \times 365}{\text{Frecuencia.}}$$

Y por último en la columna Horas hombre (año) se registra la cantidad de h/h requeridas para ejecutar la tarea en un periodo de 1 año, incluye el tiempo de traslado a la locación. La fórmula empleada para el cálculo es la siguiente:

$$HH (\text{año}) = \frac{\# \text{ Personas} \times (\text{tiempo de traslado a locación} + \text{duración tarea}) \times 365}{\text{frecuencia.}}$$

**Figura 20. Plan de Mantenimiento actual en plantilla PMO.**

PLAN DE MANTENIMIENTO ACTUAL											
TAREA	MODO DE FALLA	CONSECUENCIA	Estrategia	FRECUENCIA	DURACIÓN TAREA (Horas)	ESPECIALIDAD	PV o PD	PERSONAL INTERNO O CONTRATISTA	PERSONAS	HH Llave en Mano (Año)	HH (Año)
Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	Falla de la batería por falta de agua por exceso de temperatura en el recinto	01. Oculta	TBT - REACONDICIONAMIENTO	192	0,02	ELE	PD	INTERNO	1	0,001335852	0,658052885

**5.3.3.4 Logística.** En esta sección se alimentó la plantilla definiendo el estado del equipo para efectuar la tarea (apagado, fuera de línea (desconectado) en línea (energizado)), costo logístico por atender la tarea por hora, costo de la hora hombre llave en mano del técnico que ejecuta la tarea, tiempo de traslado a locación, los repuestos requeridos para la ejecución de la tarea y si la tarea requiere servicios adicionales se deben de consignar los valores de los costos y

los tiempos asociados a la utilización de dichos servicios en las últimas dos columnas.

**Figura 21.** Sección logística en plantilla PMO.

LOGÍSTICA								
ESTADO EQUIPO PARA LA TAREA	Costo Logístico por hora.	Costo hora llave en mano	Tiempo de traslado a locación (horas)	# Actividades Ruta	Tiempo de traslado a locación (horas)	Repuestos Requeridos	Servicios Adicionales Requeridos	Tiempo Servicios Adicionales
EN LINEA	\$ 36.006,38	\$ 23.500,00	2,5	8	0,31	Ninguno	Ninguno	0

**5.3.3.5 Costos de Mantenimiento actual.** En esta sección se determinó el costo del mantenimiento actual así:

En la columna costo técnico se calcula de realizar la tarea y su fórmula es la siguiente.

$$\text{Costo Tecnicos} = \text{\$ hora llave en mano} \times \text{\# personas} \times (\text{tiempo de traslado a locación} + \text{duración de la tarea})$$

En las siguientes columnas se alimentó la plantilla con costo logístico (multiplicación del valor logístico por tiempo de traslado a la locación), costo de repuesto, costo de servicio (si aplica), costo de producción asociado a la realización de la tarea, costos de fallas esperadas por la realización de la tarea y por último el resultado del costo de la tarea actual en 1 año, el cual es el resultado es la suma de todos los costos en 1 año dividido por la frecuencia.

**Figura 22.** Costo Mantenimiento Actual.

COSTO MANTENIMIENTO ACTUAL							
Descripción	Costo Técnicos	Costo Logístico	Costo Repuestos	Costo Servicios	Costo Producción	Costo Fallas Esperadas	Costo Tarea Actual
Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	\$ 7.710,94	\$ 11.251,99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 380.300,51

**5.3.3.6 Plan de mantenimiento Optimizado.** En esta sección se alimentó la plantilla definiendo la tarea con una descripción detallada, se

selecciona la estrategia a emplear (de acuerdo a la definición de la empresa y descrita en el numeral 5.3.3.3), la frecuencia, duración de la tarea, especialidad asignada a la ejecución de la misma, si corresponde a una tarea tipo Preventiva o Predictiva y la cantidad de personas involucradas.

**Figura 23.** Plan de Mantenimiento Optimizado.

PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO						
TAREA PMO	ESTRATEGIA	FRECUENCIA PMO	DURACIÓN TAREA (Horas)	ESPECIALIDAD PMO	PV o PD	PERSONAS PMO
Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	TBT - REACONDICIONAMIENTO	182	0,25	ELE	PD	1

**5.3.3.7 Costos de Mantenimiento Optimizado.** En esta sección de la plantilla se definieron los costos asociados a la tarea PMO de igual forma que en el numeral 5.3.3.5 iniciando por los costos técnicos así:

*Costo Tecnicos*

$$= \$ \text{ hora llave en mano } \times \# \text{ personas PMO } \times ( \text{ tiempo de traslado a locación } + \text{ duración de la tarea PMO } )$$

En las siguientes columnas se alimentó la plantilla con costo logístico (multiplicación del valor logístico por tiempo de traslado a la locación), costo de repuesto, costo de servicio (si aplica), costo de producción asociado a la realización de la tarea, costos de fallas esperadas por la realización de la tarea y por último el resultado del costo de la tarea PMO a 10 años, el cual es el resultado es la suma de todos los costos en 1 año dividido por la frecuencia así:

*Cost Tarea PMO*

$$= \frac{(C. Servicio + C. Rptos + C. Logistico + C. Tecnico + C. Prod) \times 365}{Frecuencia} \times T. traslado + C. fallas esperadas$$

**Figura 24.** Costos Mantenimiento Optimizado.

COSTO DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO							
Descripción	Costo Técnicos	Costo Logístico	Costo Repuestos	Costo Servicios	Costo Producción	Costo Fallas Esperadas	Costo Tarea PMO a 10 Años
Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	\$ 13.218,75	\$ 11.251,99	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 490.759,39

**5.3.3.8 Costos de Mantenimiento Correctivo.** En esta sección se definieron los costos asociados a las acciones correctivas denominado Mantenimiento correctivo alimentando las primeras 5 columnas de la plantilla con la descripción de la falla potencial y actividad correctiva para llevar el equipo a su normalización o estado funcional, estado del equipo (fuera de línea o en línea), duración de la actividad correctiva, número de personas involucradas para la ejecución de la tarea correctiva y el tiempo de traslado de los técnicos desde su sitio de residencia hasta la planta o instalación.

En la siguiente columna nuevamente se calculó el costo de los técnicos, donde se considera el tiempo de traslado la duración de la actividad y el número de personas, con la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \text{Tecnico Mtto correctiv} \\ & = (\text{duracion actividad} + \text{tiempo de traslado}) * \text{numero de personas} \\ & * \text{costo hora hombre.} \end{aligned}$$

En las siguientes columnas se alimentó la plantilla con el costo logístico (producto del valor logístico por tiempo de traslado a la locación), costo de repuesto asociado a la reparación, costo de servicios adicionales (grúas, elevadores, herramientas especiales alquilada, entre otros), costo de producción asociado a la realización de la tarea, costos por la cantidad de fallas asociadas a la reparación en un tiempo de diez años.

**Figura 25. Costos Mantenimiento Correctivo.**

COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO											
Descripción Actividad	Estado equipo	Duración Actividad (horas)	Numero de Personas	Tiempo Traslado Técnicos	Costo Técnicos	Costo Logístico	Costo Repuestos	Costo Servicios	Costo producción	# Fallas	Costo Tarea Correctiva
Cambio de Batería por Daño por Bajo Nivel de electrolito	Fuera de Línea	0,25	2	5	\$ 246.750,00	\$ 72.012,75	\$ 450.000,00	\$ -	\$ -	1	\$ 768.762,75

**5.3.3.9 Costos de Mantenimiento Correctivo.** En esta sesión de la plantilla se evaluó la actividad desde un enfoque netamente cuantitativo donde se comparó el costo actual de la actividad de mantenimiento vs el costo de la corrección de la falla potencial (actividad correctiva) así como el costo de la actividad de mantenimiento propuesta en el Taller de Planes de mantenimiento vs el costo de la corrección de la falla potencial (actividad correctiva). Si la relación costo efectiva es mayor a 1 se puede concluir que la tarea se puede correr a falla, si la relación es menor a 1 se considera que la mejor opción es realizar mantenimiento preventivo. Se puede presentar la situación en la que el resultado de costo-efectividad sobrepase de 1 pero que es necesaria realizar la actividad de

mantenimiento preventivo, esto ocurre cuando la consecuencia de la falla impacta la seguridad de las personas o el medio ambiente.

**Figura 26.** Relación costo efectiva en plantilla PMO.

RELACION COSTO EFECTIVA		
Tarea Revisada	Costo-efectividad Tactual	Costo-efectividad TPMO
SI	0,49	0,64

**5.3.3.10 Decisión.** Esta sección de la plantilla de PMO muestra brevemente los cambios presentados en la actividad inicial (si la tarea se conserva, si la tarea se elimina, si cambia la frecuencia, o la duración, o las personas) que se envían para tomar adecuadamente la decisión.

**Figura 27.** Sección Decisión en plantilla PMO.

DECISIÓN				
CAMBIOS PRESENTADOS	TAREA	FRECUENCIA	DURACION	PERSONAS
TAREA ORIG FRECU ORIG DURAC PMO PERSO ORIG	TAREA SE MANTIENE	FRECUENCIA SE MANTIENE	DURACION PMO MAYOR	PERSONAS SE MANTIENE

**5.3.3.11 Resultado.** En esta sección de la plantilla se alimentó con la actividad recomendada o la tarea a realizar donde se definió que la descripción de las actividades de mantenimiento debían corresponder a la taxonomía descrita en la tabla B.4 de la norma ISO14224, en las siguientes columnas se indica cual fue el resultado de la valoración (si la tarea se conserva, la tarea se elimina, cambia la frecuencia, o la especialidad, o las personas, o si se deja la tarea tal cual y como está o si se elimina por duplicidad, porque no agrega valor, porque la tarea está contenida dentro de otra tarea), justificación del resultado al cambio efectuado a la tarea original, beneficio económico de hacer la tarea en un tiempo de evaluación de 10 años, beneficio económico en 1 año, horas hombre llave en mano requeridas para realizar la actividad en un periodo de un año y horas hombre llave en mano requeridas para realizar la actividad en un periodo de un año.

**Figura 28.** Resultado en plantilla PMO.

RESULTADO						
ACTIVIDAD RECOMENDADA	CAMBIO EFECTUADO A LA TAREA ORIGINAL	JUSTIFICACIÓN	BENEFICIO (10 AÑOS)	BENEFICIO (1 AÑO)	HH PMO LLAVE EN MANO (Año)	HH (Año) PMO
Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	10. CAMBIO EN LA DURACION	Se requiere mayor cantidad de tiempo para efectuar la actividad	\$ (110,458,88)	\$ (11,045,89)	0,501373626	1,128090659

**5.3.3.12 Plan de Mantenimiento Final.** En esta sección se describe el plan de mantenimiento resultante de la realización de la metodología PMO, esta se describen los datos básicos para hacer el cargue de las tareas de mantenimiento al sistema de información CMMS.

**Figura 29.** Plan de Mantenimiento Final.

PLAN DE MANTENIMIENTO									
ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
508352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	4 Baterias Varta 1202	Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	PD	182	0,25	1	ELE	0,501373626

## 6. RESULTADOS

### 6.1 RESULTADOS ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para el desarrollo del presente trabajo la empresa definió un total de 45 activos a evaluar por análisis de criticidad, con el objeto de obtener un listado jerarquizado por criticidad, una vez realizada la evaluación de criticidad para los activos de la estación Pantanillo, se encontraron los siguientes resultados:

**6.1.1 Matriz resultante análisis de Criticidad.** En la figura 30 se observa el análisis de criticidad de los 45 activos objeto de estudio de acuerdo con los diferentes tipos de impactos que se consideraron en el presente trabajo (personas, ambiente, calidad, imagen o reputación y financiero), en esta figura se puede observar la valoración de la consecuencia y su probabilidad de falla, dando como resultado una valoración de criticidad por tipo de impacto; una vez se ha realizado la valoración de todos los impactos para el activo, se suman las consecuencias y sus probabilidades de falla con el objeto de calcular el índice de riesgo (consecuencias \* probabilidad de falla) de cada activo objeto de estudio, el cálculo del índice de riesgo es comparado con la matriz de criticidad definida por la empresa con el objeto de corroborar el nivel de criticidad hallado y su riesgo asociado de acuerdo con el índice calculado. En el anexo A se puede observar la matriz de valoración de criticidad completa.

Del análisis realizado a los 45 activos se encontraron que 2 de ellos no se debían considerar para el estudio, uno de ellos porque está fuera de línea y/o se debía dar de baja y el otro porque su nivel jerárquico no aplicaba para el estudio, además 14 de los activos bajo estudio requerían asignación de código según CMMS de la empresa.

**Tabla 8.** Hallazgos generales.

Total Activos Analizados	45
Activos para crear código en CMMS	14
Activos para eliminar / activos fuera de servicio /dar de baja	1
Activos con nivel jerárquico que no aplica para análisis	1

Figura 30. Matriz de valoración de Criticidad por impacto y resultante.

Descripción del Activo	PERSONAS			AMBIENTE			CALIDAD			REPUTACION			FINANCIERO			TOTAL CONSECUENCIA	PROBABILIDAD	INDICE DE RIESGO	CRITICIDAD
	C O N S E C U E N C I A D A	P R O B A B I L I D A D	C R R E I S T U I L C T I A D A	C O N S E C U E N C I A D A	P R O B A B I L I D A D	C R R E I S T U I L C T I A D A	C O N S E C U E N C I A D A	P R O B A B I L I D A D	C R R E I S T U I L C T I A D A	C O N S E C U E N C I A D A	P R O B A B I L I D A D	C R R E I S T U I L C T I A D A	C O N S E C U E N C I A D A	P R O B A B I L I D A D	C R R E I S T U I L C T I A D A				
MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	16	5	Muy Alto	20	5	100	Muy Alto
MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	16	5	Muy Alto	20	5	100	Muy Alto
MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	16	5	Muy Alto	20	5	100	Muy Alto
MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	16	5	Muy Alto	20	5	100	Muy Alto
MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	1	5	Medio	16	5	Muy Alto	20	5	100	Muy Alto
TABLEROS PANTANILLO	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	5	1	5	Bajo
TABLERO 9 PANTANILLO	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	5	1	5	Bajo
COMPUERTA DE CAUDAL AMBIENTAL	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	5	1	5	Bajo
INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	16	2	Muy Alto	16	2	Muy Alto	16	2	Muy Alto	50	2	100	Muy Alto
TRANSFOR DE POTENCIAL	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	4	2	Medio	16	2	Muy Alto	23	2	46	Muy Alto
COMPUERTA RADIAL	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	5	1	5	Bajo
PUENTE GRUA PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
CARGADOR BATERIAS 2 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
CARGADOR BATERIAS 1 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
TRANSFOR PATIO 2 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
SECCIONADOR PATIO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
TABLERO 3 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
TABLERO 1 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	2	2	Bajo	6	2	12	Bajo
TABLERO 2 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
RTU PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
TRANSFOR DE CORRIENTE	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	1	2	Bajo	2	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	6	2	12	Bajo
CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	1	2	Bajo	2	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	6	2	12	Bajo
VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	5	3	15	Bajo
VAL IMPULSION GRUPO 2 PANTANILLO	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	5	3	15	Bajo
VAL IMPULSION GRUPO 3 PANTANILLO	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	5	3	15	Bajo
VAL IMPULSION GRUPO 4 PANTANILLO	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	5	3	15	Bajo
VAL IMPULSION GRUPO 5 PANTANILLO	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	1	3	Bajo	5	3	15	Bajo
MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 2	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
MEDIDOR DE CAUDAL AMBIENTAL	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
PROTECCION DE FERRORESONANCIA	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	5	2	10	Bajo
PARARRAYOS	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	16	1	Alto	20	1	20	Alto
TABLERO 4 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	4	2	Medio	2	2	Bajo	16	2	Muy Alto	24	2	48	Muy Alto
TABLERO 5 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	16	2	Muy Alto	20	2	40	Muy Alto
TABLERO 6 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	16	2	Muy Alto	20	2	40	Muy Alto
TABLERO 7 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	16	2	Muy Alto	20	2	40	Muy Alto
TABLERO 8 PANTANILLO	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	1	2	Bajo	16	2	Muy Alto	20	2	40	Muy Alto
TRANSFORMADOR DE POTENCIA	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	1	1	Bajo	16	1	Alto	20	1	20	Alto

**6.1.1.1 Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto personas.**  
 En la tabla 9 y figura 31 se puede observar el resultado del análisis de criticidad por el objeto de impacto personas, donde se encontró que 5 activos fueron valorados con nivel de criticidad medio y 40 con nivel de criticidad bajo, ninguno se valoró con nivel alto o muy alto.

**Tabla 9.** Total criticidad objeto de impacto personas.

CRITICIDAD POR PERSONAS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bajo	40	88,89%
Medio	5	11,11%
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 31.** Porcentaje criticidad objeto de impacto: personas.

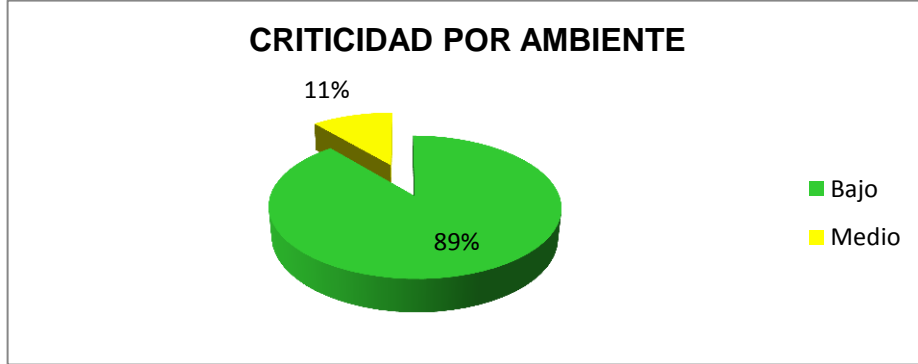


**6.1.1.2 Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Ambiente.**  
 En la tabla 10 y figura 32 se puede observar el resultado del análisis de criticidad por el objeto de impacto ambiente, donde se encontró que 5 activos fueron valorados con nivel de criticidad medio y 40 con nivel de criticidad bajo, ninguno se valoró con nivel alto o muy alto.

**Tabla 10.** Total criticidad objeto de impacto Ambiente.

CRITICIDAD POR AMBIENTE	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bajo	40	88,89%
Medio	5	11,11%
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 32.** Porcentaje criticidad objeto de impacto: ambiente.



**6.1.1.3 Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Calidad.** En la tabla 11 y figura 33 se puede observar el resultado del análisis de criticidad por el objeto de impacto calidad, donde se encontró que 6 activos fueron valorados con nivel de criticidad medio y 38 con nivel de criticidad bajo y 1 se valoró con nivel muy alto.

**Tabla 11.** Total criticidad objeto de impacto Calidad.

CRITICIDAD POR CALIDAD	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bajo	38	84,44%
Medio	6	13,33%
Muy Alto	1	2,22%
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 33.** Porcentaje criticidad objeto de impacto: Calidad.

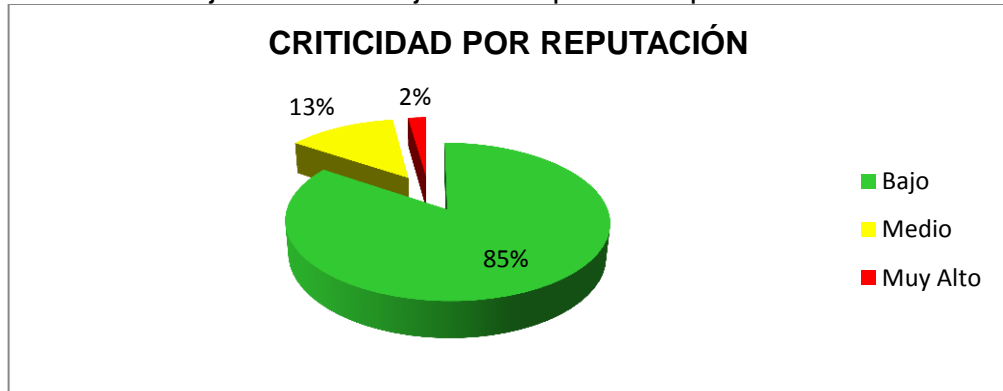


**6.1.1.4 Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Reputación.** En la tabla 12 y figura 34 se puede observar el resultado del análisis de criticidad por el objeto de impacto reputación, donde se encontró que 6 activos fueron valorados con nivel de criticidad medio y 38 con nivel de criticidad bajo y 1 se valoró con nivel muy alto.

**Tabla 12.** Total criticidad objeto de impacto Reputación.

CRITICIDAD POR REPUTACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bajo	38	84,44%
Medio	6	13,33%
Muy Alto	1	2,22%
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 34.** Porcentaje criticidad objeto de impacto: Reputación.



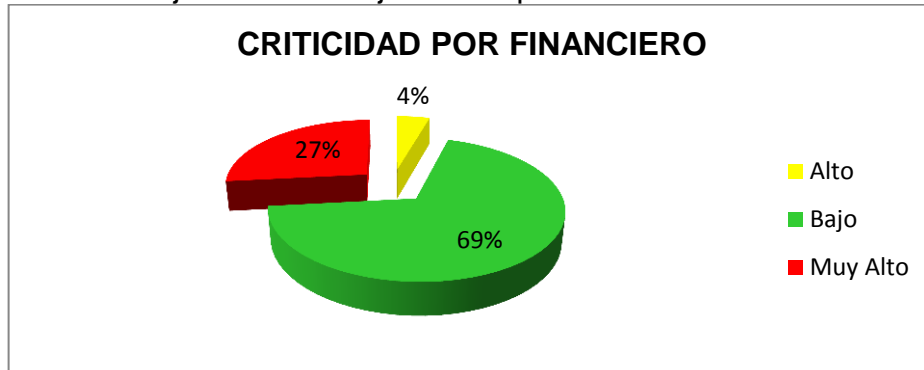
**6.1.1.5 Resultados Análisis de criticidad objeto de impacto Financiero.**

En la tabla 13 y figura 35 se puede observar el resultado del análisis de criticidad por el objeto de impacto financiero, donde se encontró que 6 activos fueron valorados con nivel de criticidad medio y 38 con nivel de criticidad bajo y 1 se valoró con nivel muy alto.

**Tabla 13.** Total criticidad objeto de impacto Reputación.

CRITICIDAD X FINANCIERO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Alto	2	4,44%
Bajo	31	68,89%
Muy Alto	12	26,67%
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>

**Figura 35.** Porcentaje criticidad objeto de impacto: Financiero.



**6.1.2 Resultados Análisis de criticidad Final.** Dentro del análisis de criticidad realizado a los 45 activos de la estación de bombeo se encontró que un 26,67% de los activos presentan un nivel de criticidad muy alto, un 4,44% a un nivel de criticidad alto críticos y un 68,89% de los activos presenta un nivel de criticidad bajo como se puede observar en la tabla 14.

**Tabla 14.** Resultado Análisis de Criticidad total.

NIVEL DE CRITICIDAD	CANTIDAD DE ACTIVOS	PORCENTAJE DEL TOTAL	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
Muy Alto	12	26,67%	ALTAMENTE CRITICOS	AFECTA EN GRAN MEDIDA LA SEGURIDAD O EL AMBIENTE O LA CALIDAD O LAS FINANZAS DE LA EMPRESA
Alto	2	4,44%	CRITICOS	CRITICO PARA LA SEGURIDAD O EL AMBIENTE O LA CALIDAD O LAS FINANZAS DE LA EMPRESA
Bajo	31	68,89%	PROPOSITOS GENERAL	EQUIPOS CON REDUNDANCIA EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS
<b>Total general</b>	<b>45</b>	<b>100,00%</b>		

En la siguiente tabla se muestran los activos críticos y altamente críticos para la operación de la estación de bombeo y el objeto de impacto que se ve afectado según el análisis de criticidad realizado, también se puede observar que el activo con el nivel de criticidad más alto de la estación de bombeo es el “Interruptor de patio” pues en caso de ocurrir un evento de falla, se verían afectados tres de los objetos de impacto (Financiero, reputación y calidad del servicio).

**Tabla 15.** Activos con nivel de criticidad “Alto” y “Muy alto”.

NIVEL DE CRITICIDAD	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	OBJETO DE IMPACTO AFECTADO
Muy Alto	Motobomba grupo 1 pantanillo	Financiero
	Motobomba grupo 2 pantanillo	Financiero
	Motobomba grupo 3 pantanillo	Financiero
	Motobomba grupo 4 pantanillo	Financiero
	Motobomba grupo 5 pantanillo	Financiero
	Interruptor patio pantanillo	Financiero, reputación y calidad
	Transformador de potencial	Financiero
	Tablero 4 pantanillo	Financiero
	Tablero 5 pantanillo	Financiero
	Tablero 6 pantanillo	Financiero
	Tablero 7 pantanillo	Financiero
Tablero 8 pantanillo	Financiero	
Alto	Pararrayos	Financiero
	Transformador de potencia	Financiero

## 6.2 RESULTADOS PLANES DE MANTENIMIENTO

Una vez terminado el trabajo de análisis de criticidad y con los resultados obtenidos (listado jerarquizado por nivel de criticidad) se desarrolló la metodología de optimización de los planes de mantenimiento PMO para 41 de los 45 activos iniciales y sus diferentes componentes que se definieron de la estación de bombeo Pantanillo, los 4 activos que no se tienen en cuenta para la aplicación de la metodología PMO es debido a que están fuera de servicio, dados de baja o su

nivel taxonómico no aplica para este análisis, dado lo anterior se tienen los siguientes datos preliminares:

- Unidad de negocio: Aguas.
- Instalación: Pantanillo.
- Planta / Unidad: Estación de bombeo.
- Numero de activos: 45.

En la tabla 16 se muestra el número de tareas revisadas por activo de la estación de bombeo así:

**Tabla 16.** Cantidad de tareas por activo.

Descripción Del Activo	Cantidad de Tareas
Cargador baterías 2 pantanillo	1
Motobomba grupo 1 pantanillo	25
Motobomba grupo 2 pantanillo	25
Motobomba grupo 3 pantanillo	25
Motobomba grupo 4 pantanillo	25
Motobomba grupo 5 pantanillo	25
Puente grúa pantanillo	17
Tablero 4 pantanillo	15
Tablero 5 pantanillo	15
Tablero 6 pantanillo	15
Tablero 7 pantanillo	15
Tablero 8 pantanillo	15
Tablero 3 pantanillo	5
Rtu pantanillo	4
Medidor de caudal pantanillo 1	7
Val impulsión grupo 1 pantanillo	3
Val impulsión grupo 2 pantanillo	3
Val impulsión grupo 3 pantanillo	3
Val impulsión grupo 4 pantanillo	3
Val impulsión grupo 5 pantanillo	3
Transformador patio 2 pantanillo	3
Tablero 1 pantanillo	6
Tablero 2 pantanillo	3
Cargador baterías 1 pantanillo	1
Banco baterías 1 pantanillo	3
Banco baterías 2 pantanillo	3

**Tabla 16.** (Continuación).

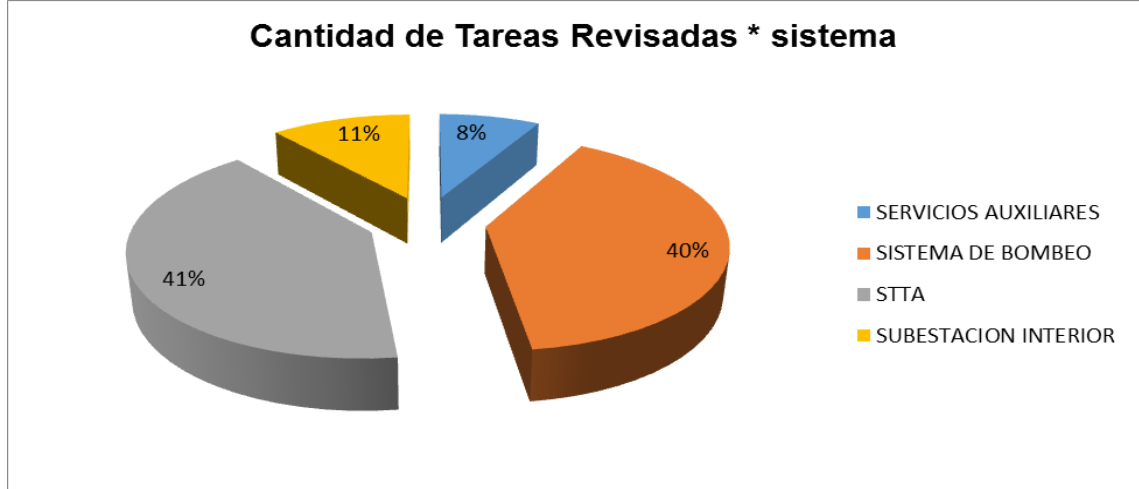
Planta emergencia pantanillo	7
Central oleohidraulica pantanillo 1.	3
Central oleohidraulica pantanillo 2.	2
Compuerta de caudal ambiental	1
Interruptor patio pantanillo	8
Medidor de caudal ambiental	2
Medidor de nivel del tanque de carga	3
Medidor de solidos suspendidos	3
Pararrayos	2
Protección de ferresonancia	2
Seccionador patio	2
Transformador de corriente	2
Transformador de potencial	6
Transformador de potencia	4
Compuerta radial	6
	<b>321</b>

Las tareas pertenecen a algunos sistemas como: servicios auxiliares, sistema de bombeo, Sistema de Telemetría y Telecontrol y subestación interna, esta agrupación de las tareas por sección o sistema se puede observar en la tabla 17 y figura 36 (total 321 de los 41 activos).

**Tabla 17.** Numero de tareas revisadas por sección o sistema.

<b>SECCION / SISTEMA</b>	<b>Cantidad de Tareas Revisadas</b>
SERVICIOS AUXILIARES	26
SISTEMA DE BOMBEO	128
STTA	131
SUBESTACION INTERIOR	36
<b>TOTAL</b>	<b>321</b>

**Figura 36.** Cantidad de Tareas revisadas por sistema o sección.



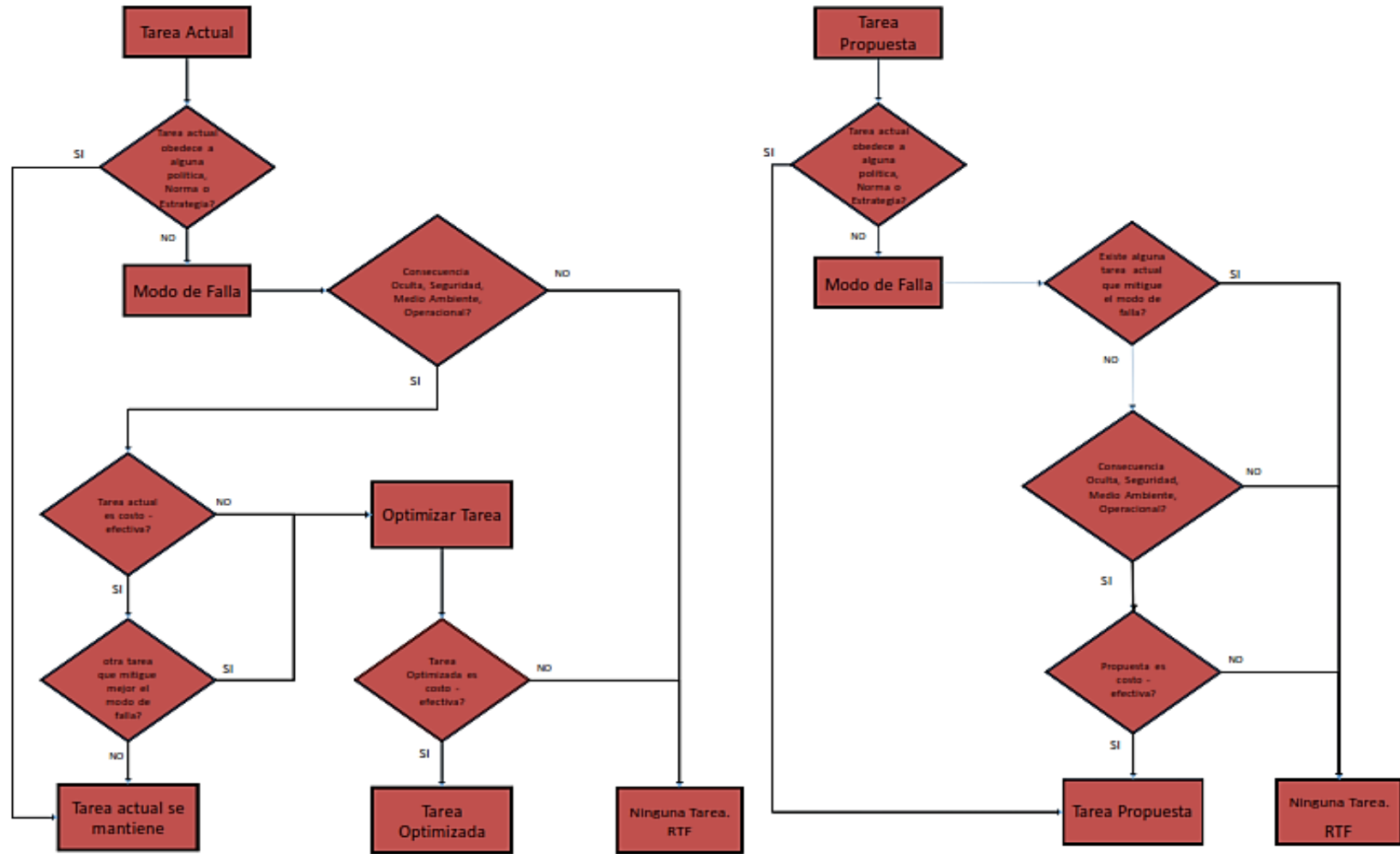
## 6.2.1 Análisis de datos de la plantilla PMO.

**6.2.1.1 Cambios sobre el plan de Mantenimiento.** Una vez diligenciada la plantilla PMO por completo en la sección Resultado se define el tipo de acción a realizar sobre las tareas de Mantenimiento de acuerdo con la relación costo-efectiva y el criterio descrito en la sección “decisión” de la plantilla, este criterio de decisión se esquematiza en la figura 37, obteniéndose los siguientes resultados (Tabla 18 y figura 38):

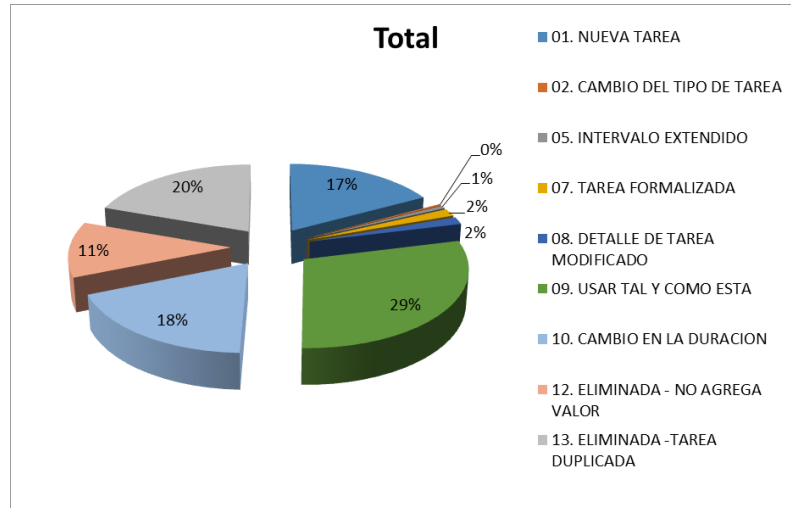
**Tabla 18.** Cambios en las Tareas de Mantenimiento

Cambio efectuado a la tarea Original	Cantidad de cambios
01. Nueva tarea	55
02. Cambio del tipo de tarea	1
05. Intervalo extendido	2
07. Tarea formalizada	5
08. Detalle de tarea modificado	5
09. Usar tal y como esta	94
10. Cambio en la duración	59
12. Eliminada - no agrega valor	37
13. Eliminada -tarea duplicada	63
<b>Total general</b>	<b>321</b>

Figura 37. Diagrama de decisión para las tareas de Mantenimiento.



**Figura 38.** Distribución de los cambios sobre las tareas de Mantenimiento.



Del total de tareas de Mantenimiento analizadas:

- El 29% se mantiene tal y como esta,
- Se elimina el 31% de las tareas, porque no agregan valor en un 11% y porque existe duplicidad en un 20%,
- Se plantean nuevas tareas en un 17% para remplazar a las actuales,
- Se plantea cambio en la duración de algunas en un 18% y
- El 5% restante obedece a cambio dl tipo de tarea, intervalo extendido, tarea formalizada y detalle de tarea modificada.

**6.2.1.2 Reducción Potencial de Costos.** Otro resultado de la aplicación de la metodología PMO sobre los 41 activos considerables de la estación de bombeo pantanillo hace referencia al potencial de reducción de costos debido a los cambios en las tareas de mantenimiento tal como se puede observar en la tabla 19 y figura 39.

**Tabla 19.** Reducción potencial de costos.

Cambio efectuado a la tarea Original	Beneficio
01. Nueva tarea	\$ 54.584.402,54
02. Cambio del tipo de tarea	\$ 0,00
05. Intervalo extendido	\$ 27.895,64
07. Tarea formalizada	\$ 0,00
08. Detalle de tarea modificado	\$ 0,00
09. Usar tal y como esta	\$ 0,00

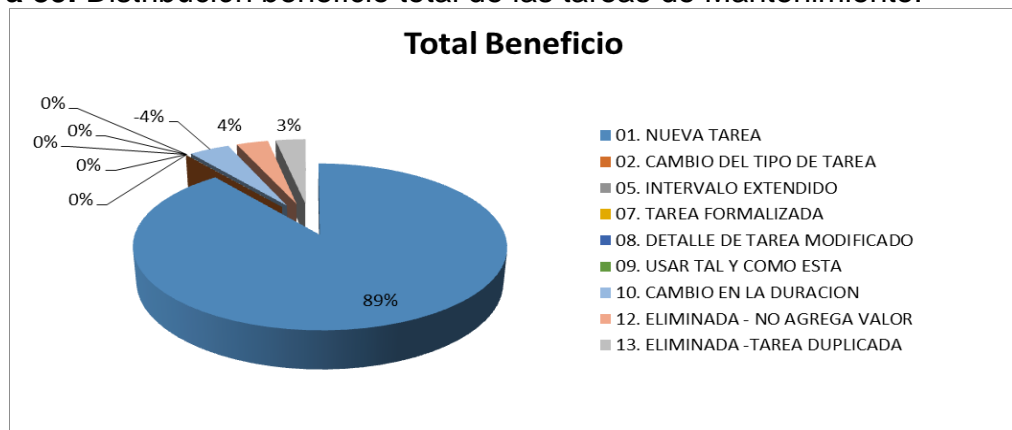
**Tabla 19.** (Continuación).

10. Cambio en la duración	-\$ 2.568.333,28
12. Eliminada - no agrega valor	\$ 2.024.471,03
13. Eliminada -tarea duplicada	\$ 1.911.950,65
<b>Total general</b>	<b>\$ 55.980.386,59</b>

De la tabla anterior se puede observar que el beneficio total que se puede obtener de acuerdo con el cambio en las tareas de mantenimiento es de \$55'980.387, la distribución de esta reducción potencial de costos se observa en la figura 38 donde:

- El 89% de la reducción potencial de costos se logra con las nuevas tareas de mantenimiento,
- El 7% de la reducción potencial de costos se logra con la eliminación de tareas, porque no agregan valor en un 4% y porque se duplica en un 3%,
- Un impacto negativo sobre la reducción de costos es debida al cambio en la duración de las tareas de mantenimiento en un 4%,
- Los intervalos extendidos también realizan aporte a la reducción de costos en menor medida, mientras que,
- El cambio del tipo de tarea, las tareas formalizadas y el detalle de las tareas modificado no causan ningún impacto sobre la reducción de costos.

**Figura 39.** Distribución beneficio total de las tareas de Mantenimiento.

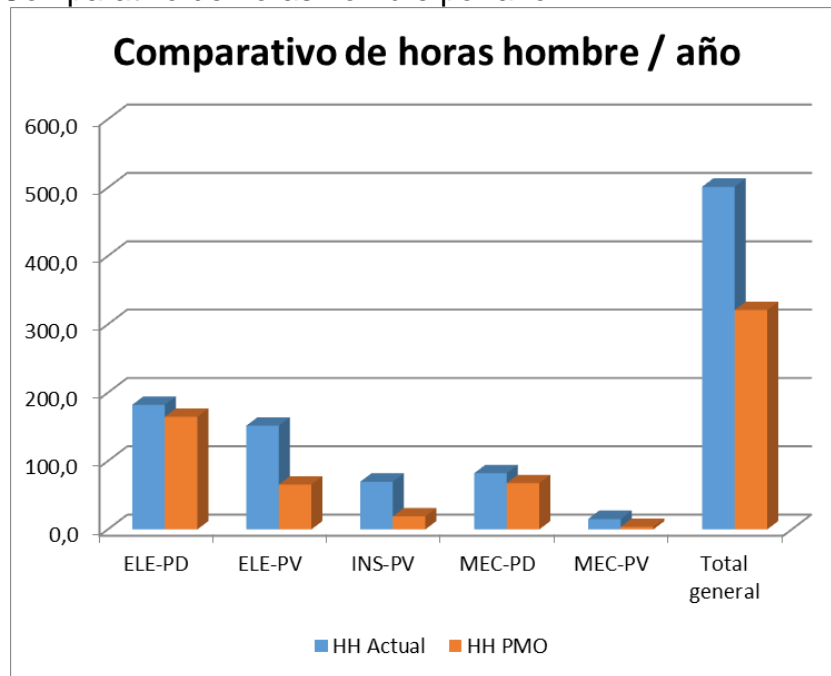


**6.2.1.3 Comparativo Horas Hombre Actual Vs PMO.** Por último se analizó las horas hombre empleadas para la realización de las tareas de mantenimiento en el plan actual vs el plan optimizado de acuerdo con la metodología descrita, obteniéndose los resultados que se observan en la tabla 20 y figura 39.

**Tabla 20.** Horas hombre plan de mto actual vs PMO por especialidad.

ESPECIALIDAD	HH PM ACTUAL	HH PMO
ELE-PD	29	37
ELE-PV	104	84
MEC-PD	48	16
MEC-PV	472	266
INS-PV	119	115
INS-PD	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>773</b>	<b>518</b>

**Figura 40.** Comparativo de horas hombre por año.



De la figura 39 se puede observar que las horas hombre requeridas para la ejecución de las tareas de mantenimiento una vez se ha optimizado el plan se reducen en todas las especialidades independiente del tipo de actividad a realizar, bien sea preventiva o predictiva.

En el anexo B se puede observar el Plan de Mantenimiento Optimizado después del análisis de resultados mencionado con anterioridad.

## 7. CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de criticidad se logró jerarquizar los activos de acuerdo con su nivel de criticidad, identificando de esta forma oportunidades de mejora en la gestión del ciclo de vida de los activos que presentaron niveles de criticidad valorados como alto y muy alto.

Durante el desarrollo de la metodología PMO se logró optimizar las tareas de mantenimiento que se realizan a los activos de la estación de bombeo Pantanillo, debido a que se identificaron aquellas tareas que no agregan valor, aquellas que se duplican, otras que cambian su duración; por otro lado se logró identificar los modos de falla que no son evidentes y afectan la funcionalidad de los equipos, de esta forma se plantearon nuevas tareas enfocadas a prevenir todos los modos de falla identificados mejorando la confiabilidad operacional.

De acuerdo con el estudio de las tareas, modos de falla, consecuencias, impactos, nivel de criticidad, recursos, entre otros, se definió la estrategia de Mantenimiento como resultado de la Optimización de los planes de mantenimiento para los activos de la estación de bombeo Pantanillo, logrando ahorros potenciales sobre los ingresos operacionales debidos a la reducción de los costos mediante la disminución de actividades improductivas, teniendo en cuenta la preservación de la vida del activo sin afectar los grupos de interés (seguridad del personal, clientes, medio ambiente y comunidad).

## BIBLIOGRAFIA

### Clásica

BALLESTEROS CORREA, Freddy. "Metodología para Implementar Modelo de Confiabilidad Basado en PMO para Concretos Argos S.A.". Trabajo de Grado de Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica, 2012. 145p.

BRITISH STANDARD. Especificación para la gestión de activos físicos. PAS 55-1:2008. Hampshire, Inglaterra. 2009. 40p.

BRITISH STANDARD. Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. BS EN ISO 14224: 2006. Brussels, Bélgica: ISO, 2007. 182p.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de Servicios. 1 ed. Medellín. Editorial AMG, 2005.306p.

MOUBRAY, John. RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 1ª ed en español. Buenos Aires. 2004. 433p.

NORSOK STANDARD. Risk based maintenance and consequence classification. Z-008: 2011. 3 ed. Lysaker, Noruega. 2011. 46p.

### Internet

TURNER, Steve. OMCS.PM Optimization Programs Maintenance Analysis for Results, [online], 2002. Disponible de Internet: <http://www.ReliabilityAssurance.com>, [info@omcsinternational.com](mailto:info@omcsinternational.com).

## **ANEXOS**

**ANEXOS A.** Matriz de valoración de criticidad.

NEGOCIO	INSTALACION	SISTEMA	COD. ACTIVO	Descripción del Activo	COMENTARIOS	Función del Activo
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Fallas comunes se presentan por vibraciones, alta temperatura del motor, bujes, impulsores	Bombear agua a el embalse la Fe
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Fallas comunes se presentan por vibraciones, alta temperatura del motor, bujes, impulsores	Bombear agua a el embalse la Fe
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Fallas comunes se presentan por vibraciones, alta temperatura del motor, bujes, impulsores	Bombear agua a el embalse la Fe
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Fallas comunes se presentan por vibraciones, alta temperatura del motor, bujes, impulsores	Bombear agua a el embalse la Fe
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Fallas comunes se presentan por vibraciones, alta temperatura del motor, bujes, impulsores	Bombear agua a el embalse la Fe
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	174741	TABLEROS PANTANILLO	Este activo es de un nivel 5	
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430452	TABLERO 9 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 19 años.	Suministrar el sistema trifásico a los grupos.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		COMPUERTA DE CAUDAL AMBIENTAL	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Regular el paso del caudal de agua exigido por las autoridades ambientales.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Corte de energía al sistema de bombeo
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		TRANSFOR DE POTENCIAL	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Disminuir la tensión de la red a tensión de servicio de los activos industriales.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	944	COMPUERTA RADIAL	El evento ocurre aproximadamente cada 19 años. Fallas comunes se presentan por vibración	Almacenar y descargar el agua del tanque de carga.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	lzar y desplazar cargas pesadas (piezas) de forma vertical y horizontal
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	937	CARGADOR BATERIAS 2 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Cargar las baterías
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	322320	BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Almacenar y suministrar energía para los elementos eléctricos del CCM
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	508349	CARGADOR BATERIAS 1 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Cargar las baterías
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	508352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años. Mantenimiento le hace prueba de baterías	Almacenar y suministrar energía para los elementos eléctricos del CCM
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	519322	BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	Este activo no existe físicamente	
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Respaldo de servicio de energía eléctrica para los servicios e iluminación de las áreas
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430444	TRANSFOR PATIO 2 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años. Trafo FBM servicios aux. 100 KVA - 3300V	Disminuir la tensión de la red a la tensión de servicio de los activos industriales.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		SECCIONADOR PATIO	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Cortar de manera visible el suministro de energía.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1127	TABLERO 3 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años. Tablero de servicios auxiliares	Reducir la tensión de entrada a los sistemas auxiliares
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430447	TABLERO 1 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Controlar la operación de la estación de bombeo.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430448	TABLERO 2 PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años. Componentes: Medidor de Energía, M	Proteger los grupos de bombeo de sobrevoltajes, sobrecorrientes, bajo voltaje que
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1464	RTU PANTANILLO	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años. Existe operador	Recopila las señales de la instalación (operación) y las envía al centro de control.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	El evento de falla puede ocurrir una vez cada 3 años.	Medir caudal de la salidad del bombeo.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		TRANSFOR DE CORRIENTE	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Alimentación de la medición y protección de los equipos eléctricos
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento puede ocurrir cada 3 años	Suministrar potencia hidráulica para la operación de las valvulas de impulsión de la
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento puede ocurrir cada 3 años	Suministrar potencia hidráulica para la operación de las valvulas de impulsión de la
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430427	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO	El escenario puede ocurrir una vez cada año.	Cortar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 1
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430433	VAL IMPULSION GRUPO 2 PANTANILLO	El escenario puede ocurrir una vez cada año.	Cortar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 2
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430436	VAL IMPULSION GRUPO 3 PANTANILLO	El escenario puede ocurrir una vez cada año.	Cortar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 3
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430439	VAL IMPULSION GRUPO 4 PANTANILLO	El escenario puede ocurrir una vez cada año.	Cortar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 4
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	430443	VAL IMPULSION GRUPO 5 PANTANILLO	El escenario puede ocurrir una vez cada año.	Cortar o suministrar el caudal de agua de salida del grupo de bombeo 5
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 2	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Medir caudal de la salidad del bombeo.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Medir la cantidad de partículas en suspensión en el agua succionada por cada grupo
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		MEDIDOR DE CAUDAL AMBIENTAL	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Medir el caudal aguas abajo del tanque de carga, exigidos por las autoridades ambie
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Mide el nivel del Tanque de agua
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		PROTECCION DE FERRORESONANCIA	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla puede ocurrir un	Protege la subestación de sobrevoltajes entre fases.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		PARARRAYOS	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla ocurre cada 19 años	Proteger los equipos de sobretensión producidas por descargas atmosféricas.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1122	TABLERO 4 PANTANILLO	El evento de falla ocurre cada 3 años. Incluye el interruptor del grupo.	Controlar la operación del grupo del sistema de bombeo 1.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1123	TABLERO 5 PANTANILLO	El evento de falla ocurre cada 3 años. Incluye el interruptor del grupo.	Controlar la operación del grupo del sistema de bombeo 2.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1124	TABLERO 6 PANTANILLO	El evento de falla ocurre cada 3 años. Incluye el interruptor del grupo. Impacta por el tiempo	Controlar la operación del grupo del sistema de bombeo 3.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1125	TABLERO 7 PANTANILLO	El evento de falla ocurre cada 3 años. Incluye el interruptor del grupo.	Controlar la operación del grupo del sistema de bombeo 4.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO	1126	TABLERO 8 PANTANILLO	El evento de falla ocurre cada 3 años. Incluye el interruptor del grupo.	Controlar la operación del grupo del sistema de bombeo 5.
AGUAS	ESTACION DE BOMBEO PANTANILLO	EQ BOMBEO PANTANILLO		TRANSFORMADOR DE POTENCIA	Este activo aparece en el listado de Taxonomía sin código. El evento de falla ocurre cada 19 años	Disminuir la tensión de la red a la tensión de servicio de los activos industriales.



**ANEXOS B. Plan de Mantenimiento Optimizado.**

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
508352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	4 Baterias Varta 1202	Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	PD	182	0,25	1	ELE	0,5
508352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	4 Baterias Varta 1202	Realizar prueba de impedancia y prueba de densidad	PD	182	0,3	1	ELE	0,6
508352	BANCO BATERIAS 1 PANTANILLO	4 Baterias Varta 1202	Verificar bornes y realizar limpieza de aquellos que se encuentren en mal estado.	PD	182	0,25	1	ELE	0,5
519322	BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	60 Baterias MAC 20PZS 100	Revisar nivel del agua de las baterías, reponer agua desmineralizada hasta en nivel indicado si es necesario.	PD	182	0,5	1	ELE	1
519322	BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	60 Baterias MAC 20PZS 100	Realizar prueba de impedancia y prueba de densidad	PD	182	2	1	ELE	4,01
519322	BANCO BATERIAS 2 PANTANILLO	60 Baterias MAC 20PZS 100	Verificar bornes y realizar limpieza de aquellos que se encuentren en mal estado.	PV	182	0,5	1	ELE	1
508349	CARGADOR BATERIAS 1 PANTANILLO	CARGADOR BATERIAS 1 PANTANILLO	Registrar voltaje y corriente de salida en flotación e igualación de los instrumentos de medida del cargador, comparar con los instrumentos de medida de mano (voltímetro y amperímetro), registre en el formato las mediciones obtenidas.	PD	182	0,25	1	ELE	0,5
937	CARGADOR BATERIAS 2 PANTANILLO	CARGADOR BATERIAS 2 PANTANILLO	Registrar voltaje y corriente de salida en flotación e igualación de los instrumentos de medida del cargador, comparar con los instrumentos de medida de mano (voltímetro y amperímetro), registre en el formato las mediciones obtenidas.	PD	182	0,25	1	ELE	0,5
CENTRAL 1	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	Realizar prueba funcional a los motores eléctricos	PV	365	0,3	1	MEC	0,3
CENTRAL 1	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	VERIFICAR ESTADO DEL ACEITE Y REVISIÓN DEL FILTRO	PD	182	0,25	1	MEC	0,5
CENTRAL 1	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 1.	Realizar prueba funcional a la bomba auxiliar	PV	182	0,5	2	MEC	2,01
CENTRAL 2	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	Verificar que el filtro de la bomba de la Unidad Oleohidráulica, esté en buen estado.	PV	365	0,3	1	MEC	0,3
CENTRAL 2	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	CENTRAL OLEOHIDRAULICA PANTANILLO 2.	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,25	1	MEC	0,5
COMP CAUD	COMPUERTA DE CAUDAL AMBIENTAL	COMPUERTA DE CAUDAL AMBIENTAL	Realizar prueba funcional de apertura y cierre del actuador	PV	365	0,5	1	INS	0,5
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Motor Eléctrico	Realizar inspección visual cableado de control y potencia desde el tablero hasta los motores del polipasto, que no esté mordido, cristalizado, que las tuberías estén debidamente soportadas.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Motor Eléctrico	Revisión visual de las borneras de potencia, contactos y cables de potencia. Verificar ajustes y presencia de oxidación o desgaste.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Polipasto	Inspeccion visual a la lubricación del cable	PV	365	0,3	1	MEC	0,3
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Reductor Sinfin-Corona	Revisar estado y nivel de aceite del reductor, y lubricar cojinetes con grasa	PV	365	1	2	MEC	2
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Tablero de Control	Verificar que el ajuste de las protecciones sean adecuadas a los datos de placa de los motores.	PV	365	0,2	1	ELE	0,2
COMPUERTA RADIAL	COMPUERTA RADIAL	Tablero de Control	Ajustar contactos del tablero de control y potencia, realizar limpieza general del tablero.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	INSPECCION VISUAL DE LAS BOBINAS, CIERRE, APERTURA Y DISPARO	PV	365	0,75	2	ELE	1,5
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	VERIFICAR EL MODO DE OPERACIÓN DEL MECANISMO DE CONTROL DEL INTERRUPTOR	PV	365	0,33	2	ELE	0,66
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	LUBRICAR MECANISMO DE CONTROL DEL INTERRUPTOR	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	INSPECCIÓN VISUAL DEL ESTADO DE LA ESTRUCTURA, TERRENO Y LOSAS, RECUBRIMIENTOS	PV	365	0,33	2	ELE	0,66
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DEL SUICHE TAMBOR	PV	365	0,33	1	ELE	0,33
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,06	1	ELE	0,22

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NÚMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Interruptor Patio	Realizar pruebas de resistencias de contactos, tiempos de cierre y apertura. Verifique el estado del gabinete-Revise el nivel de aceite o la presión del SF6.- Revise la presencia de fugas de SF6 con ayuda del detector -Verifique que no existan elementos extraños al interior de la celda como limallas la cual puede estar relacionada con el destaste de piezas.	PD	365	4	2	ELE	8
INTERR PATIO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	INTERRUPTOR PATIO PANTANILLO	Realizar medición mediante cámara termográfica y comparar temperatura de funcionamiento de los tres polos del seccionador.	PD	182	0,06	1	ELE	0,12
MED CAUD AMB	MEDIDOR DE CAUDAL AMBIENTAL	Sensor de Radar	Verificar La Corriente De SPAN	PV	182	0,5	1	INS	1
MED CAUD AMB	MEDIDOR DE CAUDAL AMBIENTAL	Sensor de Radar	Inspección visual y limpieza del elemento sensor	PV	182	0,25	1	INS	0,5
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	Verificar la corriente de Span	PV	182	1	1	INS	2,01
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
128623	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	MEDIDOR DE CAUDAL PANTANILLO 1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MED NIVEL	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	Comparar altura registrada en la mira del embalse pantanillo con el valor que está registrando en el Scada de operación.	PV	182	0,5	1	INS	1
MED NIVEL	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	Realizar una inspección visual tratando de identificar humedades o condiciones adversas que puedan estar interfiriendo con el correcto funcionamiento del equipo en su conjunto. Garantizar la limpieza externa del equipo antes de ponerlo en funcionamiento. Identificar el código del equipo y proceder a marcarlo o a mejorar su marcación según sea el caso.	PV	182	0,25	1	INS	0,5
MED NIVEL	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	MEDIDOR DE NIVEL DEL TANQUE DE CARGA	Medir con un multímetro de proceso certificado la corriente que circula por el transmisor y comprobar que su valor corresponda a la magnitud registrada por el sistema Scada de operaciones. Tener en cuenta y hacer el siguiente cálculo: $((I(mA) - 4) / 16 * SPAN)$ para obtener la magnitud de la variable de nivel.	PV	182	0,5	1	INS	1
MED SOLIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	Verificar en su totalidad la señal de cero electronica del instrumento que debe ser consecuente con la visualización del sistema ó en el display del equipo. Luego observar la indicación del instrumento en unidades de ingeniería y compararla con la indicación en el sistema SCADA. Verificar que el error entre las dos mediciones se encuentre dentro del E.M.E. de no ser así, realizar su respectivo ajuste. Hacer las anotaciones respectivas en la hoja de registros.	PV	60	1	1	INS	6,08
MED SOLIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MED SOLIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	MEDIDOR DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	Realizar limpieza del instrumento interna y externamente retirando elementos que puedan generar obstrucción de la variable física de proceso que puedan generar una mala medición de la variable, tambien para identificar el código del equipo y/o proceder a marcarlo o a mejorar su marcación si es el caso	PV	60	0,5	1	INS	3,04
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	Realizar pruebas de eficiencia individual y combinada.	PD	182	1	3	MEC	6,02
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Engrase del engranaje incluyendo motor y piñones de tensado. Realizar una inspección visual general al interruptor para verificar que los pines, tornillos u otros elementos no estén sueltos, reventados, torcidos y/o flojos.	PD-INT	365	1	1	ELE	1
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar el mecanismo de operación del interruptor Revisar los elementos de maniobra (micro-suiches). Bobinas de disparo, apertura y cierre. Revisar los elementos de comando y maniobra (reles, pulsadores, selector, indicadores de corriente y voltaje)	PD-INT	365	1	2	ELE	2
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Realizar limpieza general al gabinete	PV	365	1,5	2	ELE	3
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Verificar que el relé multiín si genere alarma por sobrecorriente y sobretemperatura.	PD-INT	365	1	1	ELE	1
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente la peinetta de conexión (recalentamientos, bornes flojos)	PD-INT	365	0,25	1	ELE	0,25
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente el gabinete superior del interruptor, verificar que no existan recalentamientos, sulfatación, oxidación	PD-INT	365	0,3	1	ELE	0,3
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar limpieza al tanque de reserva de aceite. Drenar aceite, verificar la presencia de sedimentos y proceder a retirar, ajustar niveles nuevamente.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar pruebas funcionales a la válvula solenoide, verificar que las conexiones eléctricas de control se encuentren en buen estado.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar mediante inspección visual la existencia de fugas en bridas y conexiones de la tubería. Ajustar de ser necesario.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar señal de paro del grupo de bombeo entre el PLC y el sensor, por restricción de paso de aceite entre la válvula. Calibrar el cuentagotas para que suministre entre 13 y 18 gotas por minuto. Realizar pruebas funcionales.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Manómetro de Descarga	Verificar que los manómetros estén calibrados, comparar con equipo patrón, de estar descalibrado proceder a cambiar	PV	365	0,5	2	INS	1
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición de vibraciones, registrar datos y analizar resultados.	PD	182	0,65	1	MEC	1,3
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,5	1	MEC	2,01
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar inspección sensitiva, reportar cualquier anomalía encontrada.	PD	180	0,1	1	MEC	0,2
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,1	1	MEC	0,2
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Verificar que las PT-100, elementos sensores de temperatura, estén calibradas: Verificar que el contacto de las PT100 de la motobomba se active a los valores de temperatura seleccionados	PV	365	0,8	2	ELE	1,6
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas dinámicas, registrar datos y analizar resultados	PD	91	0,65	2	ELE	5,21
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas estáticas, registrar datos y analizar resultados	PD	365	0,76	2	ELE	1,52
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición mediante cámara termográfica al motor eléctrico.	PD	180	0,03	1	ELE	0,06
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Sensor de Vibraciones	Verificar Spam de operación y calibración de los sensores	PD	365	2	2	ELE	4
970	MOTOBOMBA GRUPO 1 PANTANILLO	Switch de Presion SAUTER DFC 0-15 PSI (Shutoff)	Con la ayuda de un tester, verificar que el switch cambie de estado al arrancar el grupo de bombeo. Después de que la válvula se abra, verificar que el switch vuelva al estado inicial.	PV	365	0,5	2	INS	1
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	Realizar pruebas de eficiencia individual y combinada.	PD	182	1	3	MEC	6,02
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Engrase del engranaje incluyendo motor y piñones de tensado. Realizar una inspección visual general al interruptor para verificar que los pines, tornillos u otros elementos no estén sueltos, reventados, torcidos y/o flojos.	PV	365	1	1	ELE	1
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar el mecanismo de operación del interruptor Revisar los elementos de maniobra (micro-suiches). Bobinas de disparo, apertura y cierre. Revisar los elementos de comando y maniobra (reles, pulsadores, selector, indicadores de corriente y voltaje)	PV	365	1	2	ELE	2
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Realizar limpieza general al gabinete	PV	365	1,5	2	ELE	3
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Verificar que el relé multilín si genere alarma por sobrecorriente y sobretensión	PV	365	1	1	ELE	1
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente la peñeta de conexión(recalentamientos, bornes flojos)	PV	365	0,25	1	ELE	0,25
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente el gabinete superior del interruptor, verificar que no existan recalentamientos, sulfatación, oxidación	PV	365	0,3	1	ELE	0,3
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar limpieza al tanque de reserva de aceite. Drenar aceite, verificar la presencia de sedimentos y proceder a retirar, ajustar niveles nuevamente.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar pruebas funcionales a la válvula solenoide, verificar que las conexiones electricas de control se encuentren en buen estado.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar mediante inspección visual la existencia de fugas en bridas y conexiones de la tubería. Ajustar de ser necesario.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar señal de paro del grupo de bombeo entre el PLC y el sensor, por restricción de paso de aceite entre la válvula. Calibrar el cuentagotas para que suministre entre 13 y 18 gotas por minuto. Realizar pruebas funcionales.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Manómetro de Descarga	Verificar que los manómetros estén calibrados, comparar con equipo patrón, de estar descalibrado proceder a cambiar	PV	365	0,5	2	INS	1
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición de vibraciones, registrar datos y analizar resultados.	PD	182	0,65	1	MEC	1,3
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,5	1	MEC	2,01
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar inspección sensitiva, reportar cualquier anomalía encontrada.	PD	180	0,1	1	MEC	0,2
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,1	1	MEC	0,2
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Verificar que las PT-100, elementos sensores de temperatura, estén calibradas: Verificar que el contacto de las PT100 de la motobomba se active a los valores de temperatura seleccionados	PV	365	0,8	2	ELE	1,6
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas dinámicas, registrar datos y analizar resultados	PD	91	0,65	2	ELE	5,21
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas estáticas, registrar datos y analizar resultados	PD	365	0,76	2	ELE	1,52
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición mediante cámara termográfica el motor eléctrico.	PD	180	0,03	1	ELE	0,06
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Sensor de Vibraciones	Verificar Spam de operación y calibración de los sensores	PV	365	2	2	ELE	4
971	MOTOBOMBA GRUPO 2 PANTANILLO	Switch de Presion SAUTER DFC 0-15 PSI (Shutoff)	Con la ayuda de un tester, verificar que el switch cambie de estado al arrancar el grupo de bombeo. Después de que la válvula se abra, verificar que el switch vuelva al estado inicial.	PV	365	0,5	2	ELE	1
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	Realizar pruebas de eficiencia individual y combinada	PD	182	1	3	MEC	6,02
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Engrase del engranaje incluyendo motor y piñones de tensado. Realizar una inspección visual general al interruptor para verificar que los pines, tornillos u otros elementos no estén sueltos, reventados, torcidos y/o flojos.	PV	365	1	1	ELE	1
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar el mecanismo de operación del interruptor	PV	365	1	2	ELE	2
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar los elementos de maniobra (micro-suiches), Bobinas de disparo, apertura y cierre. Revisar los elementos de comando y maniobra(reles, pulsadores, selector, indicadores de corriente y voltaje)	PV	365	1,5	2	ELE	3
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Realizar limpieza general al gabinete	PV	365	1	1	ELE	1
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Verificar que el relé multilin si genere alarma por sobrecorriente y sobretemperatura.	PV	365	0,25	1	ELE	0,25
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente la peinetas de conexión(recalentamientos, bornes flojos)	PV	365	0,3	1	ELE	0,3
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente el gabinete superior del interruptor, verificar que no existan recalentamientos, sulfatación, oxidación	PV	365	0,3	1	ELE	0,3
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar limpieza al tanque de reserva de aceite. Drenar aceite, verificar la presencia de sedimentos y proceder a retirar, ajustar niveles nuevamente.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar pruebas funcionales a la válvula solenoide, verificar que las conexiones electricas de control se encuentren en buen estado.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar mediante inspección visual la existencia de fugas en bridas y conexiones de la tubería. Ajustar de ser necesario.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar señal de paro del grupo de bombas entre el PLC y el sensor, por restricción de paso de aceite entre la válvula. Calibrar el cuentagotas para que suministre entre 13 y 18 gotas por minuto. Realizar pruebas funcionales.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Manómetro de Descarga	Verificar que los manómetros estén calibrados, comparar con equipo patrón, de estar descalibrado proceder a cambiar	PV	365	0,5	2	INS	1
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición de vibraciones, registrar datos y analizar resultados.	PD	182	0,65	1	MEC	1,3
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,5	1	MEC	2,01
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar inspección sensitiva, reportar cualquier anomalía encontrada.	PD	180	0,1	1	MEC	0,2
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,1	1	MEC	0,2
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Verificar que las PT-100, elementos sensores de temperatura, estén calibrados. Verificar que el contacto de las PT100 de la motobomba se active a los valores de temperatura seleccionados	PV	365	0,8	2	ELE	1,6
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas dinámicas, registrar datos y analizar resultados	PD	91	0,65	2	ELE	5,21
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas estáticas, registrar datos y analizar resultados	PD	365	0,76	2	ELE	1,52
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición mediante cámara termográfica el motor eléctrico.	PD	180	0,03	1	ELE	0,06
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Sensor de Vibraciones	Verificar Spam de operación y calibración de los sensores	PV	365	2	2	ELE	4
972	MOTOBOMBA GRUPO 3 PANTANILLO	Switch de Presion SAUTER DFC 0-15 PSI (Shutoff)	Con la ayuda de un tester, verificar que el switch cambie de estado al arrancar el grupo de bombeo. Después de que la válvula se abra, verificar que el switch vuelva al estado inicial.	PV	365	0,5	2	ELE	1
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	Realizar pruebas de eficiencia individual y combinada.	PD	182	1	3	MEC	6,02
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Engrase del engranaje incluyendo motor y piñones de tensado. Realizar una inspección visual general al interruptor para verificar que los pines, tornillos u otros elementos no estén sueltos, reventados, torcidos y/o flojos.	PV	365	1	1	ELE	1
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar el mecanismo de operación del interruptor	PV	365	1	2	ELE	2
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar los elementos de maniobra (micro-suiches). Bobinas de disparo, apertura y cierre. Revisar los elementos de comando y maniobra (reles, pulsadores, selector, indicadores de corriente y voltaje)	PV	365	1,5	2	ELE	3
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Realizar limpieza general al gabinete	PV	365	1	1	ELE	1
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Verificar que el relé multilín si genere alarma por sobrecorriente y sobretemperatura.	PV	365	1	1	ELE	1
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente la peinetas de conexión (recalentamientos, bornes flojos)	PV	365	0,25	1	ELE	0,25
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente el gabinete superior del interruptor, verificar que no existan recalentamientos, sulfatación, oxidación	PV	365	0,3	1	ELE	0,3
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar limpieza al tanque de reserva de aceite. Drenar aceite, verificar la presencia de sedimentos y proceder a retirar, ajustar niveles nuevamente.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar pruebas funcionales a la válvula solenoide, verificar que las conexiones electricas de control se encuentren en buen estado.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar mediante inspección visual la existencia de fugas en bridas y conexiones de la tubería. Ajustar de ser necesario.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar señal de paro del grupo de bombeo entre el PLC y el sensor, por restricción de paso de aceite entre la válvula. Calibrar el cuentagotas para que suministre entre 13 y 18 gotas por minuto. Realizar pruebas funcionales.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Manómetro de Descarga	Verificar que los manómetro estén calibrados, comparar con equipo patrón, de estar descalibrado proceder a cambiar	PV	365	0,5	2	INS	1
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición de vibraciones, registrar datos y analizar resultados.	PD	182	0,65	1	MEC	1,3
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,5	1	MEC	2,01
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar inspección sensitiva, reportar cualquier anomalía encontrada.	PD	180	0,1	1	MEC	0,2
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,1	1	MEC	0,2
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Verificar que las PT-100, elementos sensores de temperatura, estén calibradas: Verificar que el contacto de las PT100 de la motobomba se active a los valores de temperatura seleccionados	PV	365	0,8	2	ELE	1,6
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas dinámicas, registrar datos y analizar resultados	PD	91	0,65	2	ELE	5,21
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas estáticas, registrar datos y analizar resultados	PD	365	0,76	2	ELE	1,52
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición mediante cámara termográfica el motor eléctrico.	PD	180	0,03	1	ELE	0,06
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Sensor de Vibraciones	Verificar Spam de operación y calibración de los sensores	PV	365	2	2	ELE	4
973	MOTOBOMBA GRUPO 4 PANTANILLO	Switch de Presion SAUTER DFC 0-15 PSI (Shutoff)	Con la ayuda de un tester, verificar que el switch cambie de estado al arrancar el grupo de bombeo. Después de que la válvula se abra, verificar que el switch vuelva al estado inicial.	PV	365	0,5	2	ELE	1
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	Realizar pruebas de eficiencia individual y combinada.	PD	182	1	3	MEC	6,02
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Bomba Centrífuga Vertical Perless 36HB de 23778gpm@885RPM	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Engrase del engranaje incluyendo motor y piñones de tensado. Realizar una inspección visual general al interruptor para verificar que los pines, tornillos u otros elementos no estén sueltos, reventados, torcidos y/o flojos.	PV	365	1	1	ELE	1
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar el mecanismo de operación del interruptor	PV	365	1	2	ELE	2
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar los elementos de maniobra (micro-suiches). Bobinas de disparo, apertura y cierre. Revisar los elementos de comando y maniobra (reles, pulsadores, selector, indicadores de corriente y voltaje)	PV	365	1,5	2	ELE	3
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Realizar limpieza general al gabinete	PV	365	1	1	ELE	1
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Verificar que el relé multilin si genere alarma por sobrecorriente y sobretemperatura.	PV	365	1	1	ELE	1
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente la peinetas de conexión (recalentamientos, bornes flojos)	PV	365	0,25	1	ELE	0,25
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	Revisar visualmente el gabinete superior del interruptor, verificar que no existan recalentamientos, sulfatación, oxidación	PV	365	0,3	1	ELE	0,3
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Celda N.4 Interruptor Gr1	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar limpieza al tanque de reserva de aceite. Drenar aceite, verificar la presencia de sedimentos y proceder a retirar, ajustar niveles nuevamente.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Realizar pruebas funcionales a la válvula solenoide, verificar que las conexiones electricas de control se encuentren en buen estado.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar mediante inspección visual la existencia de fugas en bridas y conexiones de la tubería. Ajustar de ser necesario.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Lubricador Automático del Acople Motor-Bomba	Verificar señal de paro del grupo de bombeo entre el PLC y el sensor, por restricción de paso de aceite entre la válvula. Calibrar el cuentagotas para que suministre entre 13 y 18 gotas por minuto. Realizar pruebas funcionales.	PV	182	0,25	1	ELE	0,5

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Manómetro de Descarga	Verificar que los manómetros estén calibrados, comparar con equipo patrón, de estar descalibrado proceder a cambiar	PV	365	0,5	2	INS	1
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición de vibraciones, registrar datos y analizar resultados.	PD	182	0,65	1	MEC	1,3
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,5	1	MEC	2,01
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar inspección sensitiva, reportar cualquier anomalía encontrada.	PD	180	0,1	1	MEC	0,2
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar análisis de aceite visual mediante herramienta Oil Check, tomar registro de cómo se encuentra.	PD	182	0,1	1	MEC	0,2
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Verificar que las PT-100, elementos sensores de temperatura, estén calibradas: Verificar que el contacto de las PT100 de la motobomba se active a los valores de temperatura seleccionados	PV	365	0,8	2	ELE	1,6
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas dinámicas, registrar datos y analizar resultados	PD	91	0,65	2	ELE	5,21
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar pruebas estáticas, registrar datos y analizar resultados	PD	365	0,76	2	ELE	1,52
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	MOTOR GE 800HP, 884RPM, 3300V	Realizar medición mediante cámara termográfica el motor eléctrico.	PD	180	0,03	1	ELE	0,06
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Sensor de Vibraciones	Verificar Spam de operación y calibración de los sensores	PV	365	2	2	ELE	4
974	MOTOBOMBA GRUPO 5 PANTANILLO	Switch de Presion SAUTER DFC 0-15 PSI (Shutoff)	Con la ayuda de un tester, verificar que el switch cambie de estado al arrancar el grupo de bombeo. Después de que la válvula se abra, verificar que el switch vuelva al estado inicial.	PV	365	0,5	2	ELE	1
PARARR	PARARRAYOS	Pararrayos	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,06	1	ELE	0,22
PARARR	PARARRAYOS	Pararrayos	Realizar medición mediante cámara termográfica y comparar temperatura de funcionamiento de los tres polos del seccionador.	PD	182	0,06	1	ELE	0,12
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Cambio de filtros de aire y combustible	PV	365	1	2	MEC	2
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Verificar voltaje de batería y proceder a ajustar niveles.	PV	365	0,3	2	ELE	0,6
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Realizar inspección visual y sensitiva a correa de accesorios, verificar que el tensor no se encuentre pegado, verificar que las correas no se encuentren estriadas, de ser necesario proceder a cambiar.	PV	365	0,3	2	MEC	0,6
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Realizar pruebas de funcionamiento del control (selectores, relés y bobinas)	PV	365	2	2	ELE	4
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Realizar medición mediante cámara termográfica al tablero de transferencia	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
633393	PLANTA EMERGENCIA PANTANILLO	Planta Modasa, motor perkins 4 cilindros con bomba lineal, acoplado a un generador stanford	Cambiar aceite de motor y filtros enviar muestra a laboratorio par análisis, crear curvas de tendencias para verificar la extensión del periodo de cambio.	PV	365	0,5	1	MEC	0,5
PROT FERR	PROTECCION DE FERRORESONANCIA	Proteccion de Ferroresonancia	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,06	1	ELE	0,22
PROT FERR	PROTECCION DE FERRORESONANCIA	Proteccion de Ferroresonancia	Realizar medición mediante cámara termográfica y comparar temperatura de funcionamiento de los tres polos del seccionador.	PD	182	0,06	1	ELE	0,12
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Carro de movilización	Inspeccionar las ruedas del carro transversal, que no presenten desgaste o grietas que comprometan el buen funcionamiento del equipo. Lubricar de ser necesario	PV	365	0,3	2	MEC	0,6
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Estructura de Soporte y Movimiento	Verificar que el anclaje del riel longitudinal no presente desgastes o fisuras que comprometan la operación del equipo.	PV	365	1	2	MEC	2
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Estructura de Soporte y Movimiento	Revisar que los topes mecánicos se encuentren en condiciones estructurales adecuadas y verificar que tengan los amortiguadores de impacto. Garantizar el accionamiento de los microsiches finales de carrera. Verificar presencia de ruidos anormales durante los recorridos longitudinal, transversal y vertical.	PV	365	1	2	MEC	2

## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Polipasto	Verificar que la guaya esté debidamente sujeta al tambor y que el grillete que la sujeta se encuentre apretado a la guaya, apretar tuercas de ser necesario.	PV	365	0,5	2	MEC	1
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	Verificar que el ajuste de las protecciones sean adecuadas a los datos de placa de los motores.	PV	365	0,25	2	ELE	0,5
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	Realizar ajuste de contactos tanto de control como de potencia del tablero. Realizar limpieza general del tablero.	PV	365	0,3	2	ELE	0,6
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	Realizar inspección visual cableado de control y potencia desde el tablero hasta los motores del polipasto, que no esté mordido, cristalizado, que las tuberías estén debidamente soportadas.	PV	365	1	2	ELE	2
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	PUENTE GRUA PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Reductor	Realizar cambio de aceite a las cajas reductoras de motores longitudinal, transversal y del polipasto. Aplicar aceite ISO-220.	PV	365	1	2	MEC	2
1061	PUENTE GRUA PANTANILLO	Tablero de Control	Revisar que las borneras de potencia de los motores no se encuentren sulfatadas y que los contactos de los cables de potencia estén debidamente fijados a las borneras de los motores.	PV	365	1	2	ELE	2
1464	RTU PANTANILLO	RTU PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1464	RTU PANTANILLO	RTU PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1464	RTU PANTANILLO	RTU PANTANILLO	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1464	RTU PANTANILLO	RTU PANTANILLO	Revisar visualmente la RTU y reapretar conexiones y cableado. Revisar todos los elementos de protección como breakers, fusibles, relevos (se revisan que no presenten recalentamientos y se realiza ajuste de conexiones)	PV	365	1	1	INS	1
SECC PATIO	SECCIONADOR PATIO	Seccionador Patio	Realizar medición con equipo de ultrasonido, tomar registro de valores generados.	PD	91	0,06	1	ELE	0,22
SECC PATIO	SECCIONADOR PATIO	Seccionador Patio	Realizar medición mediante cámara termográfica y comparar temperatura de funcionamiento de los tres polos del seccionador.	PD	182	0,06	1	ELE	0,12
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	PLC Schneider Electric / Power logic Ion7650	Verificar que la pila del PLC no se encuentre con fecha vencida en caso contrario anotar para realizar el cambio	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	PLC Schneider Electric / Power logic Ion7650	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	PLC Schneider Electric / Power logic Ion7650	Revisar visualmente el PLC y reapretar sus borneras de conexión  Revisar todos los elementos de protección como breakers, fusibles, térmicos y elementos de comando y maniobra, como pulsadores, selectores, relevos (se revisan que no presenten recalentamientos y se reaprietan sus bornes de conexión)	PV	365	1	1	ELE	1
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	PLC Schneider Electric / Power logic Ion7650	Realizar medición mediante cámara termográfica los barrajes, bornes y conexiones eléctricas	PD	182	0,03	1	ELE	0,06
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	Schneider Electric / Power logic Ion7650	Revisar visualmente y reapretar todas las conexiones eléctricas en borneras de Control en todos los gabinetes. Revisar los pilotos de señalización con la prueba de lamparas y cambiar los defectuosos.	PV	365	1	3	ELE	3
430447	TABLERO 1 PANTANILLO	Schneider Electric / Power logic Ion7650	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	



## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	Reapretar la tornillería en las borneras, en los bornes de los aparatos de maniobra, de comando y de señalización, en relés y en dónde haya una unión de elementos eléctricos. Repita la acción en el motor, en las borneras asociadas a este y a los microsuiches.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	Realizar medición mediante cámara termográfica los barrajes, bornes, conexiones eléctricas , componentes de control y potencia.	PD	182	0,03	1	ELE	0,06
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1123	TABLERO 5 PANTANILLO	Celda N.5 Interruptor Gr2	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	Realizar medición de ultrasonido y registrar valores	PD	91	0,02	1	ELE	0,09
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	Realizar pruebas de resistencias de contactos, tiempos de cierre y apertura. Verifique el estado del gabinete-Revise el nivel de aceite o la presión del SF6.- Revise la presencia de fugas de SF6 con ayuda del detector -Verifique que no existan elementos extraños al interior de la celda como limalla la cual puede estar relacionada con el destaste de piezas.	PD	365	7,5	2	ELE	15
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	Reapretar la tornillería en las borneras, en los bornes de los aparatos de maniobra, de comando y de señalización, en relés y en dónde haya una unión de elementos eléctricos. Repita la acción en el motor, en las borneras asociadas a este y a los microsuiches.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	Realizar medición mediante cámara termográfica los barrajes, bornes, conexiones eléctricas , componentes de control y potencia.	PD	182	0,03	1	ELE	0,06
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1124	TABLERO 6 PANTANILLO	Celda N.6 Interruptor Gr3	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
1125	TABLERO 7 PANTANILLO	Celda N.7 Interruptor Gr4	Realizar medición de ultrasonido y registrar valores	PD	91	0,02	1	ELE	0,09
1125	TABLERO 7 PANTANILLO	Celda N.7 Interruptor Gr4	Realizar pruebas de resistencias de contactos, tiempos de cierre y apertura. Verifique el estado del gabinete-Revise el nivel de aceite o la presión del SF6.- Revise la presencia de fugas de SF6 con ayuda del detector -Verifique que no existan elementos extraños al interior de la celda como limalla la cual puede estar relacionada con el destaste de piezas.	PD	365	7,5	2	ELE	15
1125	TABLERO 7 PANTANILLO	Celda N.7 Interruptor Gr4	Reapretar la tornillería en las borneras, en los bornes de los aparatos de maniobra, de comando y de señalización, en relés y en dónde haya una unión de elementos eléctricos. Repita la acción en el motor, en las borneras asociadas a este y a los microsuiches.	PV	365	0,5	1	ELE	0,5
1125	TABLERO 7 PANTANILLO	Celda N.7 Interruptor Gr4	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	



## PLAN DE MANTENIMIENTO

ACTIVO	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	MODELO / NUMERO DE PARTE	TAREA	TIPO DE TAREA	FRECUENCIA	DURACIÓN	# PERSONAS	ESPECIALIDAD	HH
TR POT	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	Transformador de Potencial	Realizar medición mediante cámara termográfica los bornes de entrada y de salida, registrar valores.	PD	182	0,05	1	ELE	0,1
TR POT	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	Transformador de Potencial	Realizar medición mediante cámara termográfica los bornes de entrada y de salida, registrar valores.	PD	365	0,5	2	ELE	1
TR POT	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	Transformador de Potencial	Realizar medición mediante cámara termográfica los bornes de entrada y de salida, registrar valores.	PD	365	0,5	2	ELE	1
TR POT	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	Transformador de Potencial	Realizar medición mediante cámara termográfica los bornes de entrada y de salida, registrar valores.	PD	365	0,25	2	ELE	0,5
TR POT	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL	Transformador de Potencial	Realizar medición mediante cámara termográfica los bornes de entrada y de salida, registrar valores.	PD	182	0,05	2	ELE	0,2
430427	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430427	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430427	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
430433	VAL IMPULSION GRUPO 2 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que el accionamiento de los micro swiches de apertura y cierre estén indicando la señal, y que esta sea coherente con la que aparece en el tablero de señales.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430433	VAL IMPULSION GRUPO 2 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430433	VAL IMPULSION GRUPO 2 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
430436	VAL IMPULSION GRUPO 3 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que el accionamiento de los micro swiches de apertura y cierre estén indicando la señal, y que esta sea coherente con la que aparece en el tablero de señales.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430436	VAL IMPULSION GRUPO 3 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430436	VAL IMPULSION GRUPO 3 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
430439	VAL IMPULSION GRUPO 4 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que el accionamiento de los micro swiches de apertura y cierre estén indicando la señal, y que esta sea coherente con la que aparece en el tablero de señales.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430439	VAL IMPULSION GRUPO 4 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430439	VAL IMPULSION GRUPO 4 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
430443	VAL IMPULSION GRUPO 5 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que el accionamiento de los micro swiches de apertura y cierre estén indicando la señal, y que esta sea coherente con la que aparece en el tablero de señales.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430443	VAL IMPULSION GRUPO 5 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	Verificar que no se presenten fugas de aceite, ni que se presenten cabeceos por daños internos del cilindro de accionamiento.	PD	182	0,37	1	MEC	0,74
430443	VAL IMPULSION GRUPO 5 PANTANILLO	VAL IMPULSION GRUPO 1 PANTANILLO * 5	NINGUNA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	