

PROPUESTA PARA EVALUAR Y OPTIMIZAR EL SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL EN UNA PLANTA PARA  
TRATAMIENTO DE AGUA.

JAVIER DIAZ ORDUZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
MAESTRIA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2024

PROPUESTA PARA EVALUAR Y OPTIMIZAR EL SISTEMA DE  
MANTENIMIENTO DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL EN UNA PLANTA PARA  
TRATAMIENTO DE AGUA.

JAVIER DIAZ ORDUZ

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR A EL  
TITULO DE MAGISTER EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR  
ING. Manuel de Jesús Martínez

UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
MAESTRIA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2024

*A DIOS, siempre nuestro guía en el andar de la vida*

*A la memoria de mi querido padre CARLOS*

*A mi mamá RITA ADELIA, por su confianza, enseñanza, amor y apoyo por los años de sacrificio en pro de mi educación*

*A CATALINA mi amada esposa amor de mi vida, compañera y amiga por su apoyo incondicional*

*A mis hijos JUAN SEBASTIÁN Y ANDRÉS FELIPE por su acompañamiento y motivación*

*A mis 9 queridos hermanos por su ejemplo de lucha y superación*

*A todos los profesores UIS de la especialización y maestría en mantenimiento que contribuyeron con mi formación*

*A todo el grupo de compañeros Summum-Termozipa*

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
JUSTIFICACIÓN	
OBJETIVOS	
OBJETIVO GENERAL	
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO TEÓRICO	13
1.1 ÁREAS PARA TRATAMIENTO DE AGUA	13
1.1.1 Planta de pretratamiento	14
1.1.2 Planta desmineralización.	15
1.1.3 Planta Dosis química.	16
1.1.4 Calidad requerida de los químicos.	16
1.2 PROCESO DE GENERACIÓN	19
1.2.1 Gestión de mantenimiento.	20
1.3 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES EN TERMOZIPIA	21
1.3.1 Planta de pretratamiento.	21
1.3.1.1 Lubricación de equipos rotativos en pretratamiento.	24
1.3.2 Planta de desmineralización.	25
1.3.3 Planta Dosis química.	28
2. ANÁLISIS DE MODOS EFECTOS DE FALLAS Y CRITICIDAD	34
2.1 MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS	37
2.1.1 Valoración de criticidad pretratamiento.	38
2.1.2 Número de prioridad de riesgo.	45
2.2 MODOS DE FALLAS PARA LUBRICACIÓN DE MOTORES	45
2.2.1 Poca de grasa.	45
2.2.2 Mucha Grasa.	45
2.2.3. Frecuencia de lubricación inadecuada.	46
2.2.4 Rodamiento no fue sustituido.	46
2.2.5 Referencia o tipo de rodamiento no corresponde.	47
2.2.6 Grasa no es del tipo recomendado.	47
2.2.7 Contaminación de grasa.	48
2.3 MODOS DE FALLAS EN BOMBAS Y REDUCTORES	48
2.3.1 Aceite no es del tipo recomendado en bomba o reductor.	48
2.3.2. Contaminación de aceite en reductor y bomba.	49
3. INDICADORES DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO	50
3.1 MTBF PARA EQUIPOS ROTATIVOS EN PLANTA DE AGUA.	50

3.2 MTTR PARA EQUIPOS ROTATIVOS EN PLANTA DE AGUA.	50
3.3 DISPONIBILIDAD PARA EQUIPOS ROTATIVOS	50
3.4 ANÁLISIS DEL MTBF CALCULADO	54
3.5 ANÁLISIS DEL MTTR CALCULADO	55
3.6 ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD CALCULADA	56
4. TAREAS DE MMTO, FRECUENCIAS Y TASAS CONSUMO	58
4.1 HOJA DE INFORMACIÓN	58
4.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO.	59
4.2.1 Tareas a condición.	60
4.2.2 Tareas de reacondionamiento-sustitución cíclica	60
4.3 HOJA DE DECISIÓN	60
4.4 TASAS DE CONSUMO-FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	62
4.4.1 Tasas de consumo de grasa.	62
4.4.2 Frecuencia de reengrase para rodamientos de motores WEG	62
4.4.3 Frecuencia de cambio de rodamiento para motores.	65
4.4.4 Estandarización de lubricantes	67
4.4.5 Clasificación grafica de lubricantes en planta.	67
4.4.6 Ruta de lubricación.	67
5. ESTRATEGIA PARA DIAGNOSTICAR MMTO SEGUN ISO 55000	68
5.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN.	68
5.2 LIDERAZGO.	68
5.3 PLANIFICACIÓN	69
5.4 APOYO	70
5.5 OPERACIÓN	70
5.6 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	71
5.7 MEJORA	72
ANTECEDENTES	75
METODOLOGIA	76
PRESUPUESTO	78
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFIA	80
ANEXOS	81
ANEXO A. Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla desmineralización	
ANEXO B. Funciones, FF, modos de falla y efectos de falla químicos	
ANEXO C. Valoración de criticidad, NPR y graficas desmineralización	
ANEXO D. Valoración de criticidad, NPR y graficas químicos	
ANEXO E. Equipos críticos en planta para tratamiento de agua	
ANEXO F. Diagrama de flujo planta de tratamiento	

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Características de agua tomada del rio Bogotá.	13
Tabla 2. Parámetros de calidad para agua servicio/industrial	14
Tabla 3. Parametros de calidad para agua desmineralizada	15
Tabla 4. Parametros de Hipoclorito de sodio	17
Tabla 5. Parametros de Policloruro de aluminio	17
Tabla 6. Parametros de Polielectrolitos	17
Tabla 7. Parametros de metabisulfito de sodio	18
Tabla 8. Parametros de Soda caustica	18
Tabla 9. Parametros de Acido sulfúrico	18
Tabla 10. Consumo de quimicos estimados por dia de produccion	18
Tabla N 11. Códigos, equipos, componentes y lubricantes pretratamiento	25
Tabla 12. Códigos, equipos, componentes y lubricantes desmineralización	28
Tabla 13. Códigos, equipos, componentes y lubricantes dosis química	33
Tabla 14. Etapas de desarrollo del procedimiento FMECA	34
Tabla 15. Funciones, fallas, modos de falla y efectos pretratamiento	35
Tabla 16. Impacto por fallas ocultas	37
Tabla 17. Impacto en la seguridad.	37
Tabla 18. Impacto al medio ambiente.	37
Tabla 19. Impacto a la imagen corporativa.	38
Tabla 20. Impacto por costo de reparación.	38
Tabla 21. Criticidad de equipos por efectos en los clientes.	38
Tabla 22. Parámetros para establecer la criticidad	39
Tabla 23. Valoración de criticidad y npr pretratamiento	39
Tabla 24. Ocurrencia	45
Tabla 25. Detección	45
Tabla 26. Equipos críticos con poca o mucha grasa	46
Tabla 27. Frecuencia de lubricación inadecuada	46
Tabla 28. Rodamiento no fue sustituido	47
Tabla 29. Referencia, rodamiento no corresponde Motores Siemens	47
Tabla 30. Grasa no es del tipo recomendado.	48
Tabla 31. Contaminación de grasa	48
Tabla 32. Aceite no es del tipo recomendado en bomba o reductor	49
Tabla 33. Contaminación de aceite en reductor o bomba.	49
Tabla 34. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Poca grasa.	51
Tabla 35. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Mucha grasa.	51
Tabla 36. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Frecuencia de cambio de grasa	51

Tabla 37. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Rodamientos no fueron sustituidos.	52
Tabla 38. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Ref. de rodamiento no corresponde.	52
Tabla 39. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Grasa no es del tipo recomendado.	52
Tabla 40. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Contaminación de grasa	53
Tabla 41. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Aceite no es del tipo recomendado.	53
Tabla 42. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Contaminación de aceite	53
Tabla 43. Análisis para MTBF en planta de agua	55
Tabla 44. Análisis para MTTR en planta de agua	56
Tabla 45. análisis para disponibilidad en planta de agua	57
Tabla 46. Hoja de información para equipos rotativos críticos	58
Tabla 47. Hoja de decisión	61
Tabla 48. Factores de corrección por intervalos de engrase	63
Tabla 49. Cantidad de grasa y frecuencia de lubricación	64
Tabla 50. Rodamiento para motores ABB, Siemens, Marelli	66
Tabla 51. Estandarización de lubricantes	66
Tabla 52. Diagnóstico Contexto de la organización	68
Tabla 53. Diagnóstico para Liderazgo	69
Tabla 54. Diagnóstico para Planificación	69
Tabla 55. Diagnóstico para Apoyo	70
Tabla 56. Diagnóstico para operación	71
Tabla 57. Diagnóstico para Evaluacion del desempeño	72
Tabla 58. Diagnóstico para Mejora	73
Tabla 59. Categorías de evaluación	73
Tabla 60. Presupuesto I	78
Tabla 61. Presupuesto II	78

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Planta de pretratamiento	14
Figura 2. Planta de desmineralización	15
Figura 3. Planta de Dosis química	16
Figura 4. Proceso de generación	19
Figura 5. Organigrama Termozipa	19
Figura 6. Organigrama de mantenimiento termozipa	20
Figura 7. Gestión de mantenimiento en planta de agua.	20
Figura 8. Diagrama de flujo Planta de pretratamiento	21
Figura 9. Floculación en pretratamiento	22
Figura 10. Registro fotográfico equipos rotativos pretratamiento I	23
Figura 11. Registro fotográfico equipos rotativos pretratamiento II	24
Figura 12. Diagrama de flujo Planta de desmineralización	26
Figura 13. Registro fotográfico equipos rotativos área desmineralización	27
Figura 14. Diagrama de flujo Dosis química	29
Figura 15. Registro fotográfico equipos rotativos área de químicos	30
Figura 16. Criticidad –RPN planta pretratamiento	44
Figura 17. KPI Anuales VS Modos de falla	54
Figura 18. Valores para MTBF en planta de agua	54
Figura 19. Valores para MTTR en planta de agua	55
Figura 20. Valores para disponibilidad en planta de agua	56
Figura 21. Árbol lógico de decisión	60
Figura 22. Clasificación gráfica de lubricantes en planta	67
Figura 23. Estrategia de lubricación para equipos rotativos	74

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso de mejora continua en Termozipa ha sido promovido por un nivel mayor de competencia en el mercado que la obliga a implementar estrategias para disminuir costos y a la vez aumentar la calidad y mejorar la organización global de la producción. El sistema de tratamiento de agua en Termozipa es el elemento principal para reducción de temperatura de carbón durante almacenamiento en patios y bandas transportadoras, enfriamiento de cenizas provenientes del proceso de quema de carbón, alimentación de las calderas para producción de vapor y funcionamiento de turbinas, refrigeración de molinos y reducción de temperatura en agua usada durante proceso térmico en torres de enfriamiento.

En la planta de tratamiento la administración de lubricación es deficiente ya que La forma de trabajar del mecánico es autónoma, se debe mejorar la capacidad para detectar situaciones que afecten la calidad de lubricación, faltan metodologías que permitan priorizar las labores de mantenimiento e incidencia de las fallas de acuerdo a la criticidad en los equipos, los lubricantes son susceptibles a contaminación con agua la cual está presente en todo el proceso. La información disponible acerca de la vida de los equipos se ha obtenido mediante la experiencia de los proveedores por lo que su identificación, ubicación, lubricante empleado, frecuencia de lubricación no es confiable. Las anteriores deficiencias hacen que se presenten fallas en los equipos antes de que se cumpla la frecuencia de ejecución del plan de mantenimiento, Lo cual no permite a la planta de agua cumplir con su función principal de suministrar agua desmineralizada para el proceso térmico.

Con el propósito de encontrar la solución al problema, se presenta como objetivos identificar los equipos críticos, establecer tareas de mantenimiento, determinar indicadores Kpi de mantenimiento, plantear un diagnóstico de la gestión de mantenimiento aplicando la norma ISO 55.000 para evaluar todas las áreas involucradas en el proceso con la finalidad de eliminar la incidencia de las fallas en el proceso productivo.

Es usual que la atención primaria tanto de operación como de mantenimiento se orienten a los equipos principales de una central de generación, como son la turbina de vapor, el generador y la caldera, pero una falla que se presente en un equipo rotativo de la ptar, por ejemplo: en una bomba de lodos, reductor de velocidad, patines de osmosis pueden tener efecto en la disponibilidad y confiabilidad del sistema o puede ocasionar una parada de todo el proceso de generación.

## JUSTIFICACIÓN

En la central térmica existen asociadas plantas que brindan electricidad, aire comprimido, agua, vapor en función del producto principal (Energía eléctrica). Todos estos subsistemas deben interactuar armoniosamente para lograr la máxima calidad en el funcionamiento y desempeño del proceso térmico. Es así que la operación de Termozipa requiere de caudales de agua altos con fines de utilización en manejo de cenizas, servicios industriales, agua de caldera, sistema contra incendios. En tal virtud, es necesario disponer de un sistema de tratamiento eficiente para satisfacer de manera permanente la demanda de agua desmineralizada con los parámetros de calidad señalados capítulo I.

El agua desmineralizada es considerada como un agua de alta pureza con bajo contenido de sales y muy baja conductividad. La necesidad de producción de agua con estas características para alimentación de calderas, ha propiciado el desarrollo y avance de diferentes tecnologías (Ver cap I-) de tratamiento de agua encaminadas a la eliminación de todas las impurezas presentes en agua tomada de río. Es aquí donde surge la necesidad mejorar la gestión de lubricación para anticipar ocurrencia de paradas de producción por fallas en lubricación de equipos rotativos.

Con la realización de este proyecto Termozipa podrá tener: Una relación actualizada de los diferentes códigos, componentes y lubricantes empleados. El conocimiento en lubricación de los equipos críticos sobre los cuales debe practicar la prevención o la predicción, identificar y eliminar fallas potenciales, priorizar labores de mantenimiento, identificar y analizar indicadores. Esto con la finalidad de impedir paradas intempestivas, disminuir costos de reparación, proteger los equipos rotativos, mejorar la comunicación entre diferentes departamentos aumentando la productividad, la calidad y la disponibilidad obteniendo así un mayor (MTBF) y un menor (MTTR).

El mantenimiento en la planta de agua se valora en la medida en que: Mantenga los equipos en una alta disponibilidad, las tareas realizadas sean adecuadas, optimice los costos evitando que los equipos fallen, incremente la productividad, gestione adecuadamente sus activos. Lubricación debe ser una parte integral de la planta de agua y debe de tomar importancia de su papel cuando la edad de los equipos aumenta para así garantizar el éxito del proceso térmico.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Propuesta de mantenimiento de lubricación industrial en la planta para tratamiento de agua Termozipa.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Identificar las fallas asociadas a lubricación y sus respectivas causas que generan las paradas en los equipos de la planta de agua Termozipa.
- ✓ Determinar indicadores de gestión para mantenimiento MTBF, MTTR, disponibilidad de los equipos rotativos críticos.
- ✓ Establecer tareas de mantenimiento, frecuencias y tasas de consumo para lubricación de equipos críticos.
- ✓ Plantear estrategia para diagnosticar la gestión de mantenimiento aplicando la norma ISO 55.000

## INTRODUCCIÓN

Grandes cambios en el orden económico y mundial han llevado a Termostiza a desarrollar plantas auxiliares más confiables donde la estrategia no sea reparar sino prolongar la vida de la maquinaria para cumplir con los rigurosos programas de producción que le permiten subsistir en el competitivo mercado global de la energía eléctrica, muchas estrategias han demostrado contribuir exitosamente a estos objetivos, sin embargo se ha documentado ampliamente que la lubricación es una de las tareas que pueden impactar de manera muy importante los objetivos de la confiabilidad de la estación para tratamiento de agua.

Este documento constituye la realización del proyecto “Propuesta para evaluar y optimizar el sistema de mantenimiento de lubricación industrial en una planta para tratamiento de agua.”. La propuesta de mantenimiento contempla aspectos basados en estrategias modernas de mantenimiento buscando la mejora continua de los procesos, logrando la planeación de actividades con secuencia lógica a fin de conseguir disponibilidad y confiabilidad de los equipos rotativos a mantener, mejorando así los indicadores de mantenimiento. Si la planta para tratamiento de agua de Termostiza está enfocada en administración de la lubricación entenderá la forma operativa de sus activos, lo que genera con suficiente anterioridad una alerta de la causa raíz del modo de falla, reduciendo costos de mantenimiento y rescatando costos de capital para otros usos.

## 1. MARCO TEÓRICO

La central termoeléctrica MARTIN DEL CORRAL más conocida como TERMOZIPIA se encuentra ubicada en el municipio de Tocancipa Cundinamarca a 40 kilómetros de Bogotá, es propiedad del grupo Enel de origen Italiano. Entro en operación en 1963 con la unidad 1 (actualmente desactivada). La central actualmente funciona con 4 unidades de generación a vapor marca HITACHI las cuales generan un total de 240 MW de energía, La Unidad 2 tiene una capacidad de 42 MW, mientras que las Unidades 3, 4 y 5 tienen una capacidad de 66 MW cada una y operan con vapor a 148 Kg/cm<sup>2</sup> y 541 °C, Su combustible primario es el carbón pulverizado el cual proviene de minas aledañas ubicadas en Boyacá y Cundinamarca, también pueden usar acpm o fuel-oil como combustible auxiliar. La planta para tratamiento de agua produce agua desmineralizada para funcionamiento de las caldera y refrigeración de turbinas según los parámetros de calidad descritos en Tabla 3.

### 1.1 ÁREAS EN PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA TERMOZIPIA

La planta para tratamiento de agua está compuesta por las siguientes áreas: Planta de pretratamiento, Planta desmineralización, Planta para Dosis química, el proceso de tratamiento inicia por la toma de agua del río Bogotá la cual cuenta con las siguientes características.

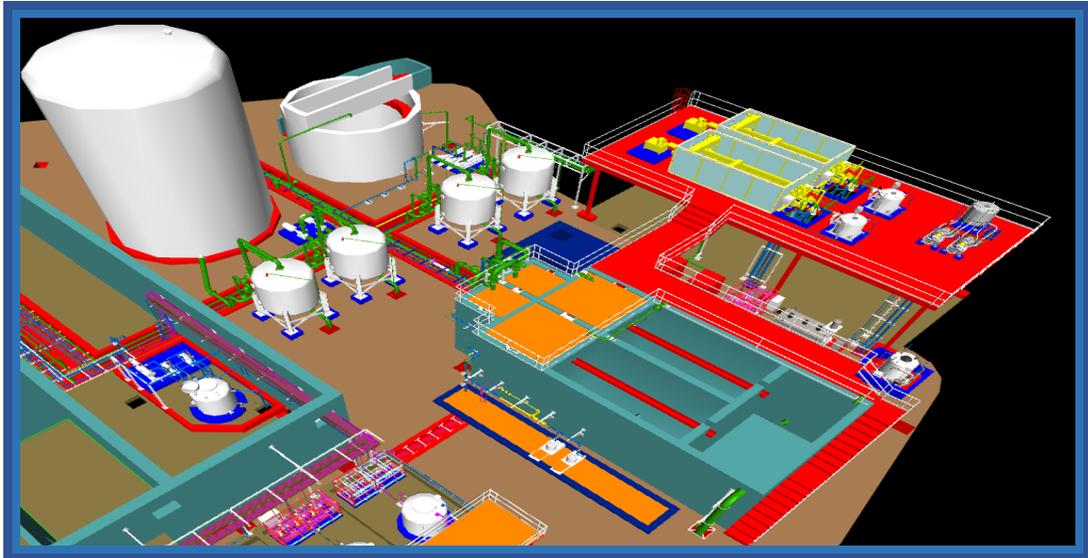
Tabla 1. Características de agua tomada del río Bogotá.

Parámetro	Unidad	Valor de referencia	Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Temperatura mínima/promedio/máxima	°C	14 / 17 / 20	Nitrato	mg NO <sub>3</sub> /l	3,59
Ph	pH Units	7.5 – 8.5	Nitrato	mg NO <sub>3</sub> /l	3,59
Conductividad específica	μS/cm	96,1	Nitrato	mg NO <sub>2</sub> /l	0,19
Alcalinidad (P)	mg CaCO <sub>3</sub> /l	0	Ortofosfato	mg PO <sub>4</sub> /l	0,18
Total alcalinidad	mg CaCO <sub>3</sub> /l	22,21	Sulfato	mg SO <sub>4</sub> /l	≤ 5,135
Carbón orgánico total (TOC)	mg C/l	≤ 3,5	Aluminio	mg Al/l	< 0,159
Demanda biológica de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	2	Bario	mg Ba/l	< 0,141
Demanda química de oxígeno	mgO <sub>2</sub> /l	8	Boro	mg B/l	< 0,162
Solicitud de cloro	mg Cl <sub>2</sub> /l	3	Calcio	mg Ca/l	5
Cloruro	mg Cl/l	≤ 12	Hierro	mg Fe/l	0,97
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /l	15,7	Magnesio	mg Mg/l	0,836
Nitrógeno(Amoniaco)	mg N-NH <sub>3</sub> /l	1,63	Potasio	mg K/l	1,454
Total de sólidos disueltos (TDS)	mg/l	≤ 60	Sodio	mg Mg/l	0,836
Total de sólidos suspendidos (TSS)	mg/l	≤ 170	Total de sílice	mg K/l	1,454
Turbiedad	NTU	nd			

Planta de agua

**1.1.1 Planta de pretratamiento.** El objetivo es eliminar residuos sólidos como arenas, grasas, sólidos en suspensión, fragmentos que de no ser separados deteriorarían mecánicamente los equipos de las siguientes fases ya que sedimentarían en tuberías de la instalación, causando abrasión, obstrucción de las rejillas, desgaste de elementos mecánicos, o bien producirían pérdidas en la disponibilidad del proceso. Esta área está compuesta por los siguientes equipos: Bombas ingreso de agua a planta, Tanque de pre mezcla (Mezclador), Tanque de floculación (Mezclador), Bomba centrífuga para agua clarificada, Bomba centrífuga para agua clarificada, Bomba centrífuga alimentación espesador, Mezclador para espesador cónico, Bomba para alimentación de lodos, Filtro prensa, Unidad de control hidráulico, Bomba de compresión de membrana, Bomba para limpiar las telas, Bomba para la solución de ácido, Soplador de aire de lóbulos, Bomba para lavar filtros de arena, Bomba para el agua recuperada.

Figura 1. Planta de pretratamiento



Planta de agua.

La planta de pretratamiento produce agua de servicio/industrial a un caudal de 180 m<sup>3</sup>/h, una presión mínima de 2,5 Bar, bajo los siguientes parámetros de calidad.

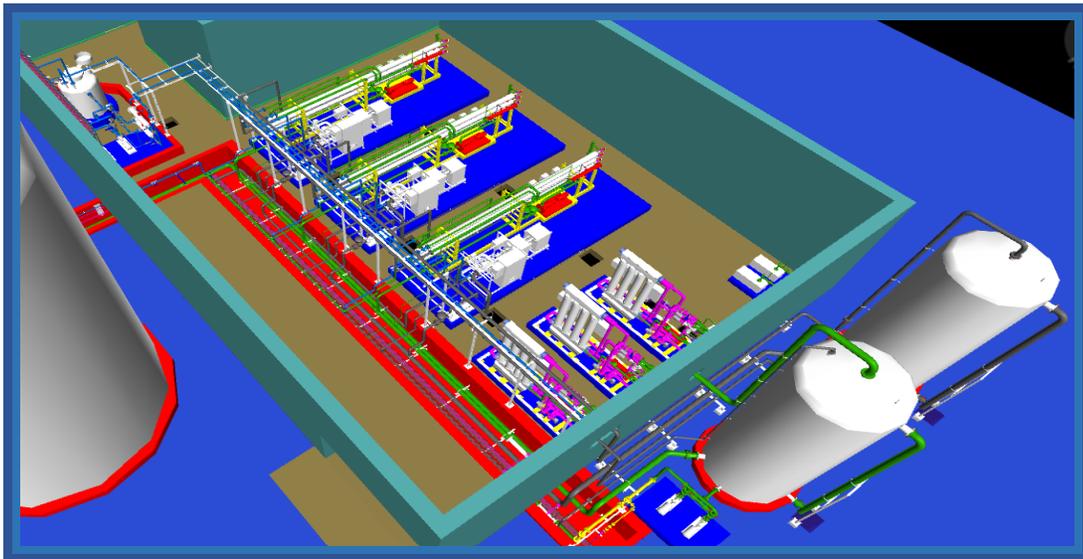
Tabla 2. Parámetros de calidad para agua servicio/industrial

TSS (Total de sólidos en suspensión)	<5 mg/kg
Total de cloro residual	~2 mg (Cl <sub>2</sub> )/Kg
pH	6,5-7,5

Planta de agua

**1.1.2 Planta desmineralización.** El agua desmineralizada producida en esta área es considerada por su alta pureza con bajo contenido de sales y muy baja conductividad la cual debe contar con la calidad señalada en siguiente tabla. Esta tiene los equipos: Bomba de alimentación ultrafiltración, Bomba para Lavar ultrafiltración UF, Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N1, Bombas de lavado osmosis inversa OI N1, Mezclador CIP, Bomba de alimentación EDI N1, Bomba para la cuenca de neutralización N1, Soplador de aire.

Figura 2. Planta de desmineralización



Planta de agua

La producción de agua desmineralizada debe operar con el siguiente rendimiento: caudal 50 m<sup>3</sup>/h con una presión de 2,5 Bar, índice de densidad de sedimentos SDI < 3 en el 100% de las pruebas, de las cuales al menos 70% con SDI < 2.

Tabla 3. Parametros de calidad para agua desmineralizada

Conductividad	0.1 [μS/cm]
TDS (porcentaje sales inorgánicas y pequeñas cantidades materia orgánica disueltas en el agua)	<2 mg/kg
TEA (Anión intercambiable total )	<2,6 mg/kg
Temperatura	≤31°C
Na+	<2 μg/kg
Ph	5,4-6,3
Cl-	<2 μg/kg
Dureza	0 (mg CaCO <sub>3</sub> /L)
Sulfato SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<2 μg/kg
Sílice, SiO <sub>2</sub>	<10 μg/kg
Compuesto organico, TOC	<100 μg/kg

Planta de agua

**1.1.3 Planta Dosis química.** La planta logra un rendimiento óptimo y consistente cuando los sistemas de dosificación para sustancias químicas funcionan adecuadamente. Para lograr esto se cuenta con los siguientes equipos: Mezclador polielectrolito I agua de servicio, Bomba dosificadora de polielectrolitos I, Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio, Bomba dosificadora de polielectrolitos 2, NaClO Tanque-Hipoclorito de sodio (Mezclador), NaClO Dosificador Hipoclorito de sodio, PAC Tanque Policloruro de aluminio (Mezclador), PAC Dosificador Policloruro de aluminio, Antiescalante Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador), Antiescalante Dosificador Metabisulfito de sodio, SMBS Tanque Policloruro de aluminio (Mezclador), SMBS Dosificador Policloruro de aluminio, NaOH Tanque Soda caustica (Mezclador), NaOH Dosificador Soda caustica, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Tanque Ácido sulfúrico (Mezclador), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Dosificador Ácido sulfúrico.

Figura 3. Planta de Dosis química



Planta de agua

**1.1.4 Calidad requerida de los químicos.** Los productos químicos utilizados para la PTAR deben tener estándares de calidad adecuados para obtener agua de servicio y desmineralizada estos parámetros son:

**Hipoclorito de sodio (NaClO):** Compuesto químico también conocido como lejía que cuando es diluido en agua es inestable y oxidante, se usa en forma líquida para eliminación de olores, prevenir la formación de bacterias y fangos, evitar la propagación de enfermedades en el agua.

Tabla 4. Parametros de Hipoclorito de sodio

Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	15
Forma de suministro	-	Líquido
Densidad a 20º C	Kg/l	1.2
Impurezas		
NaOH	%	≤1

Planta de agua

**Policloruro de aluminio (PAC)** : Líquido inorgánico a base de sales de aluminio utilizado para remover color y materia coloidal en etapa de clarifloculación.

Tabla 5. Parametros de Policloruro de aluminio

Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	10-20
Forma de suministro	-	Líquido
Densidad a 20º C	Kg/l	1.25 ± 0.05

Planta de agua

**Polielectrolitos** : Son floculantes químicos que estimulan la aglomeración-coagulación de partículas diminutas en una solución, lo que da como resultado la formación flóculos grandes y fáciles de sedimentar, que posteriormente se hunde hasta el fondo (sedimentación), los usados en ptar son ácido poliacrílico (PAA) y sulfonato de poliestireno.

Tabla 6. Parametros de Polielectrolitos

Parámetro (Tipo I)	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	100
Forma de suministro	-	Polvo
Densidad a 20º C	Kg/l	0.75
Parámetro (Tipo II)	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	100
Forma de suministro	-	Polvo
Densidad a 20º C	Kg/l	0.75

Planta de agua

**El metabisulfito de sodio (SMBS)**: Usado en ósmosis inversa y funciona para eliminar el cloro libre, incluido su uso como bioestático.

Tabla 7. Parametros de metabisulfito de sodio

Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	100
Forma de suministro	-	Líquido
Densidad a 20° C	Kg/l	1.2

Planta de agua

**Soda caustica (NaOH):** El hidróxido de sodio se usa durante la osmosis inversa del agua para neutralizar el pH y la alcalinidad de los suministros de agua. El pH elevado hace que el agua sea menos corrosiva para las tuberías y reduce la cantidad de plomo, cobre y otros metales tóxicos que pueden disolverse en el agua, es un material corrosivo y debe ser usado con extrema precaución.

Tabla 8. Parametros de Soda caustica

Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	49
Forma de suministro	-	Líquido
Densidad a 20° C	Kg/l	1.51
Impurezas Fe	ppm	≤100
Impurezas Metales pesados	ppm	≤100

Planta de agua

**Acido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):** Su objetivo es disminuir el PH del agua tratada, se debe tener especial atención durante su manipulación ya que puede causar serias lesiones en la piel y ojos.

Tabla 9. Parametros de Acido sulfúrico

Parámetro	Unidad	Valor de referencia
Concentración	%	98
Forma de suministro	-	Líquido
Densidad a 20° C	Kg/l	1.84
Impurezas Fe	ppm	≤100
Impurezas Metales pesados	ppm	≤100

Planta de agua

Tabla 10. Consumo de quimicos estimados por dia de produccion 16h

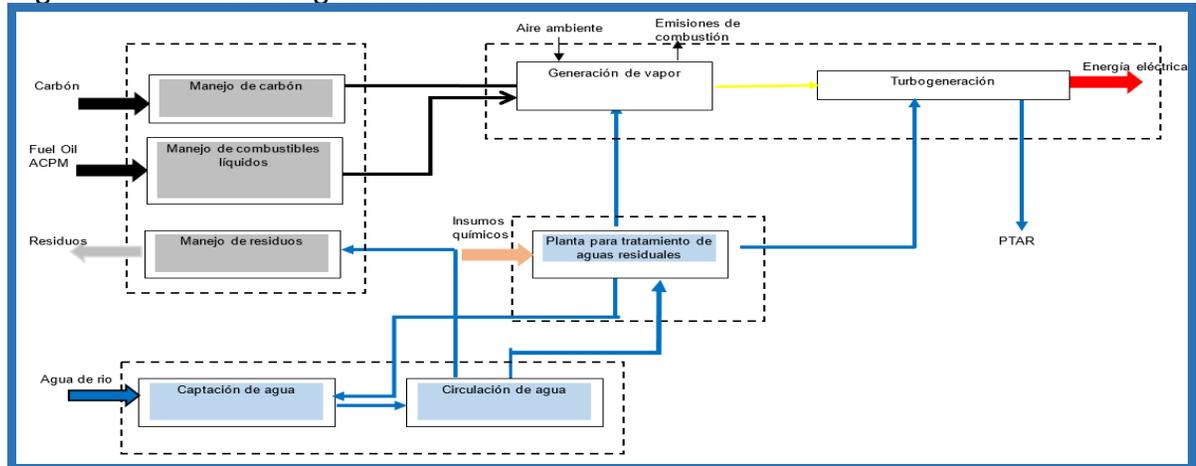
Compuesto	Forma	Concentración	Densidad Kg/L	Consumo
Hipoclorito de sodio (NaClO):	Líquido	15 %	1.2	150 Kg/Día
Policloruro de aluminio (PAC)	Líquido	17 %	1.25 ± 0.05	250 Kg/Día
Polielectrolitos I:	Polvo	100 %	0.75	3 Kg/Día
Polielectrolitos II :	Polvo	100 %	0.75	6 Kg/Día
Antiescalante (metabisulfito de sodio):	Líquido	100 %	1.36	4 Kg/Día
El metabisulfito de sodio (SMBS):	Líquido	100 %	1.2	6 Kg/Día
Soda caustica (NaOH):	Líquido	49 %	1.51	30 Kg/Día
Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ):	Líquido	98 %	1.84	30 Kg/Día

Planta de agua

## 1.2 PROCESO DE GENERACIÓN

El proceso para generación de energía eléctrica se puede resumir en la siguiente figura donde se ve la interrelación de los diferentes sistemas para procesar los insumos de entrada para entregar los productos finales energía eléctrica y residuos del proceso.

Figura 4. Proceso de generación



El autor

La siguiente figura muestra el organigrama de Termozipa el cual es implementado por el grupo Enel para todas las plantas térmicas del país, La empresa está organizada bajo una estructura vertical en la que se contempla la gerencia técnica que tiene a cargo la dirección de mantenimiento constituida por cuatro Departamentos.

Figura 5. Organigrama Termozipa



Planta de agua

El organigrama establecido para mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico, mantenimiento de control y planeación está conformado así.

Figura 6. Organigrama de mantenimiento Termozipa



Planta de agua

**1.2.1 Gestión de mantenimiento.** En el modelo establecido por el grupo Enel están los aspectos de planear, organizar y controlar, que es lo mismo que el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar). Se puede observar que gerencia técnica es la encargada de auditar el ciclo de mantenimiento para quienes ejecutan, planean y supervisan sin embargo es importante mejorar el cumplimiento de dicho ciclo.

Figura 7. Gestión de mantenimiento en planta de agua.



Planta de agua

El modelo, aunque adecuado tiene oportunidades de mejora ya que se presentan inconvenientes ya manifestados y buscar esas oportunidades de mejora y plantear propuestas para reducir la criticidad de equipos rotativos y el MTTR aumentando el MTBF es de gran importancia.

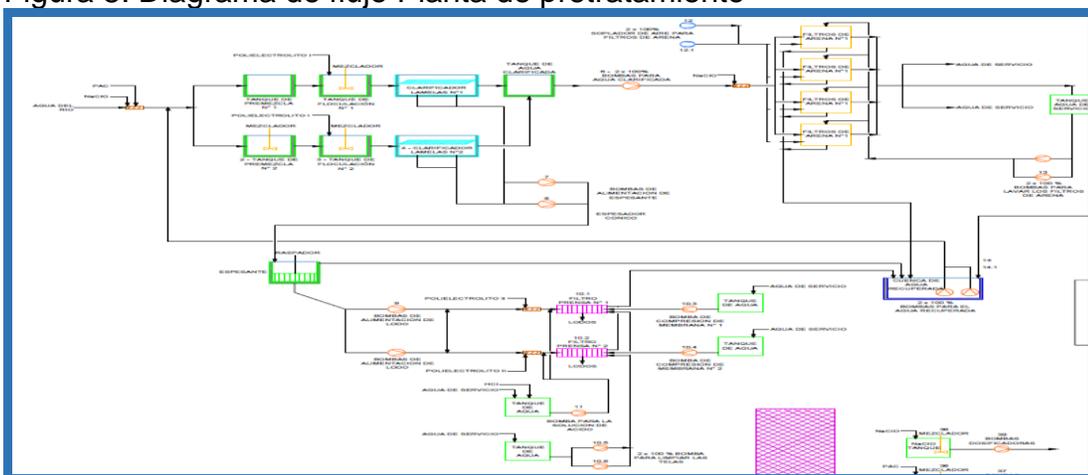
### 1.3 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES EN TERMOZIPA

Para asegurar los parámetros de calidad requeridos en los puntos individuales de extracción para agua de servicio, agua desmineralizada (y lodos, como residuos producto), el proceso consta de tres secciones, pretratamiento, desmineralización y dosis química.

Cada sección está equipada con equipos rotativos y estáticos que permiten el correcto funcionamiento de todo el sistema, tales como estaciones de bombeo, reductores, sopladores, bombas sumergibles, sistemas de dosificación química, tuberías, tanques de almacenamiento y tanques intermedios, cada sección está interconectada, lo que permite el suministro y la recepción de los recursos utilizados y producidos en los distintos módulos de proceso.

**1.3.1 Planta de pretratamiento.** El pretratamiento es un proceso de tratamiento químico y físico del agua de río proveniente de las bombas 30GHA10AP001 y 50GHA10AP001. Consiste en eliminando los sólidos, remoción de sustancias suspendidas tales como compuestos orgánicos, partículas sedimentadas y metales pesados. Para mejorar la eficiencia de este proceso, NaClO, Coagulante y polielectrolitos se añaden para facilitar la producción del agua industrial/de servicio y posteriormente de agua desmineralizada. Ver ANEXO F

Figura 8. Diagrama de flujo Planta de pretratamiento



El autor

El agua pasa por el mezclador estático 00GCB11AM005 donde el hipoclorito de sodio y el policloruro de aluminio se dosifican mediante bombas 00GCN11AA903 de NaClO (o bomba de reserva 00GCN11BP001) y bombas dosificadoras PAC 00GCN12AA203 (o bomba de reserva 00GCN12AA2035). así como la adición de polielectrolitos I en tanque floculación con bomba dosificadora 00GCR12AP015.

La inyección de NaClO y PAC en tanque ayuda así a la precipitación y remoción de materia orgánica y partículas en suspensión por medio de agitador 00GCB11AM001.

Figura 9. Floculación en pretratamiento



Planta de agua

El proceso de floculación transforma las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico en otras suspendidas y visibles por medio de la agitación realizada por mezclador 00GCB11AM002. El polielectrolito ayuda aún más al proceso de precipitación aumentando el tamaño de las partículas y formando aglomerados insolubles. Obteniendo así una fase líquida y una sólida las cuales son separadas en clarificadores lamella almacenando el agua clarificada en tanque y lodos en espesador cónico.

El objetivo de los filtros de arena es eliminar sólidos en suspensión en agua clarificada impulsada por bombas 00GCB11AP001- 00GCB11AP002 cada unidad de filtro consta de un recipiente de acero que alberga una doble capa lecho filtrante (antracita + arena). Una placa inferior interna de coladores, sobre los cuales yace una capa de grava.

Tres filtros de arena están en funcionamiento mientras que uno está en espera. los filtros normalmente se lavan a contracorriente con agua de servicio para despegar materia en suspensión y llevar partículas suspendidas a disposición, en un tiempo preestablecido de una vez al día por medio de dos (1+1) bombas de retrolavado 00GCB11AP001-AP002 y dos (1+1) sopladores de aire 00GCC11AN003-M01-M015. Los lodos producidos en los clarificadores lamella N1,2 son trasladados por

bombas 00GCS11AP001- AP002 y tratados en espesador EP009AC021 para aumentar la concentración de lodos entre 5 - 7%.

El lodo espesado se secará mediante filtros prensa 00GCS11AW001. Estos son diseñados para tratar la cantidad total de lodos producidos en 24 h en un tiempo máximo de 9 h. Los filtros-prensa están en funcionamiento solo durante el turno de día durante 5 días a la semana, los filtros-prensa están ubicados en un edificio para permitir la descarga de los lodos directamente en los tanques de recolección. El agua separada del espesador y el filtro prensa se recupera en el tanque de agua recuperada y luego se recircula por bombas de agua recuperada 00GCS11AP007-8 en la tubería de entrada del proceso de clarifloculación.

Figura 10. Registro fotográfico equipos rotativos pretratamiento I



El autor

Las figuras 10,11 muestran los equipos rotativos en área de pretratamiento. Contando esta área con un total de 50 equipos de los cuales, 20 son motores, 16 son bombas,6 son reductores,6 guías, placas, apoyos,2 son sopladores.

Figura 11. Registro fotográfico equipos rotativos pretratamiento II



El autor

**1.3.1.1 Lubricación de equipos rotativos en pretratamiento.** Los lubricantes empleados actualmente son aceites y grasas, Los métodos de lubricación que se utilizan en la planta de agua son: Auto lubricación, lubricación manual, lubricación por baño de aceite.

La auto lubricación es utilizada en planta de agua para rodamientos obturados y engrasados de por vida, La lubricación manual es realizada por pistola engrasadora en graseras de motores eléctricos. La lubricación por baño de aceite en bombas y reductores de velocidad. Los sistemas automáticos de lubricación de un punto están asociados al filtro prensa del sistema.

Los proveedores principales de lubricantes para la planta son Shell-Mobil sean de tipo mineral o sintéticos. En la siguiente tabla son relacionados los códigos, equipos, componentes con el respectivo aceite o grasa empleado.

Tabla N 11. Códigos, equipos, componentes y lubricantes planta de pretratamiento

CODIGO	SERVICIO-EQUIPO	COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO
30GHA10AP001	1.Bombas ingreso de agua a planta	Motor Weg W22 IE31 Bomba Robuschi RNS 80-2002I	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
50GHA10AP001	1.1Bomba ingreso de agua a planta	Motor Weg W22 IE31 Bomba Robuschi RNS 80-2002I	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCB11AM001	2.Tanque de premezcla (Mezclador)	Motor ABB-M3BP80MLC4 Reductor Quantis KKS:00GCB11AM002/SMBS	Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCB11AM002	3.Tanque de floculación (Mezclador)	Motor ABB-M3BP80MLC4 Reductor Quantis KKS:00GCB11AM002/SMBS	Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCB11BB003	4.Clarificador lamella (Mezclador)	N/A	N/A
00GCB11AP001	5.Bomba centrifuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3 Bomba Robuschi RNS 80-200	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCB11AP002	6.Bomba centrifuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3 Bomba Robuschi RNS 80-200	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCS11AP001	7.Bomba centrifuga alimentación espesador	Motor Weg W22 IE3 Bomba Robuschi- RKNS 32-20	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCS11AP002	7.1 Bomba centrifuga alimentación espesador	Motor Weg W22 IE3 Bomba Robuschi- RKNS 32-20	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
EP009AC021	8.Mezclador para espesador cónico	Motor ABB M3BP80MLC4 Reductor Estruagua XCS0-1806900	Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Mobil Glygoyle HE 460
00GSC11AP001	9. Bomba para alimentación de lodos	Motor ABB-M3AA132MA-4 Reductor sin fin corona Siti 60126972 Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2	Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220 Aceite shell Tivela 320
00GSC11AP002	9.1 Bomba para alimentación de lodos	Motor ABB-M3AA132MA-4 Reductor sin fin corona Siti 60126972 Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2	Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220 Aceite shell Tivela 320
00GCS11AW001.	10.1 Filtro prensa	Guías deslizantes Placas deslizantes Apoyos Cadena de transporte de placas Apoyos de medidores de presión	Athesia EP2 Hydrus oil 46
00GCS11AW002	10.2 Unidad de control hidraulico	Motor Weg W22 IE3 Reductor sin fin corona Siti 60126972 Tanque de la unidad hidráulica	Grasa Mobil polirex EM Aceite Shell Omala 220 Hydrus oil 46
00GCR12AP011	10.3 Bomba de compresión de membrana	Motor Siemens 1AV3105B Bomba Hidraulica Diefenbach	Grasa Esso unirex N3, lubricados de por vida Hydrus oil 46
00GCR12AP013	10.4 Bomba para limpiar las telas	Motor Siemens 1AV3105B Bomba de pistón Pratisoli KT 30-18157049	Grasa Esso unirex N3, lubricados de por vida Aceite Mobil Dte Oil Bb
00GCR12AP015	11. Bomba para la solución de acido	Motor Siemens 1AV3105B Bomba centrifuga Debem MB155PTSVS	Grasa Esso unirex N3, lubricados de por vida
00GCC11AN001-MO1	12. Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Grasa Mobil polirex EM Aceite shell tellus 150
00GCC11AN002-M01	12.1 Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Grasa Mobil polirex EM Aceite shell tellus 150
00GCP11AP001	13.Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02 Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160	Mobil polirex EM Aceite mineral de viscosidad ISO 68-- Aceite Shell Tellus 46
00GCP11AP002	13.1 Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02 Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160	Mobil polirex EM Aceite mineral de viscosidad ISO 68-- Aceite Shell Tellus 46
00GCS11AP007	14. Bomba para el agua recuperada	Bomba sumergible ZUG V065A5_5/2AWR125	Cepsa Elekoil U-HV
00GCS11AP008	14.1 Bomba para el agua recuperada	Bomba sumergible ZUG V065A5_5/2AWR125	Cepsa Elekoil U-HV

El autor

**1.3.2 Planta de desmineralización.** Su función es tratar el agua de servicio/industrial proveniente del tanque para obtener agua desmineralizada, en la siguiente figura y anexo F se muestra el diagrama de flujo para esta sección.



La electrodesionización (EDI) llevada a cabo en los trenes Edi 1,2,3 para agua desalinizada procedente de tanque por medio de las bombas de alimentación edi 00GCF12AP021-00GCF13-14,obteniendo producto final agua desmineralizada la cual será enviada a calderas para dar inicio a producción de vapor y finalmente la generación eléctrica. .

La electrodesionización (EDI) retira sales que no fueron retiradas en osmosis inversa, dióxido de carbono, sílice disuelta y amonio. En este proceso intervienen resinas de intercambio iónico,membranas semipermeables aniónicas y catiónicas alternas y una corriente eléctrica continua (normalmente inferior a 0,1 a 0,2 kWh·m<sup>3</sup> de producto), entre dos electrodos ( cátodo y ánodo). El agua procedente de osmosis inversa, atraviesa los trenes donde debido al potencial eléctrico aplicado a los electrodos se provoca la migración de los iones, produciéndose la des ionización y enviando asi los iones al compartimiento del concentrado. El siguiente registro fotográfico muestra equipos rotativos en área de desmineralización de la planta de agua. La cual está formada por un total de 38 equipos de los cuales son 18 motores,17 bombas,1 reductor,2 sopladores.

Figura 13. Registro fotográfico equipos rotativos área desmineralización



El autor

A continuación son relacionados los códigos, equipos-servicio, componente con el respectivo aceite o grasa lubricante empleado en área de desmineralización.

Tabla 12. Códigos, equipos, componentes y lubricantes Planta desmineralización

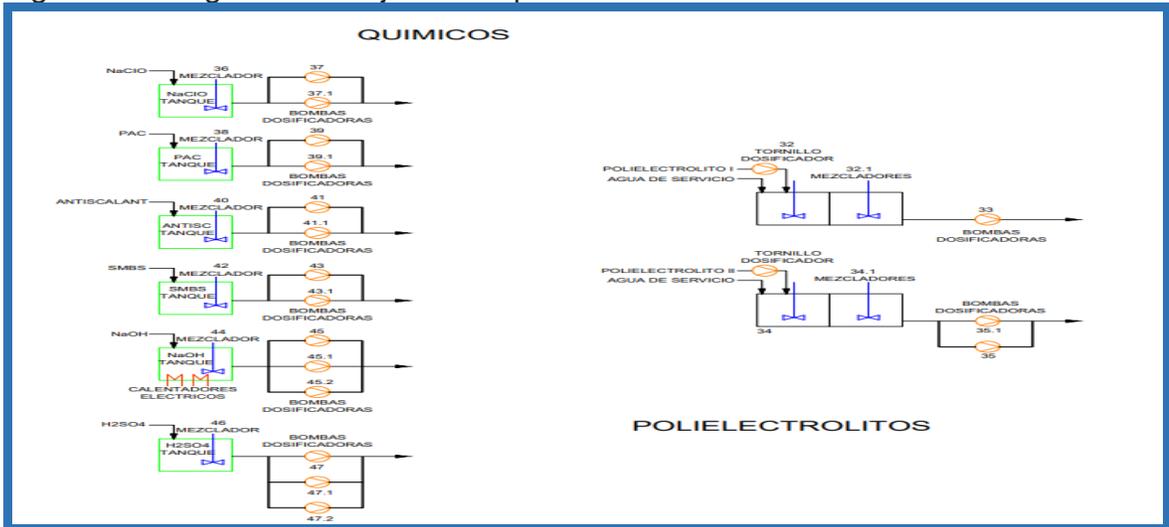
CODIGO	EQUIPO--SERVICIO	COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO
00GCF11AP001	15. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N1	Motor Weg -W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-160	Mobil polirex EM Aceite mineral de viscosidad ISO 68--Aceite Shell Tellus 46
00GCF12AP001	16. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N2	Motor Weg -W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-160	Mobil polirex EM Aceite mineral de viscosidad ISO 68--Aceite Shell Tellus 46
00GCF13AP001	17. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N3	Motor Weg -W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-160	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
	18. Tanque de almacenamiento agua filtrada	N/A	
00GCP12AP001. Lavar uf	19. Bomba para Lavar ultrafiltración UF	Motor Weg -W22 IE3 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCP12AP002 Lavar uf	19.1 Bomba para Lavar ultrafiltración UF	Motor Weg -W22 IE3 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF11AP011	20. Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3 -225S/M02 Bomba Robuschi RNS 40-250	Mobil polyrex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF12AP011	21. Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N2	Motor Weg W22 IE3-225S/M02 Bomba Robuschi RNS 40-250	Mobil polyrex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF13AP011	22. Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N3	Motor Weg W22 IE3-225S/M02 Bomba Robuschi RNS 40-250	Mobil polyrex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCP13AP001	23. Bombas de lavado osmosis inversa OI N1	Motor Weg -W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCP13AP002	24. Bombas de lavado osmosis inversa OI N2	Motor Weg -W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCP14AP001	25. Mezclador CIP	Motor Weg W22 IE3-132M-02 Reductor Helicoidal	Mobil polirex EM Aceite Shell Omala 220
00GCP14AP002	26. Bomba para el CIP N1	Motor Weg W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF11AP021	27. Bomba para el CIP N2	Motor Weg W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polirex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF12AP021	28. Bomba de alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3--132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polyrex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF13AP021	29. Bomba de alimentación EDI N2	Motor: Weg W22 IE3-132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polyrex EM Aceite Shell Tellus 46
00GCF14AP021	29.1 Bomba de alimentación EDI N3	Motor: Weg W22 IE3--132M-02 Bomba Robuschi RNS 32-16	Mobil polyrex EM Aceite mineral de viscosidad ISO 68 Shell Tellus 46
00GCR12 AP001	30. Bomba para la cuenca de neutralización N1	Bomba sumergible ZUG V065A5 ,5/2AWR125	Cepsa Elekoil U-HV
0GCR12 AP002	30.1 Bomba para la cuenca de neutralización N2	Bomba sumergible ZUG V065A5 ,5/2AWR125	Cepsa Elekoil U-HV
00GCC11AN003-M01	31. Soplador de aire	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Grasa Mobil polirex EM Grasa Kluber Petamo GY 193
00GCC11AN003-M01	31.1 Soplador de aire	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Grasa Mobil polirex EM Grasa Kluber Petamo GY 193

El autor

**1.3.3 Planta Dosis química.** La planta logra un rendimiento óptimo y consistente cuando los sistemas de dosificación para sustancias químicas funcionan adecuadamente. Para lograr esto se cuenta con los productos químicos que son dosificados por medio de bombas en varios puntos del proceso en planta de tratamiento para lograr agua desmineralizada, inicialmente a la entrada de los tanques de premezclado policloruro de aluminio (PAC), Hipoclorito de sodio (NaClO). En tanques de floculación polielectrolitos I. A la entrada de los filtros de arena Hipoclorito de sodio (NaClO). Entrada de filtro prensa polielectrolitos II. Para lavado de trenes de ultrafiltración ácido sulfúrico, soda caústica, Hipoclorito de sodio. En sumidero de neutralización ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), soda caústica (NaOH), policloruro de aluminio (SMBS) y finalmente para entrada de trenes de

osmosis inversa antiescalante (metabisulfito de sodio), soda caustica (NaOH), policloruro de aluminio (SMBS).Ver ANEXO F

Figura 14. Diagrama de flujo Dosis química



El autor

El sistema de limpieza en sitio (Cleaning In Place-CIP) tiene como objetivo limpiar las membranas de los trenes de ultrafiltración UF, osmosis inversa RO y electrodesionización EDI de todos los compuestos incrustados tales como sólidos en suspensión, incrustaciones orgánicas o inorgánicas y precipitación de sal a través del uso de una solución de limpieza (hidróxido de potasio), sin desmontar o cambiar el estado de funcionamiento del proceso de tratamiento consiste de un tanque de almacenamiento de solución de lavado 00GCP14BB001 equipado con: Una tolva para la carga manual del hidróxido de potasio, un mezclador 00GCP14AP001 para disolución, un calentador eléctrico 00GCP14AH00, un transmisor de nivel LT00GCP14CL001 con indicación local para bombas CIP (00GCP14AP002,00GCF11AP021).

Figura 15. Registro fotográfico equipos rotativos área de químicos



El autor

El anterior registro fotográfico muestra parte de los 54 equipos rotativos en área de dosis química de los cuales son 27 motores, 10 reductores y 17 bombas. a continuación son relacionados los códigos, servicio, componente con el respectivo lubricante.

Tabla 13. Códigos, equipos, componentes y lubricantes Planta de dosis química

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO
00GCN13BR707	32. Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN13-BR7075	32.1 Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCR12AP015	33. Bomba dosificadora de polielectrolitos 1	Motor Siemens 1AV3112A Bomba neumática ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Grasa Esso unirex N3 Grasa Esso unirex N3
00GCR12BB014	34. Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCR12BB0145	34.1 Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCR12BB01455	35. Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor Siemens 1AV3112A Bomba centrífuga ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Grasa Esso unirex N3 Grasa Esso unirex N3
00GCR12BB014555	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor Siemens 1AV3105B Bomba centrífuga ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Grasa Esso unirex N3, lubricados de por vida
00GCN11BB001	36. NaClO Tanque-Hipoclorito de sodio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN11AA903	37. NaClO Dosificador--Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN11BP001	37.1 NaClO Dosificador--Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN12BB01	38. PAC Tanque--Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN12AA203	39. PAC Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN12AA2035	39.1 PAC Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN16BB001	40. Antiescalante Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN16AA204	41. Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN16AA2045	41.1 Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN12AA601	42. SMBS Tanque Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN15BB001	43 SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Grasa Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN15BB001	43.1 SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor WEG-W22 IE3 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Grasa Mobil polirex EM Aceite Mobil Nuto H32
00GCN17BB001	44. NaOH Tanque--Soda caustica (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Shell Omala 220
00GCN17AA401.	45. NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN17AA404	45.2 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN18BB001	46. H2SO4 Tanque--Acido sulfúrico (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3 Aceite Mobil Spartan EP220
00GCN18AA213	47. H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN18AA902	47.1 H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Lubricados de por vida Esso Unirex N3 Aceite Mobil Nuto H32
00GCN18AA905	47.2 H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor WEG-W22 IE3 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Grasa Mobil polirex EM Aceite Mobil Nuto H32

El autor

## 2. ANÁLISIS DE MODOS EFECTOS DE FALLAS Y CRITICIDAD PARA EQUIPOS ROTATIVOS

El FMECA tiene como objetivo desarrollar las etapas señaladas en la siguiente tabla para de esta manera conocer más a fondo las características funcionales de los equipos e identificar cuáles son críticos durante el proceso de tratamiento, para así señalar alternativas y mejorar la disponibilidad de los sistemas pretratamiento, desmineralización y dosis química.

**Tabla 14. Etapas de desarrollo del procedimiento FMECA**

Funciones primarias y secundarias de los equipos	En el capítulo I se describió el diagrama de flujo en la planta
Fallas funcionales reales y potenciales conocidas	Identificar todos los estados indeseables de los equipos. Están directamente relacionados con las funciones deseadas.
Modos de fallas	Posible causa que provoca falla
Evaluar las consecuencias	Señalar criticidad de los equipos rotativos que hacen parte de la planta de agua
Evaluar RPN	Señalar numero prioritario de riesgo
Establecer las acciones	Señalar tareas de mantenimiento de los equipos rotativos que hacen parte de la planta de agua
Cumplir tareas	
Determinar nuevamente criticidad y RPN para replantear acciones	

### Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

La siguiente tabla desarrolla las etapas señaladas anteriormente para la sección de pretratamiento. Para las etapas de desmineralización y dosis química son ilustradas en Anexo A y B respectivamente.

Tabla 15. Funciones, fallas, modos de falla y efectos de falla planta pretratamiento

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla
30GHA10AP001	1.Bomba ingreso de agua a planta	Motor Weg W22 IE31	Succionar agua de rio y descargar en planta de agua, Motor a 440V ,3600 rpm y 60 KW. Bomba transmitir 60 KW , con caudal 5.830 L/min)	Motor no arranca	Motor mal conectado Daño en cableado Falta de energía eléctrica.	No se da inicio a la etapa pretratamiento ,bombas deben generar caudal 5.830 L/min)
		Bomba Robuschi RNS 80-2002I		No se entrega agua	Tubería de succión obstruida Bomba no fue cebada Impulsor obstruido	
50GHA10AP001	1.1Bomba ingreso de agua a planta	Motor Weg W22 IE31	Succionar agua de rio y descargar en planta de agua, Motor a 440V ,3600 rpm y 60 KW. Bomba transmitir 60 KW , con caudal 5.830 L/min)	Ruidos retumbante	Material extraño entre rotor-estator Alto voltaje rotor excéntrico	No se da inicio a la etapa pretratamiento ,bombas deben generar caudal 5.830 L/min)
		Bomba Robuschi RNS 80-2002I		La bomba arranca y luego deja de bombear	Impulsor roto impulsor desequilibrado Aire en línea de succión	
00GCB11AM001	2.Tanque de premezcla(Mezclador)	Motor ABB-M3BP80MLC4	Motor a 440V ,1800 rpm y 0,75 kW. El reductor transmitir 0,75 kW de potencia, con torque 836 Nm,rel 83,5:1.	Potencia de motor inferior a 0,75 kW	Baja tensión Desalineación del eje	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,75 KW con torque 836 Nm y relación de reducción 83,5:1.
		Reductor Quantis KKS:00GCB11AM002/SM BS		No hay agitación	Trenes de transmisión incompletos Rodetes mal instalados	
00GCB11AM002	3.Tanque de floculación(Mezclador)	Motor ABB-M3BP80MLC4	Transformar las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico en otras suspendidas y visibles por medio de la agitación --Motor a 440V ,1800 rpm y 0,55 kW. Reductor transmitir 0,55 kW de potencia, con torque 404 Nm,rel 42,06:1.	Motor vibra	Conjunto motor- reductor desalineado Motor mal anclado a base	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico no son y visibles por inadecuada agitación
		Reductor Quantis KKS:00GCB11AM002/SM BS		Ruido excesivo en reductor	Eje torcido reductor Deterioro de piñones Anillos seeger no fueron instalados en caja reductora	
00GCB11B8003	4.Clasificador lamella (Mezclador)	N/A	Obtener una fase líquida (Agua clarificada) y una fase sólida (Lodos),obtener 10 ppm de sólidos en suspensión en salida de clarificador lamella			No se obtienen las 10 ppm solicitadas de sólidos en suspensión en salida de clarificador lamella
00GCB11AP001	5. Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Succionar agua clarificada de tanque y descargar en filtros de arena, Motor a 440V ,3600 rpm y 45 Kw. La bomba transmitir 45 kW de potencia	Alta temperatura en rodamientos	Poca grasa Frecuencia de cambio de grasa inadecuada Mucha grasa	Agua y lodos no son separados adecuadamente. Motor no genera gira a 3600 rpm ni potencia de 45 KW. Reducción de vida útil de motor y bomba
		Bomba Robuschi RNS 80-200		Perdida de material en cuerpo de bomba	Material de bomba no es compatible con químicos Material abrasivo arrastrado en agua Componentes de bomba no son los solicitados a compras	
00GCB11AP002	6. Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Succionar agua clarificada de tanque y descargar en filtros de arena--Motor a 440V ,3600 rpm y 45 Kw. Bomba a 45 kW	Motor no arranca	Alimentación con una sola fase	No hay descarga de agua en filtros
		Bomba Robuschi RNS 80-200		Bomba no arranca	Desgaste prematuro de rodamientos	
00GCS11AP001	7. Bomba centrífuga alimentación espesador	Motor Weg W22 IE3	Trasladar lodos producidos desde clarificadores lamella N1,2 hasta espesador--Motor a 440V , 1800 rpm y 2,2 Kw. Bomba a 2,2 kW	No hay succión ni descarga	Motor no está conectado a 440v Motor no gira a 1800 rpm Bomba no transmite potencia de 2,2 KW	No se obtiene el caudal requerido de 7.000 L/h
		Bomba Robuschi- RKNS 32-20				
00GCS11AP002	7.1 Bomba centrífuga alimentación espesador	Motor Weg W22 IE3	Trasladar lodos producidos desde clarificadores lamella N1,2 hasta espesador--Motor a 440V ,1800 rpm y 2,2 Kw. Bomba a 2,2 kW	Motor se para bruscamente	Grasa no es del tipo recomendado Alimentación con una sola fase	No se obtiene el caudal requerido de 7.000 L/h.Aumento de consumo de energía.Lodos producidos en clarificadores lamella N1,2 no son trasladados a espesador
		Bomba Robuschi- RKNS 32-20		Perdida de material en bomba	Cavitación Material abrasivo en agua	
EP009AC-AP021	8.Mezclador para espesador cónico	Motor ABB M3BP80MLC4	Extracción de lodos por decantación, mediante el accionamiento del eje central que va provisto de hélices que van arrastrando los lodos--Motor a 440V ,1800 rpm y 7,5 kW. Reductor transmitir 7,5 kW de potencia, con torque 404 Nm, relación 40:1.	Motor presenta alta temperatura	Rodamientos no fueron sustituido en motor Contaminación de grasa Referencia de rodamiento no corresponde	Motor no genera las 1800 rpm necesarias para proceso de extracción de lodos en espesador.No hay transmisión de potencia motor-reductor de 7,5 KW con torque 404 Nm y relación de reducción 40:1.
		Reductor Estruagua XC50-1806900		No hay giro de las hélices en agitador	Motor-reductor se encuentran desacoplados	
00GSC11AP001-	9. Bomba para alimentación de lodos	Motor ABB-M3AA132MA-4	Trasladar lodos desde espesador hasta filtro prensa N1,--Motor a 440V ,1800 rpm y 7,5 kW. El reductor transmitir 7,5 kW de potencia, con torque 224 Nm, relación 3,26:1.	Zumbido excesivo motor	Alto voltaje Entrehierro descentrado	Sobrecalentamiento de la resistencia. Rozamiento entre rotor y estator perdida de potencia.
		Reductor sin fin corona Siti 60126972		Fugas de aceite	Retenedores del eje desgastados Retenedores no son del tipo	
		Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2		La bomba hace ruidos extraños	Elementos extraños dentro de carcasa Carcasa mal ajusta	Deterioro de impulsor y carcasa de bomba equipo queda fuera de línea de producción Aumento en consumo de energía-potencia de descarga no es la deseada
00GSC11AP002	9.1 Bomba para alimentación de lodos	Motor ABB-M3AA132MA-4 Reductor sin fin corona	Trasladar lodos desde espesador hasta filtro prensa N1,--Motor a 440V ,1800 rpm y 7,5 kW. Reductor transmitir 7,5 kW con torque 224 Nm, relación 3,26:1.	Accionamiento no arranca	Adhesión entre rotor y estator Reductor no trasmite 7,5 kW	No se obtiene movimiento a 1800 rpm y potencia de 7,5

		Siti 60126972				kW.
		Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2			Reductor no desarrolla torque 224 Nm, ni relación 3,26:1.	
00GCS11AW001.	10.1 Filtro prensa	Guías deslizantes Placas deslizantes Apoyos Cadena de transporte de placas Apoyos de medidores de presión	Secar-Exprimir lodos provenientes de espesador	La placas deslizantes no se desplazan por apoyos debido a la inadecuada transmisión de movimiento	Guías deslizantes ,placas deslizantes y apoyos con restos de polvo y tierra. Daño en eslabones de cadena, piñón de engranaje deteriorado	No hay separación de líquidos y sólidos de lodos provenientes de espesador
00GCS11AW002	10.2 Unidad de control hidráulico	Tanque de la unidad hidráulica Motor siemens 1AV3105B Bomba Hidráulica	Motor a 440V ,900 rpm y 7,5 kW. Generar presión 40Bar -580,15 Psi	Tanque con fuga Ventilador bloqueado Agarrotamiento	Defectología en soldaduras aplicadas en cuerpo de tanque Elementos extraños entre hélices Velocidad superior a 900 rpm	Retraso en producción de agua tratada
00GCR12AP011	10.3 Bomba de compresión de membrana	Motor siemens 1AV3105B Bomba Grundfos CR5-16-A-FGJ-A-E-HQQE	Motor a 440V ,3600 rpm y 5,5 Kw. Bomba transmitir 5,5 kW	El motor no funciona La bomba no desarrolla un rendimiento constante.	Fallo del suministro eléctrico Estator dañado Tanque para succión de agua con bajo nivel La bomba aspira aire	Equipo reduce mtbf
00GCR12AP013	10.4 Bomba para limpiar las telas	Motor siemens 1AV3105B Bomba de pistón Pratisoli KT 30-18157049	Motor a 440V ,1800 rpm y 15 Kw. Bomba a 15 kW	Recalentamiento de motor La bomba se recalienta	Ventilación inadecuada Sobre voltaje Aceite no es del tipo recomendado bomba Alineación de bomba-motor no es la adecuada	Accionamiento protección eléctrica, motor sale de línea de producción Bomba no desarrolla 15 kW ,potencia necesaria para proceso de limpieza de telas.
00GCR12AP015	11. Bomba para la solución de ácido	Motor siemens 1AV3105B Bomba centrífuga Debem MB155PTSVS	Motor a 440V ,900 rpm y 4 Kw. Bomba transmitir 4 kW	Motor quemado La bomba no succiona	Desgaste en cables de alimentación Tensión elevada La bomba no desarrolla potencia esperada de 4Kw Torque insuficiente en juntas bridadas	Equipos fuera de línea de producción
00GCC11AN001-MO1	12. Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Limpiar filtros de arena N 1,2,3. Motor a 440V ,900 rpm y 11 Kw. Soplador a 11 kW para impulsar aire.	Daños en rodamientos No hay transmisión de movimiento motor-soplador	Grasa no es del tipo recomendado Poca grasa Incompatibilidad de grasa Correa deteriorada Correa suelta	No se logra el flujo de aire requerido 240 m³/h-140 cfm para lavar filtros de arena
00GCC11AN002-MO1	12.1 Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Limpiar filtros de arena N 1,2,3. Motor a 440V ,900 rpm y 11 Kw. Soplador a 11 kW para impulsar aire.	Recalentamiento de motor Válvula de alivio no cierra	Rotor roza el estator Ventilación inadecuada Sobre voltaje Válvula está mal calibrada Válvula no está calibrada	No se logra el flujo de aire requerido 240 m³/h-140 cfm para lavar filtros de arena
00GCP11AP001	13. Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02 Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor a 440V ,3600 rpm y 15 Kw. Bomba a 15 kW	Conjunto motor bomba no arranca	Motor no tiene alimentación eléctrica Inadecuada conexión en motor Nivel bajo de aceite en bomba	No se logra el caudal de agua requerido 22500 L/h- para lavar filtros de arena
00GCP11AP002	13.1 Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02 Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor a 440V ,3600 rpm y 15 Kw. Bomba a 15 kW	Vibración Bomba no genera potencia de 15 kW	Motor no está anclada adecuadamente Contaminación de grasa Rodamientos no fueron sustituido en bomba Contaminación de aceite	No se logra el caudal de agua requerido 22500 L/h- para lavar filtros de arena
00GCS11AP007	14. Bomba para el agua recuperada	Motor Zenit BJ2356-LJ Bomba sumergible ZUG V065A5 ,5/2AWR125	Recircular agua separada del espesador - filtro prensa y filtros de arena al proceso de clarifloculación. --Motor a 440V ,900 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Motor no arranca Bomba no arranca	Motor golpeado durante instalación Cables de alimentación rotos Bomba golpeada durante instalación	Rebose de tanque sumidero por no poder ser recirculada agua recuperada a inicio del proceso de tratamiento.
00GCS11AP008	14.1 Bomba para el agua recuperada	Motor Zenit BJ2356-LJ Bomba sumergible ZUG V065A5 ,5/2AWR125	Recircular agua separada del espesador - filtro prensa y filtros de arena al proceso de clarifloculación. --Motor a 440V ,900 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Motor no gira a 900 rpm Potencia de bomba inferior a 5,5 KW	Rotor no gira libremente Motor mal conectado Impulsor no gira libremente	Rebose de tanque sumidero por no poder ser recirculada agua recuperada a inicio del proceso de tratamiento.

## 2.1 CATEGORÍA DE MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS

Cada modo de falla identificado debe ser evaluados según sus efectos. Fallos ocultos **FO** aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla.

Tabla 16. Impacto por fallas ocultas

ITEM	F.O	VALOR
A	No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0
B	Existe una baja posibilidad de que la falla No sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	1
C	En condiciones normales la falla siempre será oculta y generara fallas múltiples posteriores	2
D	Existe una baja posibilidad de que la falla SI sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
E	La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples graves en el sistema	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Efectos en SF riesgo a personas (accidentes, incidentes ocurridos en proceso)

Tabla 17. Impacto en la seguridad.

ITEM	S.F	VALOR
A	No afecta personas ni equipos	0
B	Afecta a una persona y es posible que genere incapacidad de tipo temporal	1
C	Afecta de 2 a 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2
D	Afecta a más de 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente	3
E	Genera incapacidad permanente o la muerte, a una o más personas	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Efectos en medio ambiente (contaminación por gases, grasas, lubricantes)

Tabla 18. Impacto al medio ambiente.

ITEM	M.A	VALOR
A	No afecta el medio ambiente	0
B	Afecta al MA pero se puede controlar, no daña el ecosistema	1
C	Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema, es reversible en menos de 6 meses con un valor inferior a 5.000 dólares	2
D	Afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema .Es reversible en menos de tres años con un valor inferior a 50.000 dólares	3
E	Afecta los recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en más de tres años. Su impacto social y ecológico es superior a los 50.000 dólares	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Efectos en imagen corporativa (pérdida de credibilidad ante clientes)

Tabla 19. Impacto a la imagen corporativa.

ITEM	IC	VALOR
A	No es relevante	0
B	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1
C	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares	2
D	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión entre 1.000 y 10.000 dólares	3
E	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos inversión mayor 10.000 dólares, puede ser irreversible	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Efectos en costo de reparación OR (incremento por mantenimientos correctivos)

Tabla 20. Impacto por costo de reparación.

ITEM	OR	VALOR
A	Entre 1 y 50 dólares	0
B	Entre 51 y 500 dólares	1
C	Entre 501 y 5.000 dólares	2
D	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3
E	Mayor de 50.001 dólares	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Efectos en los clientes OC (pérdida económica de clientes por entregas tardías o de productos en mal estado)

Tabla 21. Criticidad de equipos por efectos en los clientes.

ITEM	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	VALOR
A	Entre 1 y 50 dólares	0
B	Entre 51 y 500 dólares	1
C	Entre 501 y 5.000 dólares	2
D	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3
E	Mayor de 50.001 dólares	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

**2.1.1 Valoración de criticidad pretratamiento.** La valoración de criticidad se da por medio de la siguiente ecuación partiendo del impacto señalado en tablas anteriores.

$$\text{Criticidad} = C = (FO * KFO) + (SF * KSF) + (MA * KMA) + (IC * KIC) + (OR * KOR) + (OC * KOC)$$

Donde:

KFO=0,05=5%

KSF=0,20=20%

KMA=0,10=10%

KIC=0,30=30%

KOR=0,30=30%

KOC=0,05=5%

Para la criticidad valorada se tiene:

Tabla 22. Parámetros para establecer la criticidad

RANGO
≥2,71 Critico ≤4
≥1,41 Semi critico ≤2,7
≥0 No critico ≤1,4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

A continuación, cada una de los modos de falla con la respectiva valoración de criticidad y numero prioritario de riesgo para los equipos rotativos que conforman el área de pretratamiento, la valoración de criticidad y numero prioritario de riesgo para desmineralización y dosis química se adjunta en Anexo C y Anexo D respectivamente.

Tabla 23. Valoración de criticidad y numero prioritario de riesgo pretratamiento

2.COM O FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FO 0,05	V a L o r	SF 0,20	v a l o r	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE MA 0,10	v a l o r	IMAGEN CORPORATIVA IC 0,30	v a l o r	REPARACIÓN OR 0,30	v a l o r	EFFECTO S CLIENTE SOC 0,05	v a l o r	Tota l	Criti cida d	O C U R R E N C I A	v a l o r	D E T E R M I N A C I Ó N	v a l o r	RPN
Motor no arranca	Motor mal conectado	No se da inicio a la etapa pretratamiento ,bombas deben generar caudal 5.830 L/min)	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
	Daño en cableado		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
	Falta de energía eléctrica.		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
No se entrega agua	Tubería de succión obstruida		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	B	2	4,2
	Bomba no fue cebada		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
	Impulsor obstruido		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	A	1	3,6

Ruidos retumbante	Material extraño entre rotor-estator	No se da inicio a la etapa pretratamiento, bombas deben generar caudal 5.830 L/min)	1	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,2	2,2	A	1	A	1	2,2
	Alto voltaje		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	1,5	A	1	B	2	3
	rotor excéntrico		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	A	2	7,2
La bomba arranca y luego deja de bombear	Impulsor roto	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,75 kW con torque 836 Nm y relación de reducción 83,5:1.	1	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,2	2,2	A	1	A	1	2,2
	impulsor desequilibrado		1	E	4	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,35	2,35	A	1	C	3	7,05
	Aire en línea de succión		2	A	1	C	2	B	1	C	2	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 51 y 500 dólares	1	1,5	1,5	A	1	B	2	3
Potencia de motor inferior a 0,75 kW	Baja tensión	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,75 kW con torque 836 Nm y relación de reducción 83,5:1.	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
	Desalineación del eje			C	2	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,15	2,15	A	1	B	2	4,3
No hay agitación	Trenes de transmisión incompletos	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico o no son y visibles por inadecuada agitación	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
	Rodetes mal instalados		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	A	1	3,6
Motor vibra	Conjunto motor-reductor desalineado	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico o no son y visibles por inadecuada agitación	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	B	2	7,2
	Motor mal anclado a base		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
Ruido excesivo en reductor	Eje torcido reductor	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico o no son y visibles por inadecuada agitación	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	B	2	4,2
	Deterioro de piñones		2	E	4	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,05	2,05	A	1	B	2	4,1
	Anillos seeger no fueron instalados en caja reductora		2	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	A	1	A	1	1,9
Alta temperatura en rodamientos	Poca grasa	Agua y lodos no son separados adecuadamente. Motor no genera gira a 3600 rpm ni potencia de 45 kW. Reducción de vida útil de motor y bomba	8	E	4	C	3	C	2	E	4	C	2	D	3	2,95	2,95	C	3	C	3	26,55
	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada		9	E	4	D	3	D	3	D	3	C	2	D	3	2,75	2,75	C	3	C	3	24,75
	Mucha grasa		8	D	3	D	3	D	3	E	4	C	2	D	3	3	3	C	3	B	2	18
Pérdida de material en cuerpo de bomba	Material de bomba no es compatible con químicos	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico o no son y visibles por inadecuada agitación	1	D	3	C	2	C	2	D	3	C	2	D	3	2,4	2,4	A	1	C	3	7,2
	Material abrasivo arrastrado en agua		3	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	2,3	A	1	B	2	4,6
	Componentes de bomba no son los solicitados a compras		1	D	3	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	2,3	A	1	C	3	6,9
Motor no arranca	Alimentación con una sola fase	No hay descarga de agua en filtros	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	1,5	A	1	A	1	1,5
Bomba no arranca	Desgaste prematuro de rodamientos	No hay transmisión de potencia, Motor fuera de línea de producción, Las partículas coaguladas de tamaño submicroscópico o no son y visibles por inadecuada agitación	5	E	4	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,35	2,35	B	2	C	3	14,1
No hay succión ni descarga	Motor no está conectado a 440v	No se obtiene el caudal requerido de 7.000 L/h	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
	Motor no gira a 1800 rpm		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
	Bomba no transmite potencia de 2,2 KW		3	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	A	1	B	2	3,8

Motor se para bruscam ente	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal requerido de 7.000	5	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	2,45	B	2	C	3	14,7
	Alimentación con una sola fase	L/aumento de consumo de energía.Lodos producidos en clarificadores lamella N1,2 no son trasladados a espesador	5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	1,5	B	2	A	1	3
Pérdida de material en bomba	Cavitación	Motor no genera las 1800 rpm necesarias para proceso de extracción de lodos en espesador.No hay transmisión de potencia motor-reductor de 7,5 kW con torque 404 Nm y relación de reducción 40:1.	3	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	2,45	A	1	C	3	7,35
	Material abrasivo en agua		2	B	1	E	4	E	4			3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,9	2,9	A	1	A	1
Motor present a alta temperatura	Rodamientos no fueron sustituido en motor	Motor no genera las 1800 rpm necesarias para proceso de extracción de lodos en espesador.No hay transmisión de potencia motor-reductor de 7,5 kW con torque 404 Nm y relación de reducción 40:1.	6	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	2,45	C	3	B	2	14,7
	Contaminación de grasa		3	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	2,75	A	1	C	3	8,25
	Referencia de rodamiento no corresponde		4	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	2,45	B	2	C	3	14,7
No hay giro de las hélices en agitador	Motor-reductor se encuentran desacoplados		4	B	1		C	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	A	1	3,6
Zumbido excesivo motor	Alto voltaje	Sobrecalentamiento de la resistencia. Rozamiento entre rotor y estator perdida de potencia.	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	1,5	A	1	B	2	3
	Entrehierro descentrado		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
Fugas de aceite	Retenedores del eje desgastados	derrame de aceite. Mayor consumo de lubricante	7	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	C	3	B	2	11,4
	Retenedores no son del tipo		3	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	A	1	B	2	3,8
La bomba hace ruidos extraños	Elementos extraños dentro de carcasa	Daño de impulsor y carcasa de bomba equipo queda fuera de línea de producción	3	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,2	2,2	A	1	B	2	4,4
	Carcasa mal ajusta	Aumento en consumo de energía-potencia de descarga no es la deseada	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8
Accionamiento no arranca	Adhesión entre rotor y estator	No se obtiene movimiento a 1800 rpm y potencia de 7,5 kW.	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	B	2	B	2	7,2
	Reductor no trasmite 7,5 kW		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	B	2	3,6
	Reductor no desarrolla torque 224 Nm, ni relación 3,26:1.		3	C	2	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,85	1,85	A	1	B	2	3,7
La placas deslizantes no se desplazan por apoyos debido a la inadecuada transmisión de movimiento	Guías deslizantes ,placas deslizantes y apoyos con restos de polvo y tierra.	No hay separación de líquidos y sólidos de lodos provenientes de espesador	4		1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	B	2	A	1	3,8
	Daño en eslabones de cadena, piñón de engranaje deteriorado		3	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	1,9	A	1	A	1	1,9
Tanque con fuga	Defectología en soldaduras aplicadas en cuerpo de tanque	Lodos no son separados de agua tratada	1	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	2,3	A	1	A	1	2,3
Ventilador	Elementos extraños entre		2		B	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y	2	Entre 5.001 y	3	2,2	2,2	A	1	B	2	4,4

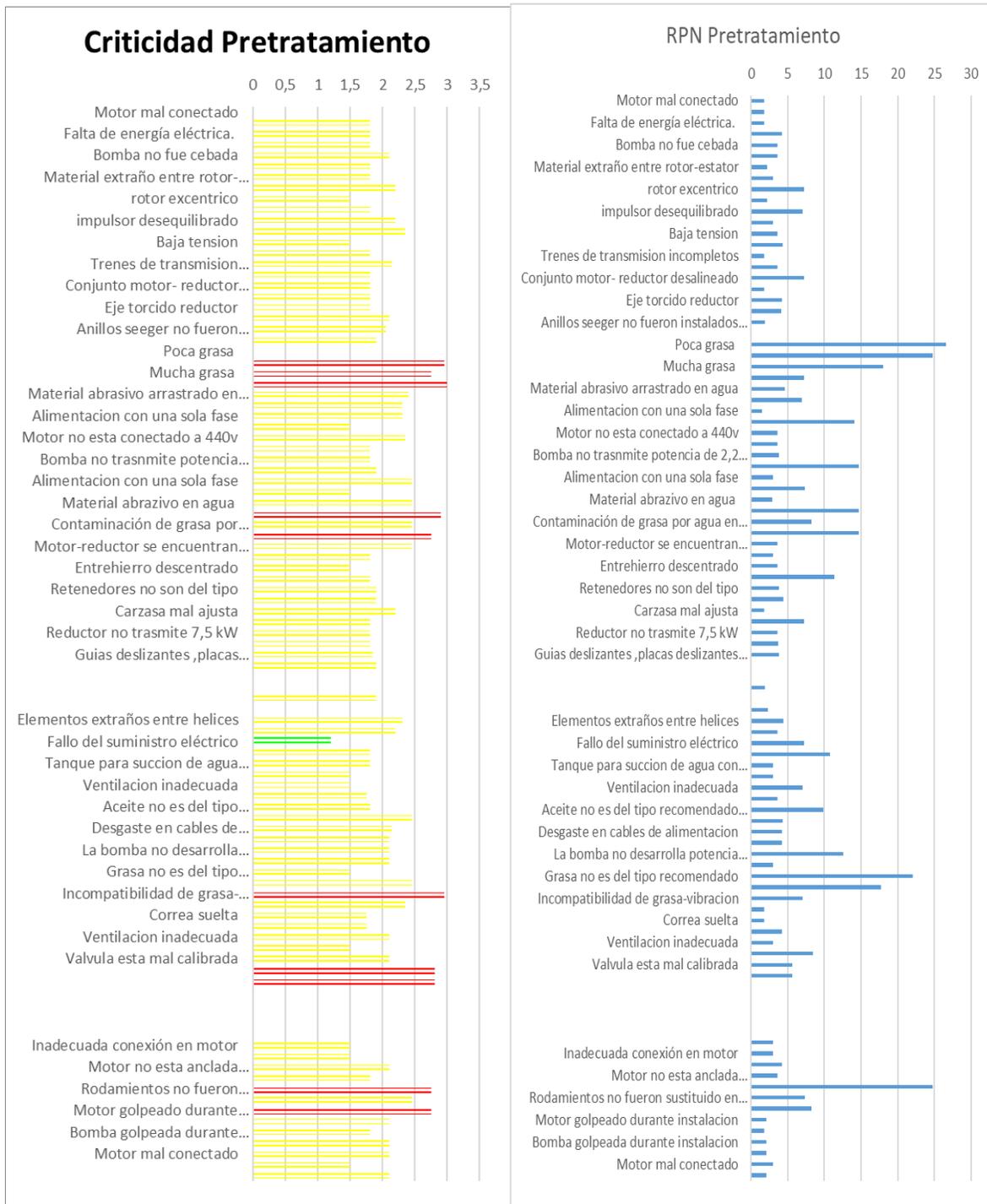


adecuadamente		requerido 22500 L/h- para lavar filtros de arena											dólares	50.000 dólares									
Contaminación de grasa			7	E	4	D	3	D	3	D	3	C	2	D	3	2,75	2,75	C	3	C	3	24,7 5	
Bomba no genera potenci a de 15 kW	Rodamientos no fueron sustituido en bomba		3	E	4	C	2	C	2	D	3	C	2	D	3	2,45	2,45	A	1	C	3	7,35	
	Contaminación de aceite		3	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	2,75	A	1	C	3	8,25	
Motor no arranca	Motor golpeado durante instalación	Rebose de tanque sumidero por no poder ser recirculada agua recuperada a inicio del proceso de tratamiento.	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	A	1	2,1	
	Cables de alimentación rotos		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	1,8	A	1	A	1	1,8	
Bomba no arranca	Bomba golpeada durante instalación		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	A	1	2,1	
Motor no gira a 900 rpm	Rotor no gira libremente	Rebose de tanque sumidero por no poder ser recirculada agua recuperada a inicio del proceso de tratamiento.	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	A	1	2,1	
	Motor mal conectado		5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	1,5	B	2	A	1	3	
Potenci a de bomba inferior a 5,5 kW	Impulsor no gira libremente		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	2,1	A	1	A	1	2,1	

El autor

En la siguiente grafica se observa criticidad vs modos da falla así como criticidad vs numero prioritario de riesgo para el área de pretratamiento, los valores calculados de criticidad y rpn para desmineralización y químicos son graficados en Anexo C y D respectivamente.

Figura 16. Criticidad –RPN planta pretratamiento



El autor

## 2.1.2 Número de prioridad de riesgo. Priorización de la falla.

RPN= Criticidad\*Ocurrencia \*Detección

Tabla 24. Ocurrencia

ITEM	OC	VALOR
A	De 0 a 3 fallas por año	1
B	De >3 a 6 fallas por año	2
C	De >6 a 9 fallas por año	3
D	De >9 a 12 fallas por año	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 25. Detección

ITEM	DT	VALOR
A	Seguro- Siempre se detectarían causas potenciales /mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1
B	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2
C	Baja- Probabilidad para detectar causas potenciales/ mecanismos y modos de fallo subsecuentes	3
D	Nula- No se puede detectar una causa potencial /mecanismo y modos de fallo subsecuentes	4

Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

## 2.2 MODOS DE FALLAS PARA LUBRICACIÓN DE MOTORES ELECTRICOS

La grasa provee una película que previene el contacto metal-metal entre elementos rodantes y las pistas de rodamientos, los modos de falla presentados en motores eléctricos en planta de agua según valoración son poca grasa, mucha grasa, frecuencia de lubricación inadecuada, rodamiento no fue sustituido, referencia o tipo de rodamiento no corresponde, grasa no es del tipo recomendado, contaminación de grasa.

**2.2.1 Poca de grasa.** Esto puede suceder debido a que no se haya agregado suficiente grasa, intervalos de lubricación inapropiados, el aceite se haya separado del espesante base por excesivo calentamiento.

**2.2.2 Mucha Grasa.** Esto puede suceder debido a que no se diferencian las referencias, diámetros internos, diámetros externos, ancho de los diferentes rodamientos empleados lo cual es de gran importancia para determinar la cantidad y frecuencia del lubricante.

Tabla 26. Equipos críticos con poca o mucha grasa

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS FO	Valor	SEGURIDAD FISICA SF	valor	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	valor	IMAGEN CORPORATIVA	valor	COSTO DE REPARACION	valor	EFFECTOS EN LOS CLIENTES	valor	Total	Criticidad	OCURRENCIA	valor	DETECCION	valor	RPN
00GCB11A P001	5.Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Succionar agua clarificada de tanque y descargar en filtros de	Alta temperatura en rodamientos	Poca grasa	Agua y lodos no son separados	8	La falla siempre es de 5	4	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	2	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	2,95	2,95	De >6 a <3	3	Baja- Probabilidad para d	3	26,55
00GCC11A N001-M01	12. Soplador de aire de lobulos	Motor: WEG-W22	Limpiar filtros de arena N.1, 2,3.	Daños en rodamientos	Poca grasa	No se logra el realizado	5	Existe una b	4	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	2	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	2,95	2,95	De >3 a <2	3	Baja- Probabilidad para d	3	17,7
00GCP12A P001 Lavar	19. Bomba para lavar	Motor Weg W22 IE3	Con de la adición de compuestos	Perdida de grasa	Mucha grasa	No es realizado	11	Existe una b	3	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	3	3	De >9 a <4	3	Media- Mediana probabl	2	24
00GCF11A P011	20. Bomba de alta presión.Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3-1225/M02	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V convertir energía	Daño en retenedores	Mucha grasa	Bomba no desarrolla	10	Existe una b	3	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	3	3	De >9 a <4	3	Media- Mediana probabl	2	24
00GCP14A P001	25.Mezclador CIP	Motor Weg W22 IE3-	Mezclar agua de los trenes OI, EDI, UF y	Goteo de grasa por eje de motor	Mucha grasa	La potencia	9	Existe una b	3	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	3	3	De >6 a <3	3	Media- Mediana probabl	2	18
00GCF14A P021	29.1 Bomba de alimentación EDI N3	Motor: Weg W22 IE3-132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para produccion de	Motor se detiene inesperadamente	Mucha grasa	Pérdida de producción, efectos	7	Existe una b	3	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	3	3	De >6 a <3	3	Media- Mediana probabl	2	18
					Poca grasa		7	La falla siem	4	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	2	Afecta la credibilidad de	4	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	2,95	2,95	De >6 a <3	3	Baja- Probabilidad para d	3	26,55

El autor

**2.2.3. Frecuencia de lubricación inadecuada.** La cual según valoración se presenta en motores eléctricos de la línea Weg, en la planta de tratamiento se encontraron los siguientes motores.

Tabla 27. Frecuencia de lubricación inadecuada

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS FO	Valor	SEGURIDAD FISICA SF	valor	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	valor	IMAGEN CORPORATIVA	valor	COSTO DE REPARACION	valor	EFFECTOS EN LOS CLIENTES	valor	Total	Criticidad	OCURRENCIA	valor	DETECCION	valor	RPN
00GCB11A P001	5. Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Succionar agua clarificada de	Alta temperatura en rodamientos	Frecuencia de cambio de grasa	Agua y lodos no	9	La falla siempre es de 5	4	Afecta a más de 5	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	3	Entre 501 y 50.000	2	Entre 5.001 y 50.000	3	2,75	2,75	De >6 a <3	3	Baja- Probabilidad para d	3	24,75
00GCP13A P011	23. Bombas de lavado osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3-132M-02	Lavado continuo de membranas de ósmosis inversa.	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Proceso de lavado con agua	6	La falla siempre es oculta y	4	Afecta a más de 5 personas y	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	3	Entre 501 y 50.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	2,75	De >3 a <2	3	Baja- Probabilidad para d	3	16,5
00GCF13A P021	29. Bomba de alimentación EDI N2	Motor: Weg W22 IE3-132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para produccion de	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Perdida de calidad del agua	8	La falla siempre es oculta y	4	Afecta a más de 5 personas y	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	3	Entre 501 y 50.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	2,75	De >6 a <3	3	Baja- Probabilidad para d	3	24,75
00GNC13-BR707	32.Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB M38P71MLE 4-3GBP	Mezclar agua de servicio con polielectrolito I (Poliacrilico -	Motor no arranca	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	No hay transmisión de potencia	7	La falla siempre es oculta y ocasionara	4	Afecta a más de 5 personas y puede	3	Afecta la disponibilidad de	3	Afecta la credibilidad de	3	Entre 501 y 50.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	2,75	De >6 a <3	3	Baja- Probabilidad para d	3	24,75

El autor

**2.2.4 Rodamiento no fue sustituido.** Modo de falla que está presente en motores eléctricos Lubricados de por vida de las líneas siemens-Motor ABB--Motor Marelli Motor

Tabla 28. Rodamiento no fue sustituido

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS	Va L	SEGURIDAD FISICA SF	IMPACTO AMBIENTAL	IMAGEN CORPORATIVA	COSTO DE REPARACIÓN	EFFECTOS EN CLIENTES	Total	Criticidad	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN
00GCR128B0147	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor siemens 1AV3112A	Dosificar polielectrolito II (sulfonato de	Bomba no transmite 5,5 KW de	Rodamientos no fueron sustituido en motor	Polielectrolitos dosificado	6	La falla siem	4	Genera incap	Afecta los recursos	Afecta la	Entre 5012	Entre 5.001 y 53	3,05	3,05	De >3 a 6	Baja-Prot3	18,3
00GCR128B01	38. PAC Tanque-Policloruro de aluminio	Motor ABB-M38P71MLE4-3GBP	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía	Daño en rodamientos	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No hay transmisión de	7	La falla siem	4	Genera incap	Afecta los	Afecta la	Entre 5012	Entre 5.001 y 53	3,05	3,05	De >6 a 13	Baja-Prot3	27,45
00GCR17AA401.	45. NaOH Dosificador-Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B	Suministrar NaOH a mezclador estatico entrada lavado de	Motor se detiene inesperadamente	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No se obtiene el caudal	4	La falla siem	4	Genera incap	Afecta los	Afecta la	Entre 5012	Entre 5.001 y 53	3,05	3,05	De >3 a 6	Baja-Prot3	18,3

El autor

**2.2.5 Referencia o tipo de rodamiento no corresponde.** Un total de 2 modos de falla se presentaron en motores Siemens, Motor Marelli Motor. Esto ocurre cuando mecánico no tiene a la mano un listado de rodamientos empleados para los motores en planta.

Tabla 29. Referencia, rodamiento no corresponde Motores Siemens, Motor Marelli

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS	Va L	SEGURIDAD FISICA SF	IMPACTO AMBIENTAL	IMAGEN CORPORATIVA	COSTO DE REPARACIÓN	EFFECTOS EN CLIENTES	Total	Criticidad	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN
00GCR128B0147	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor siemens 1AV3112A	Dosificar polielectrolito II (sulfonato de	Bomba no transmite 5,5 KW de	Referencia de rodamiento no corresponde	Polielectrolitos dosificado	10	La falla siem	4	Genera incap	Afecta los	Afecta la	Entre 5012	Entre 5.001 y 53	3,05	3,05	De >9 a 12 fallas por año	Baja-Prot3	36,6
00GCR17AA401.	45. NaOH Dosificador-Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B 14	Suministrar NaOH a mezclador estatico trenes de	Motor se detiene inesperadamente	Referencia de rodamiento no corresponde	No se obtiene el caudal requerido	5	La falla siem	4	Genera incap	Afecta los	Afecta la	Entre 5012	Entre 5.001 y 53	3,05	3,05	De >3 a 6	Baja-Prot3	18,3

El autor

**2.2.6 Grasa no es del tipo recomendado.** Según el análisis de fallas en planta de agua engrasar con la grasa equivocada lleva a fallas prematuras del rodamiento. Para evitar esta condición fueron elaborados listados especificando la grasa utilizada en rodamientos para cada equipo.

Tabla 30. Grasa no es del tipo recomendado.

PLANTA DE PRETRATAMIENTO			ANÁLISIS DE MODOS EFECTOS DE FALLAS Y CRITICIDAD (FMECA)																
CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCIÓN	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS	VALOR	SEGURIDAD FÍSICA SF	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	IMAGEN CORPORATIVA	COSTO DE REPARACIÓN	EFFECTOS EN LOS CLIENTES	Total	Criticidad	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN
00GCN15B00155	43.1 SMBS Dosificador--	Motor WegW22 IE	Motor a 440V convertir energía	No se logra movimiento a 1800	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal	8	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	3,05	De >6 a 3	Baja- Probabilidad para d	3	27,45
00GCN18A4905	47.2 H2S04 Dosificador-- Acido sulfúrico	Motor WegW22 IE3	Suministrar H2SO4 a mezclador estatico entrada cuenta de	Motor no gira a 1.800 rpm, bomba no transmite la	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal	8	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	3,05	De >6 a 3	Baja- Probabilidad para d	3	27,45

El autor

**2.2.7 Contaminación de grasa.** Incluye partículas de maquinado, herrumbre y partículas de desgaste de retenedores y rodamientos, residuos de soldadura, polvo, restos de pintura, además de agua del proceso.

Tabla 31. Contaminación de grasa

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCIÓN	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS	VALOR	SEGURIDAD FÍSICA SF	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	IMAGEN CORPORATIVA	COSTO DE REPARACIÓN	EFFECTOS EN LOS CLIENTES	Total	Criticidad	OCURRENCIA	DETECCIÓN	RPN
EP0094C-AP021	8.Mezclador para espesador conico	Motor ABB M3BP80MILC	Extracción de lodos por decantación,	Motor presenta alta temperatura	Contaminación de grasa	Motor no genera las	3	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	2,75	De >0 a 3	Media- M	3	8,25
00GCP11AP002	13.1Bomba para lavar filtros de	Motor WEG W22 IE3-160L	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor	Vibración	Contaminación de grasa	No se logra el	7	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	2,75	De >6 a 3	Media- M	3	24,75
00GCF12AP021	28.Bomba de alimentación EDI	Motor: Weg W22 IE3--	Ingresar agua desalinizada en	Motor no gira	Contaminación de grasa	Equipos retirados	10	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	2,75	De >9 a 14	Media- M	3	33
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAAT1MB4B	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía	No hay transmisión de movimiento motor-reductor	Contaminación de grasa	No se obtiene el caudal	9	La falla siem	4	0,20	0,05	0,30	0,30	0,05	3,05	De >9 a 14	Media- M	3	36,6

El autor

## 2.3 MODOS DE FALLAS EN BOMBAS Y REDUCTORES DE VELOCIDAD

El aceite lubricante en bombas y reductores de velocidad cumple la función de lubricar, enfriar, proteger contra contaminantes, reducción-control de calor, y prevenir corrosión para que los equipos cumplan su función. De ahí la importancia de identificar, valorar y prevenir.

**2.3.1 Aceite no es del tipo recomendado en bomba o reductor.** Este modo de falla fue identificado en antiescalante tanque metabisulfito de sodio, reductor quantis KKS:00GCN15AM002/SMBS y en SMBS dosificador--policloruro de aluminio bomba doseuro BI-175-18/C-43 DV E.

Tabla 32. Aceite no es del tipo recomendado en bomba o reductor

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS FO	Valor	SEGURIDAD FISICA SF	valor	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE MA	valor	IMAGEN CORPORATIVA IC	valor	COSTO DE REPARACIÓN OR	valor	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	valor	Total	Criticidad	OCURRENCIA	valor	DETECCIÓN	valor	RPN
00GCR12A	10.4 Bomba para limpiar las pistones	Bomba de pistón	Motor a 440V convertir energía	La bomba se recalienta	Aceite no es del tipo recomendado bomba	Bomba no desarrolla	4	La falla siem4	0,05	Afecta de 2 a 2	0,10	Afecta la disponibilidad	2	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	2,45	2,45	De >3 a 42	2	Media-Mediana probabi	2	9,8		
00GCF12A	28.Bomba de alimentación	Bomba Robuschi	Ingresar agua desalinizada en	Desgaste de rodamientos	Aceite no es del tipo recomendado bomba	Equipos retirados	3	La falla siem4	0,05	Afecta de 2 a 2	0,10	Afecta la disponibilidad	2	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	2,45	2,45	De 0 a 31	2	Media-Mediana probabi	2	4,9		
00GCN16B	40 Antiescalante	Reductor	Mezclar agua de servicio con	El aceite genera demasiada espuma	Aceite no es de el tipo recomendado	No hay transmisión	5	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >3 a 42	2	Media-Mediana probabi	2	12,2		
00GCN15B	43. SMBS	Quantis Bomba	Motor a 440V convertir energía	Temperatura elevada	Aceite no es del tipo recomendado bomba	No se obtiene el caudal	1	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De 0 a 31	2	Media-Mediana probabi	2	6,1		

El autor

**2.3.2. Contaminación de aceite en reductor y bomba.** Las fuentes de contaminación en bombas y reductores podrían ser condensación, mezcla de lubricantes, daño de retenedores, deterioro de piñones, agua del proceso, pintura, soldadura.

Tabla 33. Contaminación de aceite en reductor o bomba.

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Fallas por año	FALLOS OCULTOS FO	Valor	SEGURIDAD FISICA SF	valor	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE MA	valor	IMAGEN CORPORATIVA IC	valor	COSTO DE REPARACIÓN OR	valor	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	valor	Total	Criticidad	OCURRENCIA	valor	DETECCIÓN	valor	RPN
00GCP11A	13.1 Bomba para lavar filtros de arena	Bomba ROBUSCHI	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor	Bomba no genera potencia de 15 kW	Contaminación de aceite	No se logra el	3	La falla siem4	0,05	Afecta a más 3	0,10	Afecta la 3	3	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	2,75	2,75	De 0 a 31	1	Baja-Prot	3	8,25		
00GCF11A	20.Bomba de alta presión.Osmosis	Bomba Robuschi RNS	Impulsar agua para retener sales en	Bomba no arranca	Contaminación de aceite	Bomba no desarrolla	7	La falla siem4	0,05	Afecta a más 3	0,10	Afecta la 3	3	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	2,75	2,75	De >6 a 43	3	Baja-Prot	3	24,75		
00GCN13-BR	32.Mezclador polielectrolito 1	Reductor Quantis	Mezclar agua de servicio con	El agitador no se pone en marcha	Contaminación de aceite	No hay transmisión	4	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5112	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >3 a 42	2	Baja-Prot	3	18,3		
00GCN118B	36. NaClO Tanque-Hipoclorito de sodio	Reductor Quantis	Mezclar agua de servicio con NaClO	Temperatura de servicio elevada	Contaminación de aceite	No hay transmisión	8	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5112	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >6 a 43	3	Baja-Prot	3	27,45		
00GCN118P	37.1 NaClO Dosificador--	Bomba Doseuro Bl-	Mezclar agua de servicio con H2SO4	Bomba se detiene inesperadamente	Contaminación de aceite	No se obtiene el	10	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >9 a 14	4	Baja-Prot	3	36,6		
00GCN12AA	39.PAC Dosificador-Policloruro de	Bomba Doseuro Bl-	Suministrar PAC a mezclador estatico	Bomba no transmite	Contaminación de aceite	No se obtiene el	7	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >6 a 43	3	Baja-Prot	3	27,45		
00GCN168B	40 Antiescalante Tanque	Reductor Quantis	Mezclar agua de servicio con	El aceite genera demasiada espuma	Contaminación de aceite	No hay transmisión	5	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5112	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >3 a 42	2	Baja-Prot	3	18,3		
00GCN16AA	41.1 Antiescalante Dosificador--	Bomba Doseuro Bl-	Suministrar Antiescalante-	Temperatura elevada en carcasa	Contaminación de aceite	Mayor consumo	11	La falla siem4	0,05	Genera incap4	0,10	Afecta los4	4	Afecta la 3	0,30	Entre 5012	Entre 5.001 y 3	3,05	3,05	De >9 a 14	4	Baja-Prot	3	36,6		

El autor

### 3. INDICADORES DE GESTIÓN PARA MANTENIMIENTO

#### 3.1 MTBF PARA EQUIPOS ROTATIVOS EN PLANTA DE AGUA.

El MTBF (Mean Time Between Failures) tiempo Medio Entre Fallos. Medida en horas del tiempo promedio entre fallas. El objetivo de calcular este indicador es cuantificar la frecuencia entre fallas.

$MTBF = (\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo total de fallas}) / \# \text{ de fallas}$

Tiempo total disponible= Total en horas que la máquina podría haber estado funcionando.

Tiempo total de fallas= # total de horas en las que el equipo mantenimiento correctivo

Número de fallas= # total de paradas por mantenimiento correctivo

Las fallas no incluyen: Mantenimiento preventivo, paradas de rutina (inspecciones) y paradas por influencias externas (falta de demanda de agua tratada para turbinas, tanques de almacenamiento llenos, desastres naturales, huelgas).

Todas las demás fallas y paradas fueron incluidas en el cálculo de MTBF.

#### 3.2 MTTR PARA EQUIPOS ROTATIVOS EN PLANTA DE AGUA.

(Mean Time to Repair) Tiempo Medio de Reparación. Medida del tiempo promedio que lleva corregir una falla en un activo y que este vuelva a su normal funcionamiento.

$MTTR = \text{Tiempo total de fallas} / \# \text{ de fallas}$

Tiempo total de fallas = Tiempo total empleado en el mantenimiento correctivo durante periodo analizado. Para calcular el tiempo total de mantenimiento correctivo se debe considerar el tiempo transcurrido entre el inicio y detección de la falla hasta que el equipo vuelva a funcionar con total normalidad, entonces se incluyó en este: tiempo para diagnóstico de la avería, tiempos de notificación a los técnicos, tiempo de reparación, tiempo de prueba y puesta en marcha. Numero de fallas = Número de mantenimientos correctivos que se llevaron a cabo. El MTTR es expresado en horas.

#### 3.3 DISPONIBILIDAD PARA EQUIPOS ROTATIVOS EN PLANTA DE AGUA.

Teniendo el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación se procede con el cálculo de la disponibilidad donde la fórmula para determinarla es:

$DISPONIBILIDAD = (\text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})) * 100$

Tabla 34. Mtbf-Mtr-Disponibilidad Poca grasa.

Poca grasa.Motor Weg W22 IE3 -225S/M02.Osmosis inversa OI N1												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCF11AP011 -Numero de fallas 10 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	0	384	0	380	384	381	0	382	382	383	380	0			
Numero de fallas	0	1	0	2	1	1	0	1	1	1	2	0			
Tiempo total de Fallas (Horas)	0	7,5	0	11	4,4	7	0	6	7,2	4	12,3	0			
Tiempo productivo (Horas)	0	376,5	0	369	379,6	374	0	376	374,8	379	367,7	0			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>0</b>	<b>376,5</b>	<b>0</b>	<b>184,5</b>	<b>379,6</b>	<b>374</b>	<b>0</b>	<b>376</b>	<b>374,8</b>	<b>379</b>	<b>183,85</b>	<b>0</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>0</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>	<b>5,5</b>	<b>4,4</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>7,2</b>	<b>4</b>	<b>6,15</b>	<b>0</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>0</b>	<b>98,046875</b>	<b>0</b>	<b>97,1053</b>	<b>98,854</b>	<b>98,16</b>	<b>0</b>	<b>98,42932</b>	<b>98,1152</b>	<b>98,9556</b>	<b>96,76316</b>	<b>0</b>			

El autor

Tabla 35. Mtbf-Mtr-Disponibilidad Mucha grasa.

Mucha grasa.Motor Weg W22 IE3. Lavar ultrafiltracion UF												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCP12AP001. -Numero de fallas 11 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	384	383	0	380	381	382	384	383	383	380	383	384			
Numero de fallas	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Tiempo total de Fallas (Horas)	5,1	7,1	0	5,5	7,4	4,6	8,1	5,1	6,2	4,3	6,3	6,1			
Tiempo productivo (Horas)	378,9	375,9	0	374,5	373,6	377,4	375,9	377,9	376,8	375,7	376,7	377,9			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>378,9</b>	<b>375,9</b>	<b>0</b>	<b>374,5</b>	<b>373,6</b>	<b>377,4</b>	<b>375,9</b>	<b>377,9</b>	<b>376,8</b>	<b>375,7</b>	<b>376,7</b>	<b>377,9</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>5,1</b>	<b>7,1</b>	<b>0</b>	<b>5,5</b>	<b>7,4</b>	<b>4,6</b>	<b>8,1</b>	<b>5,1</b>	<b>6,2</b>	<b>4,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,1</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>98,671875</b>	<b>98,146214</b>	<b>0</b>	<b>98,5526</b>	<b>98,058</b>	<b>98,8</b>	<b>97,991</b>	<b>98,67</b>	<b>98,3812</b>	<b>98,8684</b>	<b>98,355091</b>	<b>98,4115</b>			

El autor

Tabla 36. Mtbf-Mtr-Disponibilidad Frecuencia de cambio de grasa inadecuada.

Frecuencia de cambio de grasa inadecuada.Motor Weg W22 IE3 .Agua clarificada												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCB11AP001-Numero de fallas 9 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	380	383	382	0	384	384	380	381	0	384	0	380			
Numero de fallas	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1			
Tiempo total de Fallas (Horas)	4,7	6,3	7,9	0	4	3,5	6,6	7,5	0	4	0	3,5			
Tiempo productivo (Horas)	375,3	376,7	374,1	0	380	380,5	373,4	373,5	0	380	0	376,5			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>375,3</b>	<b>376,7</b>	<b>374,1</b>	<b>0</b>	<b>380</b>	<b>380,5</b>	<b>373,4</b>	<b>373,5</b>	<b>0</b>	<b>380</b>	<b>0</b>	<b>376,5</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>4,7</b>	<b>6,3</b>	<b>7,9</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>3,5</b>	<b>6,6</b>	<b>7,5</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3,5</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>98,763158</b>	<b>98,355091</b>	<b>97,932</b>	<b>0</b>	<b>98,958</b>	<b>99,09</b>	<b>98,263</b>	<b>98,03</b>	<b>0</b>	<b>98,9583</b>	<b>0</b>	<b>99,0789</b>			

El autor

Tabla 37. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Rodamientos no fueron sustituidos.

Rodamientos no fueron sustituidos.Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP.PAC Tanque—Policloruro de aluminio (Mezclador)												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCN12BB01.Numero de fallas 7 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	381	0	320	320	0	320	320	0	318	0	319,5	0			
Numero de fallas	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0			
Tiempo total de Fallas (Horas)	5,2	0	5,2	4,8	0	4,7	7,1	0	6,8	0	6,2	0			
Tiempo productivo (Horas)	375,8	0	314,8	315,2	0	315,3	312,9	0	311,2	0	313,3	0			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>375,8</b>	<b>0</b>	<b>314,8</b>	<b>315,2</b>	<b>0</b>	<b>315,3</b>	<b>312,9</b>	<b>0</b>	<b>311,2</b>	<b>0</b>	<b>313,3</b>	<b>0</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>5,2</b>	<b>0</b>	<b>5,2</b>	<b>4,8</b>	<b>0</b>	<b>4,7</b>	<b>7,1</b>	<b>0</b>	<b>6,8</b>	<b>0</b>	<b>6,2</b>	<b>0</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>98,635171</b>	<b>0</b>	<b>98,375</b>	<b>98,5</b>	<b>0</b>	<b>98,53</b>	<b>97,781</b>	<b>0</b>	<b>97,8616</b>	<b>0</b>	<b>98,059468</b>	<b>0</b>			

El autor

Tabla 38. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Referencia de rodamiento no corresponde.

Referencia de rodamiento no corresponde.Motor siemens 1AV3112A.PAC Tanque Dosificadora de polielectrolito 2.												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCR12BB0147 Numero de fallas 10 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	380	0	382	0	383	0	381	0	384	384	383	0			
Numero de fallas	2	0	2	0	1	0	1	0	2	1	1	0			
Tiempo total de Fallas (Horas)	9,8	0	9,6	0	5,1	0	4	0	8,9	6	4,3	0			
Tiempo productivo (Horas)	370,2	0	372,4	0	377,9	0	377	0	375,1	378	378,7	0			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>185,1</b>	<b>0</b>	<b>186,2</b>	<b>0</b>	<b>377,9</b>	<b>0</b>	<b>377</b>	<b>0</b>	<b>187,55</b>	<b>378</b>	<b>378,7</b>	<b>0</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>4,9</b>	<b>0</b>	<b>4,8</b>	<b>0</b>	<b>5,1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4,45</b>	<b>6</b>	<b>4,3</b>	<b>0</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>97,421053</b>	<b>0</b>	<b>97,487</b>	<b>0</b>	<b>98,668</b>	<b>0</b>	<b>98,95</b>	<b>0</b>	<b>97,6823</b>	<b>98,4375</b>	<b>98,877285</b>	<b>0</b>			

El autor

Tabla 39. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Grasa no es del tipo recomendado.

Grasa no es del tipo recomendado.Motor: Weg W22 IE3-132M-02.Acido sulfúrico Dosificador.												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCN18AA905.Numero de fallas 8 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	382	0	380	0	384	384	382	0	383	0	384	384			
Numero de fallas	2	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1			
Tiempo total de Fallas (Horas)	8,8	0	4	0	4	6,6	5,2	0	5	0	7,1	5,5			
Tiempo productivo (Horas)	373,2	0	376	0	380	377,4	376,8	0	378	0	376,9	378,5			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>186,6</b>	<b>0</b>	<b>376</b>	<b>0</b>	<b>380</b>	<b>377,4</b>	<b>376,8</b>	<b>0</b>	<b>378</b>	<b>0</b>	<b>376,9</b>	<b>378,5</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>4,4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>6,6</b>	<b>5,2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>7,1</b>	<b>5,5</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>97,696335</b>	<b>0</b>	<b>98,947</b>	<b>0</b>	<b>98,958</b>	<b>98,28</b>	<b>98,639</b>	<b>0</b>	<b>98,6945</b>	<b>0</b>	<b>98,151042</b>	<b>98,5677</b>			

El autor

Tabla 40. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Contaminación de grasa

Contaminación de grasa .Motor: Weg W22 IE3--132M-02.Alimentación EDI N1												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCF12AP021. Numero de fallas 10 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	380	0	382	0	0	383	0	380	0	384	383	380	259,57	7,63	97,14446108
Numero de fallas	1	0	2	0	0	1	0	2	0	1	2	1			
Tiempo total de Fallas (Horas)	10	0	14,7	0	0	9,3	0	16,3	0	7,5	13,9	4,6			
Tiempo productivo (Horas)	370	0	367,3	0	0	373,7	0	363,7	0	376,5	369,1	375,4			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>370</b>	<b>0</b>	<b>183,65</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>373,7</b>	<b>0</b>	<b>181,9</b>	<b>0</b>	<b>376,5</b>	<b>184,55</b>	<b>375,4</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>7,35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,3</b>	<b>0</b>	<b>8,15</b>	<b>0</b>	<b>7,5</b>	<b>6,95</b>	<b>4,6</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>97,368421</b>	<b>0</b>	<b>96,152</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>97,57</b>	<b>0</b>	<b>95,71</b>	<b>0</b>	<b>98,0469</b>	<b>96,370757</b>	<b>98,7895</b>			

El autor

Tabla 41. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Aceite no es del tipo recomendado.

Aceite no es del tipo recomendado.Bomba de piston Pratisoli KT 30-18157049.Bomba para limpiar las telas												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCR12AP013.Numero de fallas 4 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	384	0	382	0	0	383	0	0	0	0	384	0	375,675	7,575	98,02348337
Numero de fallas	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0			
Tiempo total de Fallas (Horas)	7,7	0	9,8	0	0	6,2	0	0	0	0	6,6	0			
Tiempo productivo (Horas)	376,3	0	372,2	0	0	376,8	0	0	0	0	377,4	0			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>376,3</b>	<b>0</b>	<b>372,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>376,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>377,4</b>	<b>0</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>7,7</b>	<b>0</b>	<b>9,8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,6</b>	<b>0</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>97,994792</b>	<b>0</b>	<b>97,435</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>98,38</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>98,28125</b>	<b>0</b>			

El autor

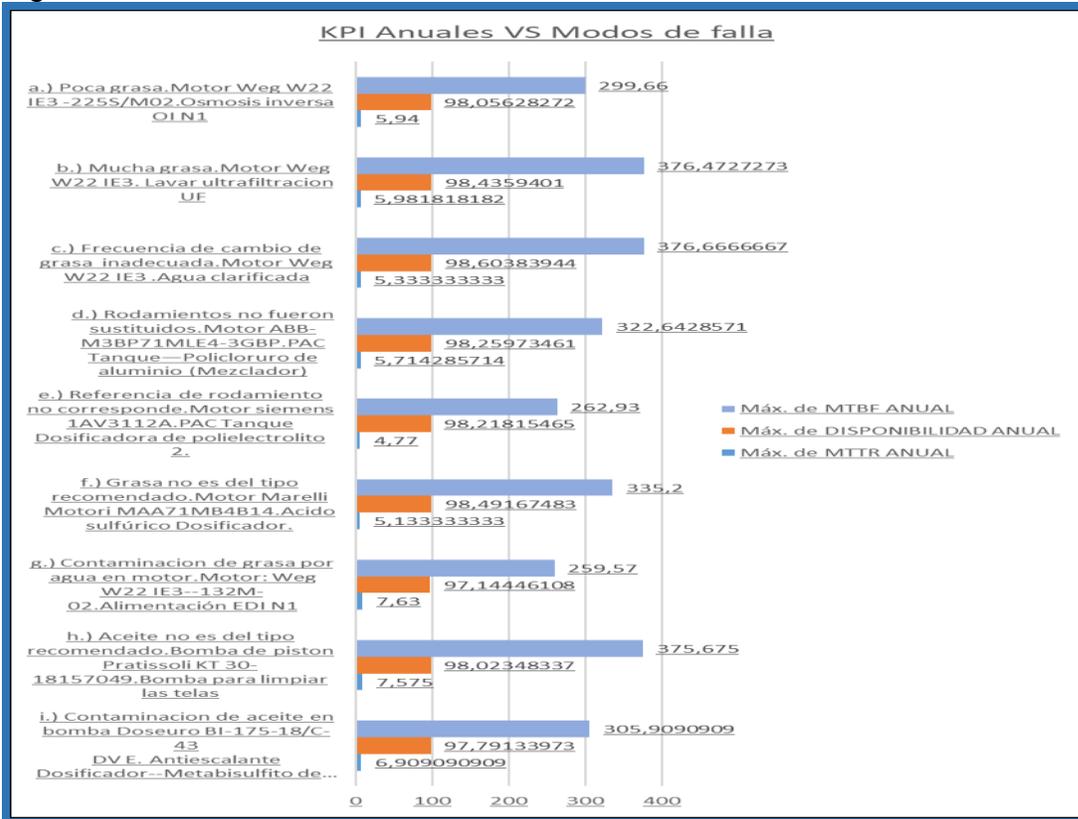
Tabla 42. Mtbf-Mttr-Disponibilidad Contaminación de aceite

Contaminación de aceite en bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E. Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio												MTBF- Anual	MTTR- Anual	DISPONIBILIDAD- Anual	
Codigo 00GCN16AA204.Numero de fallas 11 Durante año															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
	Noviembre_2022	Diciembre_2022	Enero_2023	Febrero_2023	Marzo_2023	Abril_2023	Mayo_2023	Junio_2023	Julio_2023	Agosto_2023	Septiembre_2023	Octubre_2023			
Tiempo disponible (Horas)	384	382	383	0	382	380	0	383	0	382	384	381	305,909	6,90909	97,79133973
Numero de fallas	2	1	1	0	1	1	0	1	0	2	1	1			
Tiempo total de Fallas (Horas)	12,9	6,8	7,7	0	5,9	5	0	6,7	0	15,7	8,2	7,1			
Tiempo productivo (Horas)	371,1	375,2	375,3	0	376,1	375	0	376,3	0	366,3	375,8	373,9			
<b>MTBF Mensual</b>	<b>185,55</b>	<b>375,2</b>	<b>375,3</b>	<b>0</b>	<b>376,1</b>	<b>375</b>	<b>0</b>	<b>376,3</b>	<b>0</b>	<b>183,15</b>	<b>375,8</b>	<b>373,9</b>			
<b>MTTR Mensual</b>	<b>6,45</b>	<b>6,8</b>	<b>7,7</b>	<b>0</b>	<b>5,9</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>6,7</b>	<b>0</b>	<b>7,85</b>	<b>8,2</b>	<b>7,1</b>			
<b>Disponibilidad Mensual</b>	<b>96,640625</b>	<b>98,219895</b>	<b>97,99</b>	<b>0</b>	<b>98,455</b>	<b>98,68</b>	<b>0</b>	<b>98,25</b>	<b>0</b>	<b>95,8901</b>	<b>97,864583</b>	<b>98,1365</b>			

El autor

En la siguiente figura son mostrados los indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad anual para los equipos críticos en planta.

Figura 17. KPI Anuales VS Modos de falla

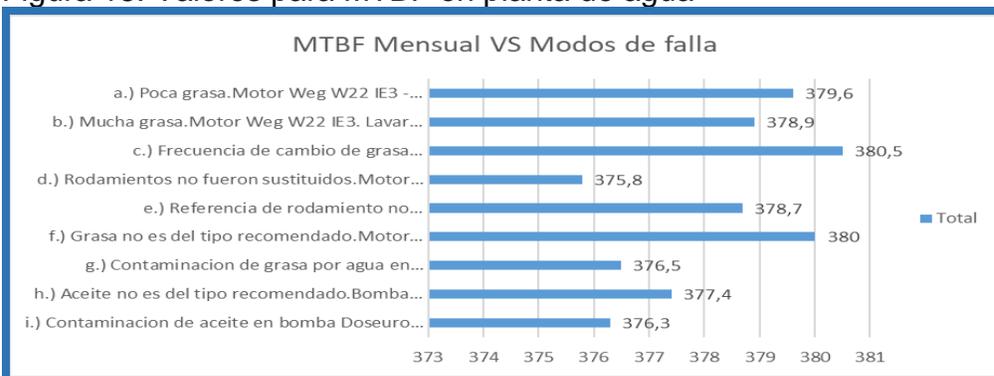


El autor

### 3.4 ANÁLISIS DEL MTBF CALCULADO

Por medio de este indicador se cuantifico la duración entre fallas o paradas no planificadas. En la siguiente grafica se señala los mayores valores del MTBF.

Figura 18. Valores para MTBF en planta de agua



El autor

De la anterior gráfica y de las tablas 34 a 42 es realizado el siguiente cuadro con la finalidad de señalar el mayor tiempo medio entre fallas así como el menor tiempo medio entre fallas de los equipos analizados, donde el objetivo de la ptar para el Mtbf es 380,5 horas, además se proponen alternativas para lograr el objetivo trazado por la gerencia de planta.

Tabla 43. Análisis para MTBF en planta de agua

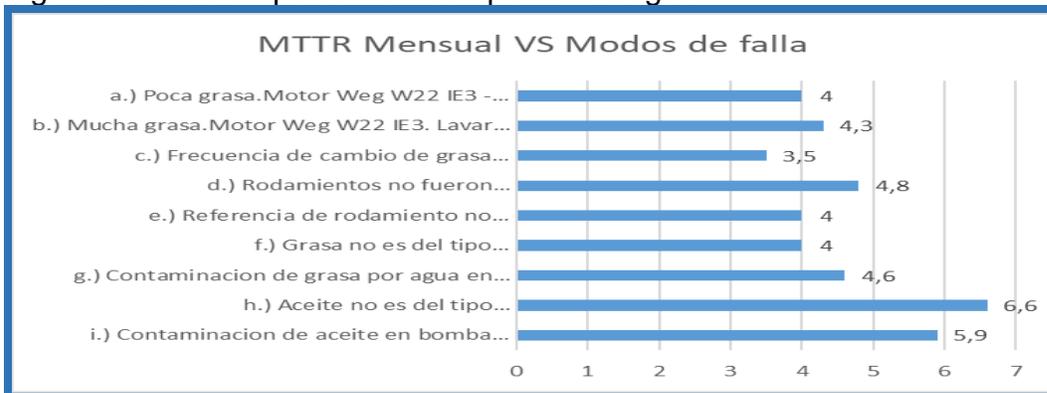
KPI	Área	Equipo	Modo de falla	Valor (horas)	Numero de fallas por año	Objetivo de la ptar	Propuesta para optimizar Mtbf
Mayor MTBF mensual	Agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	380,5	9	380,5	El MTBF en otras plantas PTAR de ENEL es 422,5 horas. Para aumentar el tiempo entre fallas de todos los equipos a 380,5 horas se propone reducir paradas imprevistas y por tanto los tiempos de inactividad de los equipos mediante capacitación de personal en gestión de lubricación, cumplir tareas de mantenimiento, cumplir frecuencias y tasas de lubricación, ampliar conocimientos de los equipos. Aumentar mmtos preventivos, predictivos
	.Ácido sulfúrico Dosificador.	Motor:Weg W22 IE3--	Grasa no es del tipo recomendado.	380	8	380,5	
Menor MTBF mensual	Tanque Dosificadora polielectrolito 2.	Motor siemens 1AV3112A.PAC	Referencia de rodamiento no corresponde	185,1	10	380,5	
	.Alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3-- 132M-	Contaminación de grasa	181,9	10	380,5	

El autor

### 3.5 ANÁLISIS DEL MTTR CALCULADO

El tiempo total de mantenimiento correctivo incluye el tiempo transcurrido entre la detección del incidente hasta que el equipo vuelva a funcionar normalmente y por tanto la orden de trabajo asociada se cierra. En la siguiente grafica se señala los menores valores del MTTR calculado.

Figura 19. Valores para MTTR en planta de agua



El autor

De la anterior gráfica y de las tablas 34 a 42 es realizado el siguiente cuadro con la finalidad de señalar el mayor tiempo medio de reparación así como el menor tiempo medio de reparación donde el objetivo de la ptar para el mtrr es 3,5 horas, además se proponen alternativas para lograr el objetivo trazado por la gerencia de planta.

Tabla 44. Análisis para MTTR en planta de agua

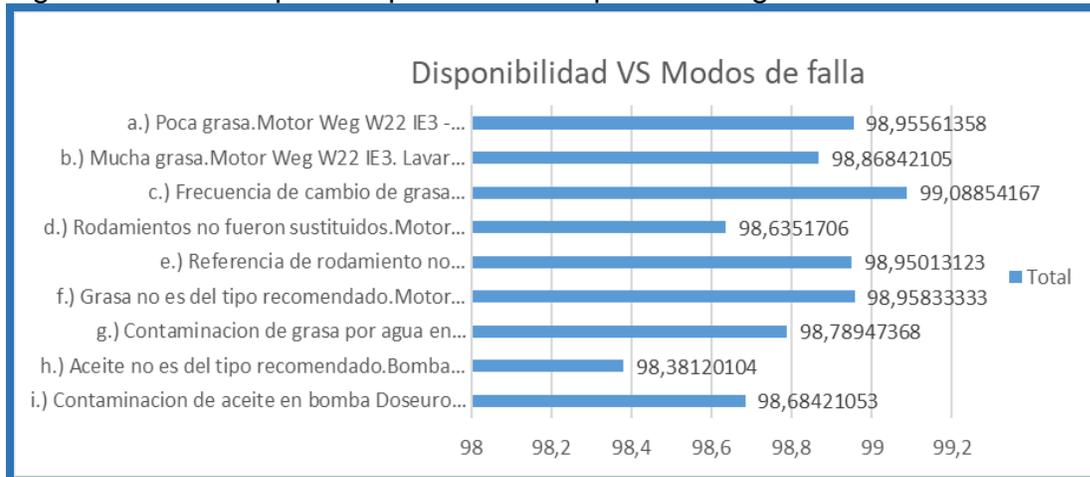
KPI	Área	Equipo	Modo de falla	Valor (horas)	Numero de fallas por año	Objetivo de la planta de agua	Propuesta para optimizar Mtrr
Mayor MTTR	Alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3--132M-02.	Contaminación de grasa	10	10	3,5	El MTTR en otras plantas PTAR de ENEL es 2,9 horas. Para reducir el mtrr de los todos los equipos a 3,5 horas se propone realizar capacitación de personal, stock de lubricantes, Herramientas adecuadas, Mejorar gestión en almacen y documental (abrir, cerrar orden de trabajo). los equipos que superen 12 horas de reparación deben ser reemplazados, Optimizar recursos humanos y materiales, Ajustar procedimientos de mmo.
	Bomba para limpiar las telas	Bomba de pistón Pratisoli KT 30-18157049	Aceite no es del tipo recomendado	9,8	4	3,5	
Menor MTTR	Agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	3,5	9	3,5	
	Tanque Dosificador de polielectrolito 2.	Motor siemens 1AV3112A.PAC	Referencia de rodamiento no corresponde	4	10	3,5	

El autor

### 3.6 ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD CALCULADA

Por medio de la disponibilidad calculada se cuantifico el porcentaje de tiempo que el equipo está funcionando en adecuadas condiciones para el proceso de generación de agua desmineralizada, En la siguiente grafica se señala los mayores valores de la disponibilidad calculada.

Figura 20. Valores para disponibilidad en planta de agua



El autor

De la anterior gráfica y de las tablas 34 a 42 es realizado el siguiente cuadro con la finalidad de señalar la mayor disponibilidad, así como la menor disponibilidad el objetivo de la ptar para la disponibilidad es 99,08%, además se proponen alternativas para lograr el objetivo trazado por la gerencia de planta.

Tabla 45. análisis para disponibilidad en planta de agua

KPI	Área	Equipo	Modo de falla	Valor (horas)	Numero de fallas por año	Objetivo de la planta de agua	Propuesta para optimizar Disponibilidad
Mayor disponibilidad	Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3 - 225S/M02	Poca grasa..	98,95%	10	99,08%	La disponibilidad en otras plantas PTAR de ENEL es 99,3% . Para aumentar la disponibilidad en todos los equipos a 98,08%. Aumentar el mtbf, reducir el mttr, implementar diagnostico ISO 55.000 y aprovechar oportunidades de mejora
	.Agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	99,08%	9	99,08%	
Menor disponibilidad	Alimentación EDI N1	.Motor: Weg W22 IE3-- 132M-02	Contaminación de grasa	95,71%	10	99,08%	
	Antiescalante Dosificado	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43	Contaminación de aceite	95,89%	11	99,08%	

El autor

## 4. TAREAS DE MANTENIMIENTO, FRECUENCIAS Y TASAS DE CONSUMO PARA LUBRICACIÓN

Para establecer las tareas de mantenimiento, frecuencia y responsable de ejecución se acude a la metodología de hoja de información, árbol lógico de decisión y hoja de decisión.

### 4.1 HOJA DE INFORMACIÓN

En la hoja de información se encuentran agrupados los diferentes modos de falla críticos para lubricación de los equipos rotativos asignando un consecutivo para función (F), Falla (FF), Modo de falla (MF).

Tabla 46. Hoja de información para equipos rotativos críticos

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	F	1.FUNCION	F	2. FALLA FUNCIONAL	M	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla
00GCB11AP001	5.Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	F 1	Succionar agua clarificada de tanque y descargar en filtros de arena, Motor a 440V ,3600 rpm y 45 Kw. Bomba a 45 kW	A	Alta temperatura en rodamientos	1 2 3	Poca grasa Frecuencia de cambio de grasa inadecuada Mucha grasa	Agua y lodos no son separados. Motor no genera giro a 3600 rpm ni potencia de 45 KW. Reducción de vida útil de motor y bomba
EP009AC-AP021	8.Mezclador para espesador cónico	Motor ABB M3BP80MLC4	F 2	Extracción de lodos por decantación, mediante el accionamiento del eje central que va provisto de hélices que van arrastrando los lodos--Motor a 440V ,1800 rpm y 7,5 kW. El reductor trasmitir 7,5 kW de potencia, con torque 404 Nm, relación 40:1.	A	Motor presenta alta temperatura	1	Contaminación de grasa	Motor no genera las 1800 rpm necesarias para proceso de extracción de lodos en espesador. No hay transmisión de potencia motor-reductor de 7,5 KW con torque 404 Nm y relación de reducción 40:1.
00GCC11AN001-MO1	12. Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3	F 3	Limpiar filtros de arena N 1,2,3. Motor a 440V ,900 rpm y 11 Kw. Soplador a 11 Kw para impulsar aire.	A	Daños en rodamientos	1	Poca grasa	No se logra el flujo de aire requerido 240 m <sup>3</sup> /h-140 cfm para lavar filtros de arena
00GCP11AP002	13.1Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02	F 4	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor a 440V ,3600 rpm y 15 Kw. Bomba a 15 kW	A	Vibracion	1	Contaminación de grasa	No se logra el caudal de agua requerido 22500 L/h- para lavar filtros de arena
		Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160	F 5		A	Bomba no genera potencia de 15 kW	1	Contaminación de aceite	
00GCP12AP001	19. Bomba para Lavar uf	Motor Weg -W22 IE3	F 6	Con de la adición de compuestos químicos lavar trenes de UF . Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	A	Perdida de grasa	1	Mucha grasa	No es realizado proceso de limpieza y lavado de los trenes de filtración N1,N2,N3
00GCF11AP011	20.Bomba de alta presion.Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3 -2255/MO2	F 7	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V ,3600 rpm y 37 Kw. Bomba a 37 kW	A	Daño en retenedores	1 2	Mucha grasa Poca grasa	Bomba no desarrolla 37 kW de potencia por lo que no es posible retener sales en membrana semipermeable.
		Bomba Robuschi RNS 40-250	F 8		A	Bomba no arranca	1	Contaminación de aceite	
00GCP13AP011	23.Bombas de lavado osmosis inversa OI N1	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	F 9	Lavado continuo de membranas de ósmosis inversa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	A	Aumento consumo de energía eléctrica	1	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Proceso de lavado con agua desalinizada para membranas de osmosis inversa en los trenes N1,N2,N3 no es realizado disminuyendo vida útil de membranas.
00GCF14AP001	25.Mezclador CIP	Motor Weg W22 IE3-132M-02	F 10	Mezclar agua de los trenes OI,EDI,UF y agua de servicio. Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor a 0,37 kW , con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	A	Goteo de grasa por eje de motor	1	Mucha grasa	La potencia 0,37 kW, el torque de 72 Nm y la relación de 8,75:1. no son desarrolladas por reductor helicoidal, necesarias para el proceso de agitación.
00GCF12AP021	28.Bomba de alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	F 11	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para producción de agua desmineralizada--Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba a 7,5 KW	A	Motor no gira	1	Contaminación de grasa por agua	Equipos retirados de producción y puesto en mantenimiento
00GCF13AP021	29.Bomba de alimentación EDI N2	Motor: Weg W22 IE3-132M-02	F 12	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para producción de agua desmineralizada. Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba a 7,5 KW	A	Aumento consumo de energía eléctrica	1	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Pérdida de calidad del agua tratada durante el proceso de restablecimiento del equipo
00GCF14AP021	29.1 Bomba de alimentación EDI N3	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	F 13	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para producción de agua desmineralizada. Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba a 7,5 KW	A	Motor se detiene inesperadamente	1	Mucha grasa	Pérdida de producción, efectos en la seguridad, medio ambiente, reparación
			F 14				2	Poca grasa	
00GCN13-BR707	32.Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	F 15	Mezclar agua de servicio con polielectrolito I (Poliacrílico -PAA). Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. El reductor a 0,37 kW con 97 Nm, relación 11,82:1.	A	Motor no arranca	1	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SM	F 16				A	El agitador no se pone en marcha	

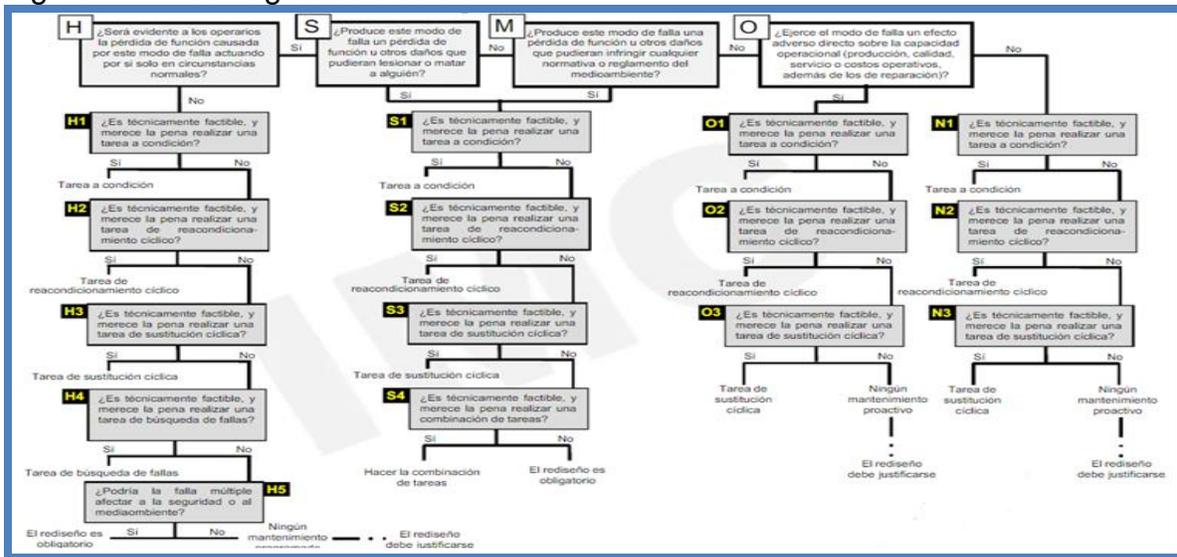
		BS	5						11,82-1, Pérdida de producción
00GCR12BB0147	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor siemens 1AV3112A	F 1 6	Dosificar polielectrolito II (sulfonato de poliestireno) en filtro prensa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 KW. Bomba a 5,5 KW Fluido debe estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C. Caudal 38 m³/h	A	Bomba no transmite 5,5 KW KW de potencia, Fluido entregado con temperatura 70°C	1 2	Rodamientos no fueron sustituido en motor Referencia de rodamiento no corresponde	Polielectrolitos dosificados no se entregan con temperatura solicitada deben estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C
00GCN11BB001	36. NaClO Tanque- Hipoclorito de sodio (Mezclador)	Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SM BS	F 1 7	Mezclar agua de servicio con NaClO-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor a 0,37 kW , con 72 Nm, relación 8,75:1.	A	Temperatura de servicio elevada	1	Contaminación de aceite en reductor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.
00GCN11BP001	37.1 NaClO Dosificador-- Hipoclorito de sodio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	F 1 8	Mezclar agua de servicio con H2SO4-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Bomba se detiene inesperadamente	1	Contaminación de aceite en bomba	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h
00GCN12BB01	38. PAC Tanque-- Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	F 1 9	Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,37 kW. Reductor a 0,37 kW , Torque 72 Nm, relación 8,75:1.	A	Daño en rodamientos	A	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.
00GCN12AA203	39.PAC Dosificador-- Policloruro de aluminio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	F 2 0	Suministrar PAC a mezclador estático entrada tanques de premezclado-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Bomba no transmite 0,25 KW	1	Contaminación de aceite en bomba	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h, impactos negativos por fallos ocultos y seguridad física
00GCN16BB001	40 Antiescalante Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador)	Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SM BS	F 2 1	Mezclar agua de servicio con Metabisulfito de sodio -Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor a 0,37 kW , Torque 72 Nm, relación 8,75:1.	A	El aceite genera demasiada espuma	1 2 3	Aceite no es del tipo recomendado reductor Aceite no es del tipo recomendado Contaminación de aceite por agua en reductor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.
00GCN16AA204	41.1 Antiescalante Dosificador-- Metabisulfito de sodio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	F 2 2	Suministrar Antiescalante-Metabisulfito de sodio a mezclador estático entrada entrada de trenes de osmosis inversa -Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Temperatura elevada en carcasa	1	Contaminación de aceite por agua en bomba	Mayor consumo de energía eléctrica del motor
00GCN15BB001	43. SMBS Dosificador-- Policloruro de aluminio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	F 2 3	Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Temperatura elevada	1	Aceite no es del tipo recomendado bomba	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h ,impacto negativo para seguridad física y medio ambiente
00GCN15BB00155	43.1 SMBS Dosificador-- Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	F 2 4	Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	No se logra movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW.	1	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h
00GCN17AA401.	45. NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	F 2 5	Suministrar NaOH a mezclador estático entrada lavado de trenes de ultrafiltración, cuenca de neutralización, trenes de osmosis inversa-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Motor se detiene inesperadamente	1 2	Rodamientos no fueron sustituido en motor Referencia de rodamiento no corresponde	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	F 2 6	Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	No hay transmisión de movimiento motor-reductor	1	Contaminación de grasa en motor	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h
00GCN18AA905	47. 2 H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	F 2 7	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización ,lavado de trenes de ultrafiltración.Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	A	Motor no gira a 1.800 rpm, bomba no transmite la potencia esperada 0,25 kW	1	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/impacto negativo para los costos de reparación y efectos en los clientes

El autor

## 4.2 TAREAS DE MANTENIMIENTO.

En árbol lógico de decisión se resume el proceso de selección de tareas. Este orden de preferencia es válido para los modos de falla analizados. si una tarea de orden inferior resulta más costo-eficaz para manejar la falla que una tarea de orden superior, entonces debe ser seleccionada la tarea de orden inferior.

Figura 21. Árbol lógico de decisión



RCM

**4.2.1 Tareas a condición.** Las actividades a condición son consideradas primero en el proceso de selección ya que pueden ser cumplidas sin desplazar el equipo, Identifican condiciones específicas de falla potencial, permite cumplir con vida útil del equipo.

**4.2.2 Tareas de reacondionamiento cíclico—mantenimiento preventivo y Tareas de sustitución cíclica—mantenimiento preventivo.** Estas solamente se pueden realizar con equipo detenido y envió al taller afectando la producción, desventajas que indican que cuando ambas categorías son técnicamente factibles, las tareas a condición son más costo-eficaz que el reacondionamiento programado o la sustitución cíclica, por lo cual se consideran primero. El reacondionamiento cíclico se considera antes de la sustitución cíclica ya que es más conservador restaurar que desechar.

**4.3 HOJA DE DECISIÓN**

Esta relaciona las referencias asignadas en hoja de información en columnas F, FF y MF e identifican el modo de falla que se analiza, además de tipo de decision, tarea propuesta, frecuencia y responsable para cada una de las actividades propuestas.

- Encabezados H,S,E,O respuestas a preguntas referentes a consecuencias del modo de falla.
- Encabezados (H1, S1, O1, N1) señalan tarea a condición.
- Encabezado siguiente (H2, S2, O2, N2) señalan si ha sido seleccionado reacondionamiento.

- Encabezados siguientes (H3, S3, O3, N3) seleccionada una actividad de sustitución cíclica.

En la siguiente tabla se ilustra la hoja de decisión para los equipos en estudio.

Tabla 47. Hoja de decisión

HOJA DE DECISION: Tipo de decisión, Tarea propuesta ,Frecuencia, Responsable para actividades de mantenimiento en equipos críticos en la planta para tratamiento de agua																
Referencia de informacion			Evaluación de las consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Accion a falta de			Tipo de decisión	Tarea propuesta	Frecuencia	Responsable
F	F	F	H	S	E	O	O1 N1	O2 N2	O3 N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6314-C3:26,25 Gramos.Lado opuesto acople6314-C3::26,25 Gramos	Lado acople:271,67 Horas . Lado opuesto acople:271,67 Horas	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6314-C3:26,25 Gramos.Lado opuesto acople6314-C3::26,25 Gramos	Lado acople:271,67 Horas . Lado opuesto acople:271,67 Horas	Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6314-C3:26,25 Gramos.Lado opuesto acople6314-C3::26,25 Gramos	Lado acople:271,67 Horas . Lado opuesto acople:271,67 Horas	Mecánico
2	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 5 semanas	Ing. de mantenimiento
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6309-C3:12,5 Gramos.Lado opuesto acople 6209-Z-C3: 8,075 Gramos	Lado acople:144,53 Horas Lado opuesto acople:102,66 Horas	Mecánico
4	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 5 semanas	Ing. de mantenimiento
5	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
6	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ:6,12 Gramos	Lado acople: 218,34 Horas Lado opuesto acople:248,32 Horas	Mecánico
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6314-C3:26,25 Gramos.Lado opuesto acople 6314-C3: 26,25 Gramos	Lado acople:155,24 Horas Lado opuesto acople: 155,24 Horas	Mecánico
7	A	2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6314-C3:26,25 Gramos.Lado opuesto acople 6314-C3: 26,25 Gramos	Lado acople:155,24 Horas Lado opuesto acople: 155,24 Horas	Mecánico
8	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ: 6,12 Gramos	Lado acople:382,10Horas Lado opuesto acople: 434,56 Horas	Mecánico
10	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ: 6,12 Gramos	Lado acople: 382,10Horas Lado opuesto acople: 434,56Horas	Mecánico
11	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 5 semanas	Ing. de mantenimiento
12	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento.Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ:6,12 Gramos	Lado acople:832,10 Horas Lado opuesto acople:434,56 Horas	Mecánico
13	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ: 6,12 Gramos	Lado acople: 382,10 Horas Lado opuesto acople: 434,56 Horas	Mecánico
13	A	2	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6308-ZZ:10,35 Gramos.Lado opuesto acople 6207-ZZ: 6,12 Gramos	Lado acople:382,105 Horas Lado opuesto acople:434,56 Horas	Mecánico
14	A	1	S	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento ciclico	Agregar cantidad de grasa según tipo de rodamiento ,Lado acople 6203-ZZ/C3 : 2,4 Gramos.Lado opuesto acople 6202-ZZ/C3:1,9 Gramos	Lado acople:382,105 Horas Lado opuesto acople:434,56 Horas	Mecánico
15	A	1	S	N	N	S	S						Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
16	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Sustitución ciclica	Motor siemens 1AV3105B,Realizar cambio de rodamientos tipo lado acople 6206-ZZ/C3 .Lado opuesto acople 6206-ZZ/C3	Lado acople:40.000 h Lado opuesto acople:40.000 h	Mecánico

16	A	2	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica	Motor siemens 1AV3105B, Realizar cambio de rodamientos tipo lado acople 6206-2Z/C3. Lado opuesto acople 6206-2Z/C3	Lado acople:40.000 h Lado opuesto acople:40.000 h	Mecánico
17	A	1	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
18	A	1	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
19	A	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP, Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3, Realizar cambio de rodamientos tipo lado acople 6203-2Z/C3. Lado opuesto acople 6202-2Z/C3	Lado acople: 67.000 horas Lado opuesto acople:67.000 horas	Mecánico
20	A	1	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
21	A	1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico	Aplicación de Aceite Shell Omala 220	5.000 horas, Cantidad 500 cm <sup>3</sup> , 0.5 Litros	Mecánico
21	A	2	S	N	N	S	S							Tarea de condición	Análisis de aceites		Ing. de mantenimiento
21	A	3	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
22	A	1	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 7 semanas	Ing. de mantenimiento
23	A	1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico	Aplicación de Aceite Mobil Nuto H32	8.500 horas, Cantidad 188 cm <sup>3</sup> , 0.188 Litros	Mecánico
24	A	1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico	Aplicación de Grasa Mobil polirex EM según tipo de rodamiento. Lado acople 6308-ZZ .10,35 Gramos. Lado opuesto acople 6207:6,12 Gramos	Lado acople:1572,56 Horas Lado opuesto acople:1726,78 Horas	Mecánico
25	A	1	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14-Lubricados de por vida Esso Unirex N3, Realizar cambio de rodamientos tipo lado acople 6202-2Z. Lado opuesto acople 6202-2Z	25.500 h	Mecánico
25	A	2	S	N	N	S	N	N	S					Sustitución cíclica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14-Lubricados de por vida Esso Unirex N3, Realizar cambio de rodamientos tipo lado acople 6202-2Z. Lado opuesto acople 6202-2Z	25.500 h	Mecánico
26	A	1	S	N	N	S	S							Tarea a condición	Análisis de lubricantes	Cada 5 semanas	Ing. de mantenimiento
27	A	1	S	N	N	S	N	S						Reacondicionamiento cíclico	Aplicación de Grasa Mobil polirex EM según tipo de rodamiento. Lado acople 6308-ZZ .10,35 Gramos. Lado opuesto acople 6207:6,12 Gramos	Lado acople:1572,56 Horas Lado opuesto acople:1726,78 Horas	Mecánico

El autor

#### 4.4 DETERMINACIÓN TASAS DE CONSUMO-FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN

**4.4.1 Tasas de consumo de grasa.** Para determinar las tasas de consumo y frecuencias se considera las siguientes ecuaciones.

$$G = 0.005 \times D \times B$$

G=Cantidad de grasa- gramos,  
D =  $\Phi$  exterior en mm del rodamiento  
B= Ancho del rodamiento en mm.

**4.4.2 Frecuencia de reengrase para rodamientos de motores WEG.** Los factores que se tienen para el cálculo de la frecuencia son Temperatura en la carcaza Ft, contaminación Solida Fc, humedad Fh, Vibración Fv, posición del eje Fp, diseño del rodamiento Fd.

Estos son únicos para cada equipo según sus condiciones de funcionamiento como lo ilustra la tabla 48.

Para realizar el cálculo de la frecuencia de re lubricación se tiene.

$$T = K * [(14.000.000/(n*\sqrt{d})) - 4 * d]$$

Donde: T = Tiempo en horas hasta la siguiente re lubricación

$$K = (Ft * Fc * Fm * Fv * Fp * Fd)$$

$$n = (\text{RPM}) \quad d = \Phi \text{ interior (mm)}$$

Tabla 48. Factores de corrección por intervalos de engrase

Condición	Rango de operación promedio	Factor de corrección
Temperatura en la carcaza Ft	< 65°C	1.0
	65 a 80°C	0.5
	80°C a 93°C	0.2
	> 93°C	0.1
Contaminación Solida Fc	Ligero, polvo no abrasivo	1.0
	Severo, polvo no abrasivo	0.7
	Ligero, polvo abrasivo	0.4
	Severo, polvo abrasivo	0.2
Humedad	Humedad por debajo del 80%	1.0
	Humedad entre 80 y 90 %	0.7
	Condensación ocasional	0.4
	Agua ocasionalmente en la carcaza	0.1
Vibración	Velocidad pico menor a 0.2 ips	1.0
	0.2 a 0.4 ips	0.6
	Arriba de 0.4 ips	0.3
Posición del eje Fp	Horizontal	1.0
	45 grados	0.5
	Vertical	0.3
Diseño del rodamiento Fd	Rodamiento de bolas	10
	Rodamientos cilíndricos y agujas	5.0
	Rodamiento cónicos y esféricos	1.0

Skf

A continuación se muestran la cantidad de grasa lubricante y la frecuencia de lubricación para los rodamientos de los equipos críticos que conforman las áreas de pretratamiento, desmineralización y dosificación química.

Tabla 49. Cantidad de grasa y frecuencia de lubricación para rodamientos.

Equipo	Referencia rodamiento	Especificaciones del rodamiento	Cantidad grasa lubricante (Gramos)	T=Frecuencia en Horas
5. Bomba centrífuga para agua clarificada	6314-C3-Lado acople	Ø Exterior (mm) 150 Espesor (mm) 35 Ø Interior (mm) 70 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 1,47 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,7 Fh=Humedad 0,7 Fv= Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	26,25	271,672355
	6314-C3-Lado opuesto acople	Ø Exterior (mm) 150 Espesor (mm) 35 Ø Interior (mm) 70 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 1,47 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,7 Fh=Humedad 0,7 Fv=Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	26,25	271,672355
12. Soplador de aire	6309-C3 Lado acople	Ø Exterior (mm) 100 Espesor (mm) 25 Ø Interior (mm) 25 Rpm 900 <b>Factores de corrección K</b> 0,048 Ft=Temperatura en carcasa 0,2 Fc= contaminación solida 0,4 Fh=Humedad 0,1 Fv= Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	12,5	144,53
	6209-Z-C3 Lado opuesto acople	Ø Exterior 85 Espesor 19 Ø Interior 45 Rpm 900 <b>Factores de corrección K</b> 0,048 Ft=Temperatura en carcasa 0,2 Fc= contaminación solida 0,4 Fh=Humedad 0,1 Fv=Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	8,075	102,66
<b>PLANTA DE DESMINERALIZACION</b>				
19. Bomba para Lavar ultrafiltración UF	6308-ZZ Lado acople	Ø Exterior (mm) 90 Espesor (mm) 23 Ø Interior (mm) 40 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 0,48 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,4 Fh=Humedad 0,4 Fv= Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	10,35	218,345915
	6207-ZZ Lado opuesto acople	Ø Exterior 72 Espesor 17 Ø Interior 35 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 0,48 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,4 Fh=Humedad 0,4 Fv= Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	6,12	248,324255
20. Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N1-	6314-C3 Lado acople	Ø Exterior (mm) 150 Espesor (mm) 35 Ø Interior (mm) 70 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 0,84 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,4 Fh=Humedad 0,7 Fv= Vibración 0,6 Fp=Posición del eje 1 Fd=Diseño del rodamiento 10	26,25	155,241346
	6314-C3 Lado opuesto acople	Ø Exterior 150 Espesor 35 Ø Interior 70 Rpm 3.600 <b>Factores de corrección K</b> 0,84 Ft=Temperatura en carcasa 0,5 Fc= contaminación solida 0,4	26,25	155,241346

		Fh=Humedad	0,7		
		Fv= Vibración	0,6		
		Fp=Posición del eje	1		
		Fd=Diseño del rodamiento	10		
23.Bombas de lavado osmosis inversa OI N1-  25.Mezclador CIP	6308-ZZ Lado acople	Φ Exterior (mm)	90	10,35	382,105351
		Espesor (mm)	23		
		Φ Interior (mm)	40		
		Rpm	3.600		
		Factores de corrección K	0,84		
		Ft=Temperatura en carcasa	0,5		
		Fc= contaminación solida	0,4		
		Fh=Humedad	0,7		
		Fv= Vibración	0,6		
		Fp=Posición del eje	1		
	Fd=Diseño del rodamiento	10			
	6207-ZZ Lado opuesto acople	Φ Exterior	72	6,12	434,567446
		Espesor	17		
		Φ Interior	35		
Rpm		3.600			
Factores de corrección K		0,84			
Ft=Temperatura en carcasa		0,5			
Fc= contaminación solida		0,4			
Fh=Humedad		0,7			
Fv= Vibración		0,6			
Fp=Posición del eje		1			
Fd=Diseño del rodamiento	10				
29.1 Bomba de alimentación EDI	6308-ZZ Lado acople	Φ Exterior (mm)	90	10,35	382,105351
		Espesor (mm)	23		
		Φ Interior (mm)	40		
		Rpm	3.600		
		Factores de corrección K	0,84		
		Ft=Temperatura en carcasa	0,5		
		Fc=Contaminación solida	0,4		
		Fh=Humedad	0,7		
		Fv= Vibración	0,6		
		Fp=Posición del eje	1		
	Fd=Diseño del rodamiento	10			
	6207-ZZ Lado opuesto acople	Φ Exterior	72	6,12	434,567446
		Espesor	17		
		Φ Interior	35		
Rpm		3.600			
Factores de corrección K		0,84			
Ft=Temperatura en carcasa		0,5			
Fc= Contaminación solida		0,4			
Fh=Humedad		0,7			
Fv= Vibración		0,6			
Fp=Posición del eje		1			
Fd=Diseño del rodamiento	10				
<b>PLANTA DE DOSIS QUIMICA</b>					
32.Mezclador polielectrolito	6203-ZZ/C3 Lado acople	Φ Exterior (mm)	40	2,4	32,7309875
		Espesor (mm)	12		
		Φ Interior (mm)	17		
		Rpm	1.800		
		Factores de corrección K	0,018		
		Ft=Temperatura en carcasa	0,5		
		Fc= Contaminación solida	0,4		
		Fh=Humedad	0,1		
		Fv= Vibración	0,3		
		Fp=Posición del eje	0,3		
	Fd=Diseño del rodamiento	10			
	6202-ZZ/C3- Lado opuesto acople	Φ Exterior	35	1,925	35,0678446
		Espesor	11		
		Φ Interior	15		
Rpm		1.800			
Factores de corrección K		0,018			
Ft=Temperatura en carcasa		0,5			
Fc= Contaminación solida		0,4			
Fh=Humedad		0,1			
Fv= Vibración		0,3			
Fp=Posición del eje		0,3			
Fd=Diseño del rodamiento	10				

El autor

**4.4.3 Frecuencia de cambio de rodamiento para motores.** Para los motores con rodamientos lubricados de por vida se presentaron los modos de falla “Rodamientos no fueron sustituido en motor” y “Referencia de rodamiento no corresponde” estos motores son siemens 1AV3105B en Bomba dosificadora de polielectrolitos 2, Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP en PAC Tanque—Policloruro de aluminio (Mezclador), Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 en NaOH Dosificador—

Soda caustica. A continuación se muestran los rodamientos usados y frecuencia de cambio en motores área químicos.

Tabla 50. Rodamiento para motores ABB, Siemens, Marelli

PLANTA DE DOSIS QUIMICA					
CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	Lado acople	Lado opuesto acople	Intervalo para cambio de rodamientos
00GCN13-BR707	32.Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN135-BR7075	32.1 Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCR12AP015	33.Bomba dosificadora de polielectrolitos 1	Motor siemens 1AV3112A	6206-22/C3	6206-22/C3	40.000 h
00GCR12BB014	34. Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCR12BB0145	34.1 Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCR12BB01455	35.Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor siemens 1AV3112A	6206-22/C3	6206-22/C3	40.000 h
00GCR12BB014555	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor siemens 1AV3112A	6206-22/C3	6206-22/C3	40.000 h
00GCN11BB001	36. NaClO Tanque-Hipoclorito de sodio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN11AA903	37.NaClO Dosificador--Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN11BP001	37.1 NaClO Dosificador--Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN12BB01	38. PAC Tanque--Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN12AA203	39.PAC Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN12AA2035	39.1 PAC Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN16BB001	40. Antiescalante Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN16AA204	41. Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN16AA2045	41.1 Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN12AA601	42. SMBS Tanque Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 h
00GCN15BB001	43 SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN15BB001	43.1 SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN17BB001	44. NaOH Tanque--Soda caustica (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN17AA401	45. NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN17AA404	45.2 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN18BB001	46. H2SO4 Tanque--Acido sulfúrico (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	6203-22/C3	6202-22/C3	67.000 horas
00GCN18AA213	47. H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN18AA902	47.1 H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h
00GCN18AA905	47.2 H2SO4 Dosificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	6202-22	6202-22	25.500 h

El autor

Tabla 51. Estandarización de lubricantes

PLANTA DE PRETRATAMIENTO		
COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO	LUBRICANTE (REPSOL)
Motor Weg	Grasa Mobil polirex EM	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Motor ABB	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3	LGWA 2/5 (SKF)
Motor Siemens 1AV3105B	Lubricados de por vida Grasa Esso unirex N3	LGWA 2/5 (SKF)
Bomba Robuschi RNS	Aceite Shell Tellus 46	MAKER HYDROLUX EP 68 1 X 208 L (REPSOL)
Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2	Aceite shell Tivela 320	MAKER SUPER TAURO SYNTH 320 1x208L
Bomba Grundfos CR5-16-A-FGJ-A-E-HQQE	Tellus 100	Tellus 60
Bomba de piston Pratissoli KT 30-18157049	Aceite Mobil Dte Oil Bb	Aceite ESSO nuto 220
Bomba centrifuga Debem MB155PTSVS	Grasa Esso unirex N3, Motor lubricadosxvida	Grasa Esso unirex N3, Motor lubricadosxvida
Bomba sumergible ZUG V065A5	Cepsa Elekoil U-HV,Aceite dielectrico	Selectlub 11275
Reductor Quantis KKS:00GCB11AM002/SMB	Aceite Shell Omala 220	MAKER SUPER TAURO 220 1x208 (REPSOL)
Reductor Estruagua XC50-1806900	Aceite sintetico Mobil Glycoyle HE 460	SUPER TAURO 460 (REPSOL)
Reductor sin fin corona Siti 60126972	Aceite Shell Omala 220	OMALA S4 GX 220 (SHELL SINтетICO)
Tanque de la unidad hidráulica	Hydrus oil 46	MAKER HYDROFLUX EP 46 1x208L (REPSOL)
Guías deslizantes, Placas deslizantes, Apoyos, Cadena de transporte de placas	Athesia EP2	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Apoyos de medidores de presión	Hydrus oil 46	MAKER HYDROFLUX EP 46 1x208L (REPSOL)
Soplador Robuschi Robox-RBS 25/F	Shell Tellus 150	Mobil SHC Gear 150
PLANTA DE DESMINERALIZACION		
COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO	LUBRICANTE PROPUESTO
Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Mobil polirex EM	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Bomba Robuschi RNS 32-160	Aceite Shell Tellus 46	MAKER HYDROFLUX EP 46 1x208L (REPSOL)
Reductor Helicoidal	Aceite Shell Omala 220	MAKER SUPER TAURO 220 1x208 (REPSOL)
Bomba sumergible ZUG V065A5	Cepsa Elekoil U-HV,Aceite dieléctrico	Selectlub 11275
Soplador Robuschi Robox-RBS 25/F	Shell Tellus 150	Mobil SHC Gear 150
PLANTA DE DOSIS QUIMICA		
COMPONENTE	LUBRICANTE EMPLEADO	LUBRICANTE PROPUESTO
Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Lubricados de por vida Grasa Mobil Unirex N3	LGWA 2/5 (SKF)
Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/SMB	Aceite Shell Omala 220	MAKER SUPER TAURO 220 1x208 (REPSOL)
Motor Siemens 1AV3112A	Grasa Esso unirex N3	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Bomba centrifuga Debem MB155PTSVS	Grasa Esso unirex N3, Motor lubricadosxvida	Grasa Esso unirex N3, Motor lubricadosxvida
Motor siemens 1AV3112A	Grasa Esso unirex N3	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Lubricados de por vida Esso Unirex N3	GRASA LITICA EP 2 BG-18 (REPSOL)
Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Aceite Mobil Nuto H32	MAKER HYDROFLUX EP 32 1x208L

El autor

**4.4.4 Estandarización de lubricantes.** Con la finalidad de tener una segunda opción de lubricantes y no depender de una sola marca se propone el listado señalado en el cual se tiene en cuenta el cumplimiento de las mismas propiedades tanto para aceites como para grasas.

**4.4.5 Clasificación grafica de lubricantes en planta.** El objetivo primordial es que sirva como un documento informativo y de consulta para mantenimiento. Por eso es importante que la información se valide y actualice conforme existan cambios. En esta se encuentra el equipo lubricado, el lubricante empleado, viscosidad, el registro fotográfico del equipo y el método de aplicación del lubricante.

**4.4.6 Ruta de lubricación.** Proceso en campo para realización de actividades determinadas de lubricación, con la finalidad de reducir criticidad. ANEXO F.

Figura 22. Clasificación grafica de lubricantes en planta

Equipo	Lubricante	Base/Viscosidad	Equipos en planta	Metodo- Accesorio
Motor Weg	Grasa Mobil polirex EM	Base poliurea		Engrasado manual/Grasera
Motor ABB	Grasa Mobil Unirex N3, Lubricados de por vida	Base complejo de litio		Lubricados de por vida
Motor siemens 1AV3105B	Grasa Esso unirex N3, Lubricados de por vida	Base complejo de litio		
Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Grasa Esso Unirex N3, Lubricados de por vida	Base complejo de litio		
Bomba Robuschi RNS	Aceite Shell Tellus 46, Aceite mineral	Viscosidad ISO 68		Baño de Aceite/Aceitera
Bomba de tornillo Nova rotors DN20-05K2	Shell Tivela 320, Aceite sintético	Viscosidad ISO 320		
Bomba Grundfos CRS-16-A-FGJ-A-E-HQQE	Bomba centrifuga vertical multietapa, Aceite Tellus 100 sintético	Viscosidad ISO 100		
Bomba de piston Pratisoli KT 3D-18157049	Aceite Mobil Dte Oil Bb	Viscosidad ISO 220		
Bomba neumatica DEBEM Tipo MB155-P-TSV5	Grasa Esso unirex N3, lubricados de por vida	Base complejo de litio		
Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Aceite Mobil Nuto H32	Viscosidad ISO 32		
Bomba sumergible ZUG V065A5 -5/7AWB125	Aceite Cepsa Elekoil U-HV	Aceite dielectrico		
Reductor Quantis KKS-00GCB11AM002/SM85	Aceite Shell Omala 220, Aceite mineral	Viscosidad ISO 220		Baño de Aceite/Aceitera
Reductor Estruagua KC50-1806900	Mobil Glygoyle HE 460, Aceite sintético a base de polialfaolefinas (PAC)	Viscosidad ISO 460		
Reductor sin fin corona Siti 60126972	Aceite Shell Omala 220, Aceite mineral	Viscosidad ISO 220		
Tanque de la unidad hidraulica	Hydrus oil 46, Aceite mineral	Viscosidad ISO 46		Baño de Aceite/Aceitera
Guías deslizantes, Placas deslizantes, Apoyos, Cadena de transporte	Grasa Total Athesia EP2	Base con complejo de litio		Engrasado manual/Brocha
Apoyos de medidores de presión	Hydrus oil 46, Aceite mineral	Viscosidad ISO 46		
Soplador Robuschi Robox-RB5 25/F	Shell Tellus 150, Aceite sintético	Viscosidad ISO 150		Baño de Aceite/Aceitera

## 5. ESTRATEGIA PARA DIAGNOSTICAR LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA NORMA ISO 55000

La estrategia planteada para diagnosticar la gestión de mantenimiento en planta de agua se realiza tomando como base la norma para gestión de activos ISO 55.000 en cada una de las áreas: Contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora, Una vez realizado el diagnóstico y según la calificación de cada una de las áreas se realizan propuestas de mejora para las valoraciones con resultado deficiente o muy deficiente.

### 5.1 CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN.

La evaluación del contexto de la organización busca conocer tanto el ambiente interno como externo en el que se desarrolla la planta.

Tabla 52. Diagnóstico Contexto de la organización

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
<b>AREA 5.1.Contexto de la organización 100%</b>						
<b>5.1.1 Comprensión de la organización y su contexto</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La planta posee política, objetivos, plan de gestión de activos y plan estratégico de gestión de activos. Se tienen definidas por escrito y son comunicadas	25%					
<b>Incumplimiento</b>						
La planta no tiene una política, objetivos, plan estratégico para la gestión de sus activos		8%				
Los objetivos de la gestión de activos no están alineados con los objetivos de la planta		9%				
La organización y sus colaboradores se encuentran comprometidos con el logro de objetivos		8%				
<b>5.1.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Se encuentran plenamente definidas tanto las áreas internas como externas para el S.G.A	25%					
<b>Incumplimiento</b>						
Las áreas internas como ingeniería, contaduría, mantenimiento, operaciones, compras, recepción, logística, accionistas, propietarios se encuentran identificadas con el S.G.A		8%				
Las áreas externas como contratistas, inversores, comunidades locales, representantes de empleados se encuentran identificadas con el S.G.A		8%				
Hay buena comunicación entre las áreas internas y externas para las decisiones que puedan afectarlas en la organización		9%				
<b>5.1.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de activos</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Los límites para el S.G.A están plenamente definidos en el alcance	25%					
<b>Incumplimiento</b>						
Las partes internas y externas no están enterados del alcance del S.G.A		9%				
El alcance no considera los activos, portafolio de activos, demás organizaciones involucradas, funciones de la organización		8%				
El alcance no considera: Responsabilidades de la organización ni la interacción con otras partes		8%				
<b>5.1.4 Sistema de gestión de activos</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La compañía realizó un diagnóstico inicial según a los requisitos de la Norma ISO 55001 para determinar las áreas donde sea necesario propuestas de mejora.	25%					
<b>Incumplimiento</b>						
Fue considerado el modo de priorizar lo que se debe desarrollar primero, según los límites de los recursos disponibles en base a un diagnóstico del estado actual		8%				
Fue realizado un diagnóstico inicial de la gestión en Termostipa		9%				
La organización se encuentra enfocada en dar cumplimiento a todos los objetivos de las 7 áreas de la Norma		8%				

El autor

### 5.2 LIDERAZGO.

El trabajo de la gerencia con la gestión de activos puede demostrarse con el pega para lograr los objetivos de la organización de la siguiente forma.

Tabla 53. Diagnóstico para Liderazgo

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
<b>AREA 5.2.Liderazgo 100%</b>						
<b>5.2.1 Liderazgo y compromiso</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La gerencia de planta demuestra su liderazgo priorizando los principios de gestión de activos, estableciendo prioridades y recursos para los objetivos, estableciendo trabajo colaborativo, apoyando actividades y cursos de mejora continua, monitoreando el desempeño del SGA, acciones correctivas y preventivas.	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
No existe compromiso de la gerencia con : Asignación de recursos, mejora continua, acciones correctivas y preventivas, la gerencia no da la misma importancia a la seguridad, calidad y ambiente		11%				
Todos los colaboradores cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad para el desarrollo de las funciones y responsabilidades correspondientes		12%				
La gerencia no apoya el desarrollo de metodologías FMECA,KPI,ISO55000		12%				
<b>5.2.2 Política</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La política para gestión de activos en termozipa es un enunciado claro el cual hace referencia al logro de los objetivos de la organización, esta además establece los compromisos y expectativas de la planta	30%					
<b>Incumplimiento</b>						
La planta no posee P.G.A o esta no es del conocimiento de los colaboradores		10%				
La planta no posee una política donde se establecen las necesidades de producción,ingeniería,compras y mantenimiento para los diferentes activos a mantener.		10%				
No es clara la relación entre P.G.A y los objetivos de la estación		10%				
<b>5.2.3 Roles, responsabilidades y autoridades de la organización</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Es claro para todos los cargos dentro de la organización, las responsabilidades para cada una de las actividades desarrolladas durante todos los procesos de la planta. Para la asignación de cargos fue considerada la experiencia, educación, liderazgo y compromiso ,existiendo de esta forma un organigrama general y por departamento	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
No hay organigrama en la planta o no está actualizado		9%				
Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tiene pleno conocimiento de sus funciones.		8%				
No hay funciones definidas para cada cargo del organigrama		9%				
No hay autonomía para la toma de decisiones		9%				

El autor

### 5.3 PLANIFICACIÓN

El propósito de la planificación es que a partir de necesidades establecer acciones y oportunidades, Se entiende que el término “riesgo” comprende también oportunidades o propuestas de mejora.

Tabla 54. Diagnóstico para Planificación

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
<b>AREA 5.3 Planificación 100%</b>						
<b>5.3.1 Acciones para hacer frente a riesgos y oportunidades para el sistema de gestión de activos</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
En planta termozipa se planean las acciones necesarias para abordar riesgos entendiendo la causa, efecto y criticidad de los eventos adversos llenando estos riesgos a nivel bajo de criticidad	50%					
<b>Incumplimiento</b>						
La organización no tiene una metodología para realizar evaluación de riesgos en el área de lubricación que permita planificar los equipos que requieren de mayor atención		10%				
A los equipos rotativos -estáticos se les realiza mantenimiento solo en caso de presentar fallas		10%				
La planta no tiene establecidas tareas de mantenimiento preventivas, predictivas para equipos críticos o estas tareas no son desarrolladas según planeación		10%				
No hay procedimientos, formatos de trabajo, manuales así como catálogos de piezas y partes de cada activo		10%				
No están definidas las funciones,localización,criticidad de cada equipo que hacen parte del proceso de tratamiento		10%				
<b>5.3.2 Objetivos de gestión de activos y planificación para lograrlos</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Termozipa asegura que mantenimiento logre sus objetivos identificando fallas para eliminarlas y lograr una mejora continua	50%					
<b>Incumplimiento</b>						
Los objetivos de la planta no son claros,medibles,alcanzables. No es empleado ningún indicador de mantenimiento KPI (MTBF, MTRR, Disponibilidad) para la gestión de lubricación y mantenimiento		10%				
Mantenimiento cuenta con pocos recursos		10%				
La organización posee un proceso de clasificación del riesgo para determinar cuales equipos son críticos, semicríticos, no críticos y así conocer el impacto de estos en el logro de objetivos		10%				
Todos los trabajadores conocen los objetivos de la planta y están comprometidos para lograrlos		10%				
Son analizadas todas las etapas del ciclo de vida de los activos buscando la mejora continua del proceso		10%				

## 5.4 APOYO

Termozipa debe de apoyar el logro de los objetivos determinando y suministrando recursos según tareas planeadas, apoyando la competencia de sus colaboradores, fomentando la toma de conciencia, mejorando la comunicación en todo nivel, implementando la correcta información documentada.

Tabla 55. Diagnóstico para Apoyo

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
<b>AREA 5.4. Apoyo 100%</b>						
<b>5.4.1 Recursos</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Hay un presupuesto destinado para cubrir las actividades planificadas, la planta traza la correspondencia entre los fondos disponibles y las tareas programadas	20%					
<b>Incumplimiento</b>						
No hay suficientes recurso económicos, logísticos de personal para el desarrollo de tareas de mantenimiento y lubricación en la planta		7%				
Los recursos asignados son adecuados para el desarrollo de actividades de los colaboradores tanto internos como externos en todo nivel		6%				
Durante el desarrollo de actividades de mantenimiento hay una coordinación eficaz entre todas las áreas de la organización para contar con personal, herramientas, equipos e instalaciones adecuadas		7%				
<b>5.4.2 Competencia</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La formación, conocimiento, habilidades y experiencia necesaria para cumplir cargos están determinados	20%					
<b>Incumplimiento</b>						
La organización no mejora las competencias de sus colaboradores con programas de formación, intercambio de conocimiento, documentación técnica		5%				
La selección de personal interno o externo no se realiza se según experiencia, estudios y capacidad		5%				
La organización evalúa los proveedores con la finalidad de verificar sus competencias para proveer recursos		5%				
Están plenamente definidos los roles y responsabilidades, descripción de puestos y evaluación de competencias para todos los niveles del organigrama actual		5%				
<b>5.4.3 Toma de conciencia</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Los colaboradores tanto internos como externos conocen y son conscientes de la importancia, las implicaciones, contribuciones, beneficios de la norma ISO 55000 para Termozipa	20%					
<b>Incumplimiento</b>						
Los colaboradores internos y externos desconocen la importancia y los beneficios del S.G.A		7%				
A los colaboradores internos y externos no les interesa los beneficios del S.G.A		7%				
La organización no fomenta la toma de conciencia con cursos, informativos, internet, debates o procesos de consulta para el S.G.A		6%				
<b>5.4.4 Comunicación</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La empresa comunica periódicamente las actividades realizadas para el S.G.A con la finalidad fomentar su importancia, generar compromiso y responsabilidad.	20%					
<b>Incumplimiento</b>						
La organización no utiliza los medios adecuados para comunicar el desarrollo del S.G.A		5%				
Todos las áreas tienen la documentación necesaria sobre los planes de mantenimiento formulados, permitiendo así asesorar en cualquier situación		5%				
El contenido del plan de comunicación no transmite de forma adecuada el grado de desempeño de la organización		5%				
No hay coordinación entre mantenimiento, operaciones y gerencia para gestionar recursos en intervención de equipos durante paradas de planta.		5%				
<b>5.4.5 Información documentada</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La organización posee un completo registro de parámetros de diseño, fallos históricos de los activos, información de proveedores, ubicación física, fechas de puesta de servicio, características de desempeño, mantenimientos para todos sus activos	20%					
<b>Incumplimiento</b>						
No hay trazabilidad o esta no es confiable para el ciclo de vida de los activos		5%				
La recopilación de datos no permite la evaluación de mantenimientos anteriores ni futuros		5%				
La información documentada de parámetros de diseño, fallos y causas históricas, proveedores, ubicación física, fechas de puesta de servicio, características de desempeño, fechas de mejora o reemplazo, necesidades de mantenimiento futuro, información de desempeño de los activos es desordenada y poco confiable		5%				
No hay información (catálogos, planos, costos, especificaciones, garantías) sobre las diferentes alternativas para la adquisición de equipos.		5%				

El autor

## 5.5 OPERACIÓN

La planta debera establecer y afianzar la planificacion y control operacional,la gestion de cambio,la contratacion a terceros estos parametros seran evaluados de la siguiente manera.

Tabla 56. Diagnóstico para operación

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
AREA 5.5 Operación 100%						
<b>5.5.1 Planificación y control operacional</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La planta realiza procedimientos de planificación y control operacionales para la realización eficaz de las tareas contenidas dentro del P.E.G.A. Los procedimientos identifican el responsable de planeación y el modo de ejecutar y medir las actividades	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
Previo a la realización de actividades de mantenimiento u operación la gerencia realiza reuniones técnicas con planeación con la finalidad de coordinar recursos y exponer actividades a realizar		9%				
No esta claramente identificados ni definidos los roles y responsabilidades, procedimientos, formatos de trabajo, asignación de recursos		9%				
No se cuenta con información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento		9%				
No hay instrucciones técnicas que permitan al mecánico aplicar correctamente mantenimiento a los activos		8%				
<b>5.5.2 Gestión de cambio</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
Se despliega la gestión de mantenimiento y operación para realizar cambios en los procedimientos cuando sea necesario	30%					
<b>Incumplimiento</b>						
La organización no aborda de una forma efectiva la realización de cambios ya sean estos internos o externos		10%				
La organización no aborda de una forma efectiva la realización de cambios		10%				
No hay una política clara de gestión de cambios donde se puedan conocer la documentación donde se detalle las intervenciones realizadas en equipos		10%				
<b>5.5.3 Contratación a terceros</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La organización realiza contratación con terceros como apoyo para la realizar actividades de mantenimiento esta actividad se encuentra formalizada a través de un contrato en el cual se especifican cláusulas para alcance, requisitos, responsabilidades, ingeniería, procedimientos, personal, calidad, cronogramas, financiamiento, oportunidades de mejora, procesos para intercambio de información, seguimiento de actividades.	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
Los contratistas no entregan dossier de construcción o puesta en marchas de los trabajos realizados		10%				
La contratación con terceros no cuenta con un contrato para formalizar la realización de actividades y el cumplimiento de requisitos de la compañía		10%				
La organización no realiza interventoría durante actividades de mantenimiento realizadas en planta		15%				

El autor

## 5.6 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

Los indicadores mtbf,mttr,disponibilidad propuestos proporcionan información útil para determinar tanto los puntos positivos como identificación de los equipos que requieren la aplicación de acciones correctivas o mejoras.

Tabla 57. Diagnóstico para Evaluación del desempeño

5.6. Evaluación del desempeño 100%					
<b>5.6.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación</b>					
<b>Cumplimiento</b>					
La organización posee indicadores para evaluar las actividades de gestión de compras, ingeniería, construcción, mantenimiento y operación	35%				
<b>Incumplimiento</b>					
No se llevan indicadores para evaluar las actividades desarrolladas en planta	9%				
Los resultados de los indicadores no son tenidos en cuenta por la organización	9%				
No hay indicadores para todas las áreas de la planta o estos no son socializados con todos los niveles jerárquicos.	9%				
No hay información histórica documentada de indicadores de desempeño	8%				
<b>5.6.2 Auditoría interna</b>					
<b>Cumplimiento</b>					
Existe un programa de auditoría interna para compras, ingeniería, construcción, mantenimiento y operación	35				
<b>Incumplimiento</b>					
No son realizadas auditorías dentro de la planta	15				
La organización realiza auditorías pero estas no cumplen con la programación establecida para cada área	10				
Durante el proceso de auditoría interna no son identificadas oportunidades de mejora o estas no son puestas en práctica para prevenir o corregir no conformidades	10				
<b>5.6.3 Revisión por la dirección</b>					
<b>Cumplimiento</b>					
La gerencia se encuentra comprometida con la revisión de los resultados obtenidos en auditorías internas-externas así como en el seguimiento de medias para mitigar desviaciones	30%				
<b>Incumplimiento</b>					
La gerencia realiza revisiones programadas con la finalidad de verificar actualizaciones y mejoras de consultas de empleados, quejas, resultados de hallazgos de auditorías, no conformidades, kpi	10%				
La revisión realizada por la gerencia es periódica y sus resultados son comunicados para lograr la mejora continua	10%				
No existen historial en auditorías realizadas, gerencia no comunica resultados de revisiones a proveedores	10%				

El autor

## 5.7 MEJORA

Se hace necesario que la planta de agua en Termozipa debe identificar las no conformidades dentro del proceso de tratamiento de agua en las plantas de pretratamiento, desmineralización y químicos para de esta forma tomar acciones preventivas logrando la mejora continua durante el tratamiento de agua desmineralizada.

Tabla 58. Diagnóstico para Mejora

Parámetro ISO 55.000	Puntuación máxima	Valor de incumplimiento	Valoración	Total incumplimiento	Total del área	Propuesta de mejora
<b>5.7. Mejora 100%</b>						
<b>5.7.1 No conformidades y acciones correctivas</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La planta realiza auditorías internas y externas para encontrar no conformidades durante la generación eléctrica tomándolas como base para la programación de acciones correctivas y preventivas logrando de esta forma la mejora continua	30%					
<b>Incumplimiento</b>						
No son tomadas acciones correctivas ni preventivas para lograr la mejora continua		10%				
La planta no tiene establecido un procedimiento para investigación de no conformidades		10%				
Los objetivos de la planta no son actualizados para lograr la mejora continua		10%				
<b>5.7.2 Acciones preventivas</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La organización tiene un plan de acciones preventivas y predictivas para minimizar el impacto de las desviaciones en el proceso de producción de energía eléctrica	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
La organización no tiene implementadas acciones preventivas ni predictivas para las fallas presentadas en los diferentes equipos que hacen parte del proceso		15%				
Las acciones preventivas o predictivas tienen en cuenta toda la información recolectada durante el ciclo de vida de los activos		10%				
No existe listado de equipos y consumibles tampoco clasificación gráfica de lubricantes en planta, estandarización de lubricantes, ruta de lubricación para la toma de acciones preventivas						
La organización realiza seguimiento a las acciones preventivas o predictivas para validar su efectividad		10%				
<b>5.7.3 Mejora continua</b>						
<b>Cumplimiento</b>						
La organización identifica, evalúa e implementa acciones encaminadas a la mejora del proceso de producción	35%					
<b>Incumplimiento</b>						
Para el logro de la mejora continua la organización desarrolla: investigación de fallos -La planta tiene metodologías para evaluar la eficiencia de las acciones que lleva a cabo según consecuencias FO- SF- MA- IC- OR- OC		9%				
Se llevan históricos y estos son analizados para conocer la incidencia del mantenimiento en la organización.		8%				
Para el logro de la mejora continua la organización desarrolla: auditorías y capacitaciones con todos los trabajadores de planta		9%				
Mantenimiento no aprovecha las oportunidades de mejora continua encontradas durante el diagnóstico de la planta según ISO 55.000		9%				
<b>TOTAL</b>						

El autor

Cada una de las siete áreas que conforman la norma ISO 55.000 se encuentra valorada con un porcentaje total de 100%. En las casillas correspondientes a los totales por incumplimiento del ítem se enseña la suma de las puntuaciones obtenidas en la columna de valoración. El valor logrado en el punto anterior se suma para obtener el valor total del área para así determinar la categoría del diagnóstico según la siguiente tabla. Una vez determinado el estado de la evaluación del diagnóstico en muy eficiente, eficiente, bueno, deficiente, muy deficiente se realizan las propuestas de mejora en la casilla señalada.

Tabla 59. Categorías de evaluación

%	Categoría
0 - 40	Muy Deficiente
41 - 60	Deficiente
61 - 80	Bueno
81 - 90	Eficiente
91 - 100	Muy Eficiente

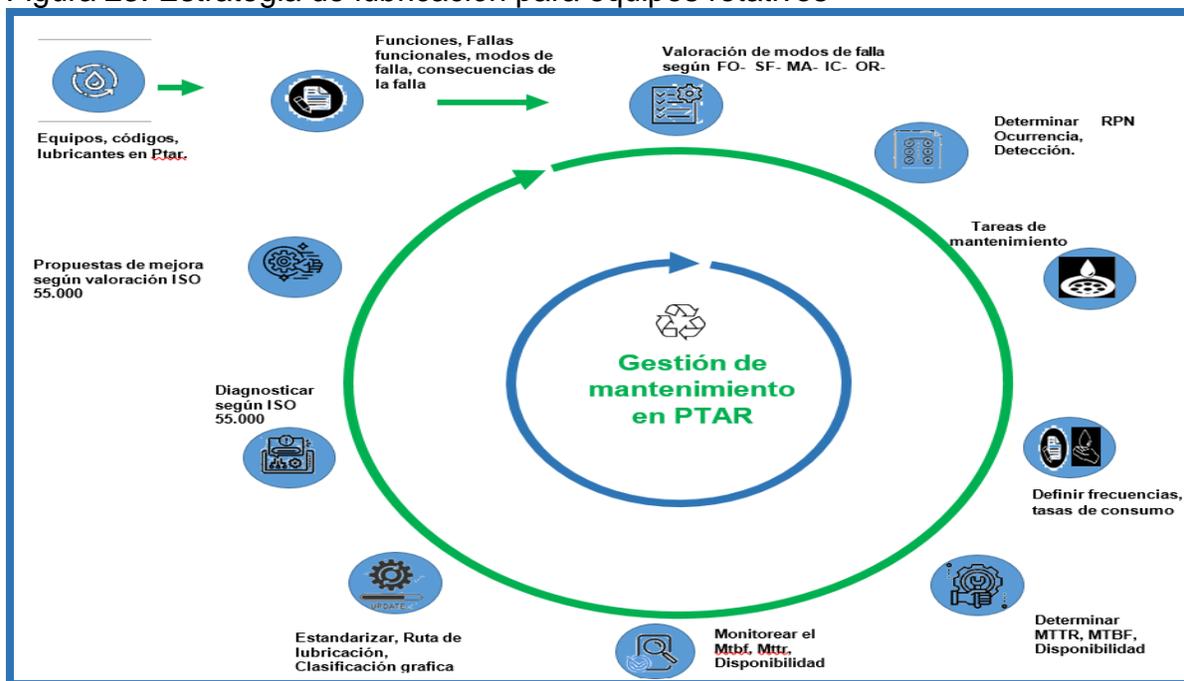
El autor

El ciclo propuesto donde se identificaron equipos, códigos, lubricantes, funciones, ubicación, fallas, modos de falla, consecuencias de la falla, además se valoraron y

priorizaron la criticidad y el numero prioritario de riesgo, tareas de mantenimiento, indicadores de mantenimiento, proponiendo una estrategia de diagnóstico. Tendrá como resultado un funcionamiento continuo y confiable del proceso de tratamiento, el cual redundará en beneficio para la central térmica y así una mayor posibilidad de reducir la criticidad de equipos rotativos que intervienen en proceso para lograr una mayor competitividad en la producción de agua desmineralizada.

El uso fmecca, indicadores de mantenimiento, normativa ISO 55.000 para evaluar y optimizar el sistema de mantenimiento está asociado a propuestas como parte de la gestión en lubricación para los equipos rotativos fortaleciendo el ciclo actual de mantenimiento de planear, hacer, verificar y actuar.

Figura 23. Estrategia de lubricación para equipos rotativos



El autor

## **ANTECEDENTES**

En la ptar Termozipa-Colombia se han desarrollado proyectos relacionados con la siguiente normativa ambiental.

Resolución 631-2015:Parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas superficiales

Decreto 1076-2015: Reglamento del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Resolución 12.07-2014: Uso de aguas residuales tratadas.

Resolución 1514-2012: Plan de gestión de riesgo para el manejo de vertimientos.

La planta para tratamiento fue construida entre los años 2018-2020 por lo cual su gestión de mantenimiento para los equipos rotativos y estáticos fue alineada con el modelo P,H,V,A practicado en las diferentes áreas de la Termoeléctrica, siendo este el primer proyecto desarrollado específicamente para la planta de tratamiento con la finalidad de consolidar y mejorar la gestión de lubricación en los equipos que intervienen en el proceso.

## **METODOLOGIA**

Se realizó análisis de los equipos rotativos en la PTAR de Termozipa para identificar las fallas asociadas a lubricación y sus respectivas causas que generan paradas donde se utiliza la metodología FMECA para clasificar la criticidad de las fallas presentadas en motores, bombas, reductores, sopladores que intervienen en el proceso para producción de agua desmineralizada. Con la utilización de esta metodología se determina la incidencia de estos modos de falla en la seguridad física, medio ambiente, imagen corporativa, costos de reparación y efectos en los clientes.

Una vez identificados los modos de falla críticos y valorado el número prioritario de riesgo son consignados en la hoja de información para proponer tareas de mantenimiento donde son señalados modos de falla, tipo de decisión, tareas propuestas, frecuencias y responsable.

A partir del número de fallas presentado durante un año en los equipos rotativos críticos son determinados los indicadores de mantenimiento, a partir de los resultados determinados se sugieren alternativas para mejorar cada indicador.

Se propone el diagnóstico de la gestión de mantenimiento evaluando las áreas señaladas por la norma ISO 55.000 esto con la finalidad de encontrar propuestas de mejora para las áreas con valoración deficiente y muy deficiente.

### **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El diagnóstico del estado actual realizado por FMECA, KPI busca profundizar en la comprensión del problema e interpretar los factores que actúan en el proceso de mantenimiento para proponer una estrategia de mantenimiento, el estudio tiene carácter descriptivo pues se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del mantenimiento. Esta investigación permite elaborar una solución a un problema específico “disminuir equipos rotativos críticos”. Cabe destacar, que este tipo de investigación permite medir y recolectar información sobre la gestión de mantenimiento en Termozipa.

Fueron recolectados datos en función de la variable de estudio cuantitativamente para detectar las desviaciones dando como resultado valores que reflejan la condición del mantenimiento en la planta de agua.

### **TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

Para el desarrollo del proyecto son tenidas en cuenta las siguientes técnicas.

**Observación.** Se observó el proceso para tomar información y registrarla para su posterior análisis.

**Lista de chequeo.** Recolección de datos para mostrar información.

**Discusión Grupal.** Fue realizada con supervisores, ingenieros y mecánicos de mantenimiento con el fin de analizar la gestión de lubricación.

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Se elaboró una etapa de recolección de información y diagnóstico de los equipos rotativos que hacen parte del tratamiento de para obtener agua desmineralizada, se propone una estrategia para diagnosticar gestión de mantenimiento a partir de parámetros de la Norma ISO 55.000 con preguntas y escalas de estimación para medir hechos, buscando el aporte del personal, para detectar oportunidades de mejora en el modelo actual de la planta PHVA.

## **POBLACIÓN-VARIABLE DE ESTUDIO**

Población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones. Así la muestra es en esencia, un subgrupo de la población. Debido a que el proyecto busca satisfacer necesidades de Terozipa se toma como muestra la ptar. La variable de investigación, se trata de elementos interdependientes que pueden ser medidos, cuantificados y calificados, entonces la variable es la gestión de mantenimiento

## **INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Instrumento es el medio que utiliza el autor para recolectar información. Para tal fin se usó FMECA, ALD, KPI y Norma ISO 55.000 para evaluar y medir la gestión de mantenimiento.

**Validez.** Forma en que mide la variable que se desea medir. Los modos de falla son clasificados según criticidad y numero prioritario de riesgo para así proponer tareas de mantenimiento y disminuir su impacto negativo en planta de agua. Una vez diligenciados los cuestionarios propuestos para diagnosticar la gestión de mantenimiento según parámetros de la norma ISO 55.000 pueden ser sometidos a una validez de contenido y de fondo, a través de la técnica de "juicios expertos"; por lo que podrán ser seleccionados dos expertos magister cuya experiencia será la apropiada para realizar las correcciones pertinentes.

## PRESUPUESTO

Con la implementación de este proyecto el personal asignado a la gestión del mantenimiento estará en proceso de hacerse cada vez más competente en gestión de lubricación mediante la adopción de nuevas estrategias de organización (FMECA, ALD, KPI, ISO 55.000) para el logro de mejores resultados disminuyendo o reemplazando tareas de mantenimiento correctivo por actividades de mantenimiento preventivo o predictivo, para esto se propone un presupuesto.

Tabla 60. Presupuesto I

PROPUESTA PARA EVALUAR Y OPTIMIZAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LUBRICACIÓN INDUSTRIAL EN UNA PLANTA PARA TRATAMIENTO DE AGUA.			
Recurso	Costo /Hora	Horas	Costo anual
Entrenamiento de ingeniero en análisis de modo y efecto de falla	178.200	24	4.276.800
Entrenamiento de ingeniero indicadores de mantenimiento KPI	115.200	40	4.608.000
Entrenamiento de ingeniero en ISO 55.000	193.333	30	5.800.000
Entrenamiento mecánico de lubricación	125.000	40	5.000.000
Salario de Ingeniero responsable de actualización, control y cargue de AMEF, planes de mantenimiento ,KPI,ISO 55.000	21.875	1.920	42.000.000
Salario de mecánico de lubricación	9.375	1.920	18.000.000
Análisis lubricante (9 tareas a condición en bombas-reductores x 7 análisis por año)			6.000.000
Análisis lubricante (4 tareas a condición en motores x 10 análisis por año)			5.000.000
Documentación para la gestión de mantenimiento (papelaría, útiles de escritorio, impresión-fotocopias)			1.100.000
Total inversion			91.784.800

El autor

Actualmente una hora de parada en la planta de agua según gerencia cuesta \$6.586.726, la planta de agua tiene un tiempo medio entre fallas de 181,9 horas, un tiempo medio de reparación 10 horas, horas de fallas 489,4 y una disponibilidad de 95,71% una vez implementadas las estrategias propuestas se pretende aumentar el tiempo medio entre fallas a 380,5 horas, disminuir el tiempo medio de reparación a 3,5 horas, disminuir las horas de falla a 233,8 y aumentar disponibilidad a 99,08%. Esto lleva que la planta logre una mayor cantidad de agua desmineralizada y entregada a las calderas aumentando así las ganancias para Termozipa en aproximadamente \$ 1.593.758.383,4 anuales.

Tabla 61. Presupuesto II

	Gestión actual	Gestión proyectada
MTBF(Horas)	181,9	380,5
MTTR(Horas)	10	3,5
DISPONIBILIDAD	95,71%	99,08%
Horas de fallas	489,7	233,8
Horas de producción ganadas	255,9	
Costo de una hora de parada Ptar \$	6.586.726	
Ganancia	1.685.543.183,5	

El autor

## CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado se logro un consolidado diferenciando los equipos rotativos criticos, semicriticos, no criticos para jerarquizar fallas y modos de fallas, aumentando las probabilidades de anticiparse y tomar medidas preventivas disminuyendo los efectos que puedan llegar a tener durante el proceso de tratamiento en la seguridad, medio ambiente, imagen corporativa, reparación y clientes.

Realizar 22 tareas de mantenimiento preventivo,14 tareas de mantenimiento predictivo y 36 tareas menos de mantenimiento correctivo dando cumplimiento a frecuencia, tasas de consumo y responsable se resume como mayor duración del equipo rotativo y 489,7 más horas de producción. Que en términos modernos significan la vida útil de la planta, ayudando a cerrar el ciclo tradicional en que se estancó la planta de agua y es tener a mantenimiento entre el circulo de la falla y la reparación.

La determinación de los indicadores MTBF mayor= 380,5 horas, MTBF menor= 181,9 horas --MTTR menor = 3,5 horas MTTR mayor =10 horas – Disponibilidad mayor= 99,08% Disponibilidad menor= 95,71%. Ofrecen una imagen de los niveles actuales de desempeño, sirviendo como herramientas esenciales para optimizar la gestión de mantenimiento y para trazar un objetivo por cumplir de cada KPI. Los equipos rotativos de las diferentes áreas están llamados a aportar a disponibilidad la cual fue medida y proyectada para lograr el control preventivo de sus componentes.

El diagnóstico de la gestión de mantenimiento planteado bajo parámetros de la norma ISO 55.000 proyecta encontrar oportunidades de mejora en los ítems señalados logrando así la mejora continua de toda la gestión de mantenimiento en la planta de agua, buscando optimizar las diferentes áreas diagnosticadas. La gerencia de la planta podrá evidenciar que la gestión de mantenimiento y lubricación es más eficiente gracias al fortalecimiento del ciclo planear, hacer, verificar y actuar.

## BIBLIOGRAFIA

ALBARRACIN AGUILLON, Pedro, Mantenimiento predictivo: Análisis de aceites. Bucaramanga.2008.14-7.

ARCINIEGAS ALBARES, Carlos Alberto. Mantenimiento productivo total. Bucaramanga.2009.81p.

DUFFUAA.S.RAOUF,A.DIXON,J. Sistemas de Mantenimiento Planeación y control. Mejico.Limusa Wiley.2002

GONZALES BOHORQUEZ. Carlos Ramon.Principios de mantenimiento. Bucaramanga.2007.108p.

MOUBRAY.Jhon. Mantenimiento centrado en confiabilidad, Buenos aires, Ellman, Sueiro y asociados,2004,433p

MORA GUTIERREZ. Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios, Envigado,Amg,2009,306p

MORA GUTIERREZ. Luis Alberto. Mantenimiento industrial efectivo. Medellín. Coldi.1999.340p.

ISO55.000-55001-55002.Gestion de activos, sistema de gestión de activos, España. Asociación española de normalización y certificación.

TAMAYO DOMINGUEZ. Carlos Mario.Gerencia del mantenimiento, Bucaramanga, 2008,79p

SKF.Lubricación de maquinaria y análisis de aceites según ISO 4406- ISO 3448, 2016,255p

SKF. Catálogo general de rodamientos SKF.Bogota,976P

ZAMBRANO-LEAL.Fundamentos básicos de mantenimiento. Venezuela. Feunet.2007

<https://es.slideshare.net/CarlosAlbertoZiga/administracion-moderna-de-mantenimiento-lourival-tavares>

<https://es.slideshare.net/Skepper63/ntc1486-normas-icontecparatrabajosdegrado>

## **ANEXOS**

**ANEXO A.** Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla desmineralización

**ANEXO B.** Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla químicos

**ANEXO C.** Valoración y Graficas criticidad, numero prioritario de riesgo desmineralización

**ANEXO D.** Valoración y Graficas criticidad, numero prioritario de riesgo químicos

**ANEXO E.** Equipos críticos en planta para tratamiento de agua

**ANEXO F.** Diagrama de flujo planta de tratamiento

## ANEXO A. Funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla desmineralización

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA
00GCF11AP001	15. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N1	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Suministrar presión para eliminar partículas que causan la turbidez como sólidos en suspensión, bacterias, materia coloidal, grasas y proteínas- Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 Kw. Bomba a 7,5 kW	Motor genera ruidos anormales	Carcasa rota
		Bomba Robuschi RNS 32-160		No hay descarga	Referencia de rodamiento no corresponde Insuficiente agua en tanque de succión Sentido de giro incorrecto Bomba no esta cebada Impulsor obstruido
00GCF12AP001	16. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N2	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Suministrar presión para eliminar partículas que causan la turbidez como sólidos en suspensión, bacterias, materia coloidal, grasas y proteínas- Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 Kw. Bomba a 7,5 kW	Acople desalineado	Vibraciones fuera de limite Golpes durante instalación
		Bomba Robuschi RNS 32-160		Fuga de producto	Carcasa rota Sello mecánico dañado
00GCF13AP001	17. Bomba de alimentación ultrafiltración UF N3	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Suministrar presión para eliminar partículas que causan la turbidez como sólidos en suspensión, bacterias, materia coloidal, grasas y proteínas- Motor a 440V 3600 rpm y 7,5 Kw. Bomba a 7,5 kW	Aumentos repentinos en temperatura de carcasa	El rotor roza el estator Sobrecarga
		Bomba Robuschi RNS 32-160		El sistema genera ruido	La bomba no gira libremente
00GCP12AP001	19. Bomba para Lavar ultrafiltración UF	Motor Weg -W22 IE3	Con de la adición de compuestos químicos lavar trenes de UF . Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Perdida de grasa	Mucha grasa Grasa no es del tipo recomendado
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Elevada temperatura en línea de succión	Valvulas cerradas Filtro de succión obstruido
00GCP12AP002	19.1 Bomba para Lavar ultrafiltración UF	Motor Weg -W22 IE3	Con de la adición de compuestos químicos lavar trenes de UF . Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Motor no arranca	Motor no esta conectado a 440v No hay energía eléctrica Ablandamiento de grasa
		Bomba Robuschi RNS 32-16		No hay transmisión de movimiento Motor-Bomba	Cables de alimentación rotos Acople no fue instalado Acople mal instalado
00GCF11AP011	20. Bomba de alta presión.Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3 -225S/M02	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V ,3600 rpm y 37 Kw. Bomba a 37 kW	Daño en retenedores	Mucha grasa Poca grasa
		Bomba Robuschi RNS 40-250		Bomba no arranca	Acople entre motor-bomba mal instalado Contaminación de aceite
00GCF12AP011	21. Bomba de alta presión.Osmosis inversa OI N2	Motor Weg W22 IE3-225S/M02	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V ,3600 rpm y 37 Kw. Bomba a 37 kW	Aumento de temperatura en motor	Endurecimiento de grasa
		Bomba Robuschi RNS 40-250		Fuga de lubricante	Indicador de nivel roto Instalación de sello mecánico deficiente
00GCF13AP011	22. Bomba de alta presión.Osmosis inversa OI N3	Motor Weg W22 IE3-225S/M02	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V ,3600 rpm y 37 Kw. Bomba a 37 kW	Motor no da giro	Carga demasiado alta Devanado del estator esta abierto
		Bomba Robuschi RNS 40-250		Perdida de potencia	Voltaje no es 440V Cavitación Desalineamiento motor-Bomba
00GCP13AP011	23. Bombas de lavado osmosis inversa OI N1	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Lavado continuo de membranas de ósmosis inversa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada
				Perdida de potencia	La válvula de control aguas abajo se abre demasiado Filtro de succión obstruido Bolsa de aire en línea de succión
00GCP13AP002	24. Bombas de lavado osmosis inversa OI N2	Motor Weg -W22 IE3-132M-02	Lavado continuo de membranas de ósmosis inversa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	Aumento de temperatura en motor	Devanado deteriorado
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Rotor de bomba desgastado	Bomba mal ensamblada Vibraciones fuera de limite Bomba fue golpeada
00GCP14AP001	25. Mezclador CIP	Motor Weg W22 IE3-132M-02	Mezclar agua de los trenes OI,EDI,UF y agua de servicio.Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor transmitir 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Goteo de grasa por eje de motor	Mucha grasa Viscosidad de lubricante incorrecta
		Reductor Helicoidal		Juego excesivo de ejes en entrada y salida de reductor	Retenedores desgastados
00GCF14AP002	26. Bomba para el CIP N1	Motor Weg W22 IE3-132M-02	Limpiar las membranas de los trenes de ultrafiltración UF, osmosis inversa RO yelectrodesionización EDI de todos los compuestos incrustados-Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 KW. Bomba A 5,5 KW	El accionamiento motor-bomba no arranca	Motor no genera potencia esperada de 5,5 KW Viscosidad de lubricante incorrecta Carga exterior alta Alimentación con una sola fase
		Bomba Robuschi RNS 32-16		No hay descarga	Tubería de descarga no esta torqueada Tubería obstruida Valvulas cerradas Motor bomba desacoplados
00GCF12AP021	28. Bomba de alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para produccion de agua desmineralizada-Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba a 7,5 KW	Motor no gira	Friccion rotor-estator Contaminación de grasa
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Desgaste de rodamientos	Vibraciones fuera de limite Aceite no es del tipo recomendado bomba Desbalanceo
00GCF13AP021	29. Bomba de alimentación EDI N2	Motor: Weg W22 IE3-132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para produccion de agua desmineralizada. Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba 7,5 KW	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Perdida de lubricante	Torque insuficiente en juntas bridadas Daño en retenedores
00GCF14AP021	29.1 Bomba de alimentación EDI N3	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para produccion de agua desmineralizada.Motor a 440V ,3600 rpm y 7,5 KW. Bomba 7,5 KW	Motor se detiene inesperadamente	Mucha grasa Motor conectado incorrectamente Poca grasa
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Daños en eje	Vibraciones fuera de limite Desalineamiento motor-Bomba Acople desalineado
00GCR12 AP001	30. Bomba para la cuenca de neutralización N1	Motor Zenit BJ2356-LJ	Recircular agua de trenes ultrafiltración,tanque cip,almacenamiento químicos al proceso de clarifloculación.Motor a 440V ,900 rpm y 5,5 Kw, Bomba a 5,5 kW ,caudal 116 L/S	Motor no gira	No hay energía eléctrica Voltaje no es 440V
		Bomba sumergible ZUG V065AS ,5/2AWR125		Caudal inferior a 116 L/S	Difusor roto Acumulación de impurezas en succión
00GCR12 AP002	30.1 Bomba	Motor Zenit BJ2356-LJ	Recircular agua de trenes ultrafiltración,tanque cip,almacenamiento químicos al	Conjunto motor	Sentido de giro de rotor incorrecto

	para la cuenca de neutralización N2 Agitadores piso	Bomba sumergible ZUG V065A5_5/2AWR125	proceso de clarifloculación.Motor a 440V ,900 rpm y 5,5 Kw. Bomba a 5,5 kW	bomba no arranca	Conjunto no se encuentra anclado a superficie
00GCC11AN003 -M01	31. Soplador de aire	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Limpieza de trenes ultrafiltración N1,N2,N3.Motor a 440V ,900 rpm y 11 Kw. Soplador transmitir 11 kW para impulsar aire.	Ruidos extraños al arrancar Potencia no es la esperada de 11 kW	Deficiente anclaje a soporte Contacto rotor-estator Filtro de succión obstruido Tubería de succión o descarga suelta
00GCC11AN003 -M0155	31.1 Soplador de aire	Motor: WEG-W22 IE3 Robuschi Robox-RBS 25/F	Limpieza de trenes ultrafiltración N1, N2,N3. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 900 rpm y potencia de 11 Kw. Soplador transmitir 11 kW de potencia para impulsar aire.	Recalentamiento de motor Soplador no gira	Ventilador de motor roto Motor con una sola fase Contacto entre lóbulos

## ANEXO B. Funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos de falla químicos

CODIGO	EQUIPO--SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA
00GCR13-BR707	32.Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Mezclar agua de servicio con polielectrolito I (Poliacrílico -PAA).Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor transmitir 0,37 kW , con torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Motor no arranca El agitador no se pone en marcha	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada Holgura de rodamiento aumentada Holgura de rodamiento disminuida Acople motor-reductor suelto Contaminación de aceite
00GCR13-BR708	32.1Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Mezclar agua de servicio con polielectrolito I (Poliacrílico -PAA).Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor transmitir 0,37 kW , Torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Motor no arranca	Cuerpo extraño rotor-estator Contacto rotor-estator Rotor deteriorado Estator deteriorado
00GCR12AP015	33.Bomba dosificadora de polielectrolitos 1	Motor siemens 1AV3112A Bomba ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Dosificar polielectrilito I en tanques de floculación N1,2.Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 KW. Bomba a 5,5 KW, Caudal 38 m³/h	Motor no se enciende La bomba gira pero no bombea.	El motor se ha conectado en modo erróneo. Falta de energía eléctrica. Rotor está dañado Succión bloqueada
00GCR12BB014	34. Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Mezclar agua de servicio con polielectrolito II (sulfonato de poliestireno).Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor 0,37 kW , torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Daños eléctricos motor Engranajes desgastados	protección de motor deteriorada Inadecuada conexión en motor Vibraciones fuera de limite Vibraciones fuera de limite
00GCR12BB0145	34.1 Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Mezclar agua de servicio con polielectrolito II (sulfonato de poliestireno).Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor transmitir 0,37 kW , con torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Daño en piñones caja reductora	Piñón de ataque no es el adecuado Instalación de trenes de reducción inadecuada
00GCR12BB0146	35.Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor Siemens 1AV3112A Bomba centrífuga ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Dosificar polielectrilito II (sulfonato de poliestireno) en filtro prensa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 KW. Bomba transmitir 5,5 KW de potencia,Fluido debe estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C.Caudal 38 m³/h	La bomba no funciona según curva La bomba no funciona según curva	Motor mal conectado Motor no es el adecuado Tubo de succión obstruido Tubo de descarga obstruido El cuerpo de la bomba está dañado.
00GCR12BB0147	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor Siemens 1AV3112A Bomba centrífuga ,DEBEM Tipo MB155-P-TSVS	Dosificar polielectrilito II (sulfonato de poliestireno) en filtro prensa. Motor a 440V ,1800 rpm y 5,5 KW. Bomba a 5,5 KW KW ,Fluido debe estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C.Caudal 38 m³/h	Bomba no transmite 5,5 KW KW de potencia,Fluido entregado con temperatura 70°C	Rodamientos no fueron sustituido en motor Referencia de rodamiento no corresponde Líquido muy denso Eje de bomba deteriorado
00GCN11BB001	36. NaClO Tanque- Hipoclorito de sodio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Mezclar agua de servicio con NaClO-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. El reductor transmitir 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	La protección de sobrecarga se salta Temperatura de servicio elevada	Sobrecarga en la línea Corto circuito Daño en piñones Fuga de lubricante Contaminación de aceite
00GCN11AA903	37.NaClO Dosificador-- Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Mezclar agua de servicio con H2SO4-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Motor se detiene inesperadamente Baja presión	Cableado de alimentación roto No hay energía eléctrica Pérdidas de aceite a través de carcasa Bomba no trasmite potencia de 0,37 KW
00GCN11BP001	37.1 NaClO Dosificador-- Hipoclorito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Mezclar agua de servicio con H2SO4-Motor a 440V ,1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba a 0,25 kW	Recalentamiento de motor Bomba se detiene inesperadamente	Incorrecta conexión Funcionamiento con una sola fase Contaminación de aceite
00GCR12BB01	38. PAC Tanque— Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS	Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. El reductor transmitir 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Daño en rodamientos El líquido bombeado se ha mezclado con el aceite de la cámara hidráulica	Rodamientos no fueron sustituido en motor Vibraciones fuera de limite Rose entre piezas rotativas y fijas La membrana eats rota
00GCN12AA203	39.PAC Dosificador-- Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Suministrar PAC a mezclador estático entrada tanques de premezclado-Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,25 kW. Bomba 0,25 kW	Motor sin ruido y sin movimiento Bomba no transmite 0,25 KW	Cables de alimentación rotos Retenedores en mal estado Tapas de bomba mal ajustada Contaminación de aceite
00GCN12AA601	39.1PAC Dosificador-- Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14 Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	La bomba no descarga	Entrada de aire en tubería Velocidad de motor baja Rotación incorrecta Filtro de succión obstruido
00GCN16BB001	40 Antiescalante	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con Metabisulfito de sodio -Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,37 kW. El reductor transmitir 0,37 kW , con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	No hay transmisión de movimiento	Inadecuada instalación de acople

	Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador)	Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS		motor-reductor	El aceite genera demasiada espuma	Aceite no es del tipo recomendado reductor Aceite no es del tipo recomendado reductor Contaminación de aceite
00GCN16AA204	41. Antiescalante Dosisificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar Antiescalante-Metabisulfito de sodio a mezclador estático entrada entrada de trenes de osmosis inversa -Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW	Motor no arranca	Sin alimentación eléctrica Sin fase Baja tensión	Eje de la bomba con Golpes Bomba vibra
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		El rotor toca el cuerpo de la bomba.		
00GCN16AA204	41.1 Antiescalante Dosisificador--Metabisulfito de sodio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar Antiescalante-Metabisulfito de sodio a mezclador estático entrada entrada de trenes de osmosis inversa -Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba 0,25 kW	Velocidad cae inesperadamente	Caida de voltaje Repentina sobrecarga	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Temperatura elevada en carcasa	Contaminación de aceite Nivel alto de aceite en bomba Mal alineamiento motor-bomba Nivel bajo de aceite en bomba	
00GCN12AA601	42. SMBS Tanque Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con SMBS -Motor a 440V ,1800 rpm y 0,37 kW. Reductor 0,37 kW , con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Ruido	Tensión y desalineación en tuberías de succión y descarga Soporte de bomba no está bien anclado	Eje doblado
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS		Torque no es el adecuado 72 Nm	Seeger sueltos Trenes de reducción mal ensamblados Acople no es del tipo adecuado	
00GCN15B8001	43. SMBS Dosisificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Motor requiere demasiada potencia	Policloruro de aluminio muy viscoso Pistas de rodamientos atascadas	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Temperatura elevada	Nivel bajo de aceite en bomba Nivel alto de aceite en bomba Aceite no es del tipo recomendado bomba	
00GCN15B800155	43.1 SMBS Dosisificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V ,1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	No se logra movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW.	Motor mal conectado Grasa no es del tipo recomendado Incompatibilidad de grasa	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E				
00GCN17B8001	44. NaOH Tanque--Soda caustica (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con NaOH-Motor a 440V ,1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmitir 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Motor parado	Protección activada Desequilibrio de tensión Sin fase	
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS		Reductor no gira	Piñon de ataque deteriorado Trenes de transmisión mal ensamblados	
00GCN17AA401.	45. NaOH Dosisificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar NaOH a mezclador estático entrada lavado de trenes de ultrafiltración, cuenca de neutralización, trenes de osmosis inversa-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW	Motor se detiene inesperadamente	Rodamientos no fueron sustituido en motor Referencia de rodamiento no corresponde	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Bomba se detiene inesperadamente	Fallo del suministro eléctrico Proteccion de motor activada	
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosisificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW	No hay transmisión de movimiento motor-reductor	Contaminación de grasa Motor no esta conectado Acople no esta ensamblado Acople roto	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E				
00GCN17AA404	45.2 NaOH Dosisificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba 0,25 kW de potencia	Sobrecalentamiento de motor	Ventilador roto Ventilador mal instalado Alimentación con una sola fase	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Bomba no produce flujo	Diámetro de succión inadecuado Diámetro de descarga inadecuado	
00GCN18B8001	46. H2SO4 Tanque--Acido sulfúrico (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con H2SO4-Motor a 440V ,1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmitir 0,37 kW , con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Motor no genera movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW	Daños en red eléctrica Motor mal ensamblado	
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM002/S MBS		Relación de reducción no es de 8,75:1.	Anillos seeger no fueron instalados en caja reductora Trenes de reducción insuficientes	
00GCN18AA213	47. H2SO4 Dosisificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización, lavado de trenes de ultrafiltración-Motor a 440V ,1800 rpm y de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW	Motor no gira a 1800 rpm	Motor no es del tipo solicitado	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Fugas en bomba	Empaques desgastados Empaques mal instalados Fugas en succión Fugas en descarga	
00GCN18AA902	47. 1 H2SO4 Dosisificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización, lavado de trenes de ultrafiltración-Motor a 440V ,1800 rpm y 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW	Deterioro de rodamientos	Vibraciones fuera de limite	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Flujo de salida de la bomba reducido	Línea de descarga obstruida Valvulas parcialmente abiertas	
00GCN18AA905	47. 2 H2SO4 Dosisificador--Acido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización ,lavado de trenes de ultrafiltración.Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Motor no gira a 1.800 rpm,bomba no transmite la potencia esperada 0,25 kW	Grasa no es del tipo recomendado	
		Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E		Bomba no descarga fluido	La tubería de entrada o la bomba están parcialmente obstruidas debido a la acumulación de impurezas Voltaje no es 440V Fuga de acido sulfúrico en tubería cavitación	

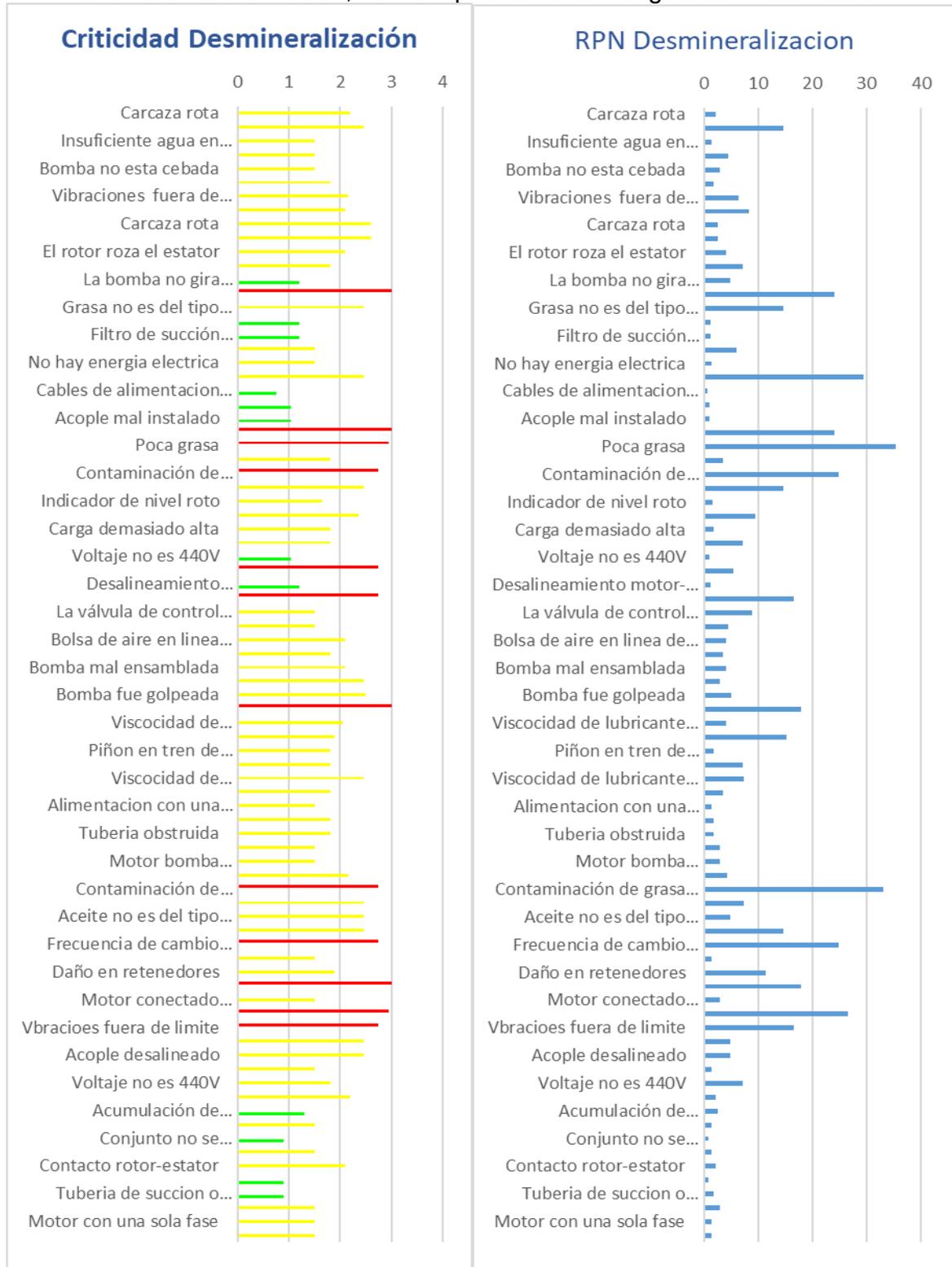
## ANEXO C. Valoración de criticidad, numero prioritario de riesgo desmineralización

2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Falla esporádica	FALL OS OCU LTOS FO 0,05	Va L o r	SEG URIDAD FÍSICA SF 0,20	v a l o r	MED IO AMBI ENT E MA 0,10	v a l o r	IMA GEN CORP ORAT IVA IC 0,30	v a l o r	REPARACI ÓN OR 0,30	v a l o r	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC 0,05	v a l o r	Criti cida d	O C U R R E N C I A	v a l o r	D E T E C C I Ó N	v a l o r	RPN	
Motor genera ruidos anormales	carcasa rota	No son eliminadas partículas que causan la turbidez como sólidos en suspensión, bacterias, materia coloidal, grasas y proteínas	2	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,2	A	1	A	1	2,2	
	Referencia de rodamiento no corresponde		6	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	B	2	C	3	14,7	
No hay descarga	Insuficiente agua en tanque de succión		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5	
	Sentido de giro incorrecto		7	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	C	3	A	1	4,5	
	Bomba no esta cebada		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	B	2	3	
	Impulsor obstruido		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8	
Acople desalineado	Vibraciones fuera de limite		8	E	4	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 51 y 500 dólares	1	2,15	C	3	A	1	6,45	
	Golpes durante instalacion		5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	B	2	B	2	8,4	
Fuga de producto	Carcasa rota		1	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6	
	Sello mecanico dañado		2	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6	
Aumentos repentinos en temperatura de carcasa	El rotor roza el estator	No son eliminadas partículas que causan la turbidez sólidos en suspensión, bacterias, materia coloidal, grasas y proteínas	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2	
	Sobrecarga		5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	B	2	7,2	
El sistema genera ruido	La bomba no gira libremente		5	B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,2	B	2	B	2	4,8	
Pérdida de grasa	Mucha grasa		1	D	3	D	3	D	3	E	4	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3	D	4	B	2	24	
	Grasa no es del tipo recomendado		6	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	B	2	C	3	14,7	
Elevada temperatura en linea de succión	Valvulas cerradas		2	B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,2	A	1	A	1	1,2	
	Filtro de succión obstruido		2	B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,2	A	1	A	1	1,2	
Motor no arranca	Motor no esta conectado a 440v		No es realizado proceso de limpieza y lavado de los trenes de filtración N1,N2,N3	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	B	2	6
	No hay energia eléctrica			2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
	Ablandamiento de grasa			1	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	D	4	C	3	29,4
No hay transmision de movimiento Motor-Bomba	Cables de alimentacion rotos	3		B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 1 y 50 dólares	0	0,75	A	1	A	1	0,75	
	Acople no fue instalado	2		B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 1 y 50 dólares	0	1,05	A	1	A	1	1,05	
	Acople mal instalado	1		B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 1 y 50 dólares	0	1,05	A	1	A	1	1,05	
Daño en retenedores	Mucha grasa	1		D	3	D	3	D	3	E	4	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3	D	4	B	2	24	
	Poca grasa	1		E	4	D	3	C	2	E	4	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 51 y 500 dólares	3	2,95	D	4	C	3	35,4	
Bomba no arranca	Acople entre motor-bomba mal instalado	3		B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6	
	Contaminación de aceite	7		E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	C	3	C	3	24,75	
Aumento de temperatura en motor	Endurecimiento de grasa	6	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	B	2	C	3	14,7		
Fuga de lubricante	Indicador de nivel roto	2	A	0	C	2	C	2	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,65	A	1	A	1	1,65		
	Instalacion de sello mecanico deficiente	4	C	2	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,35	B	2	B	2	9,4		

Motor no da giro	Carga demasiado alta	Bomba no desarrolla 37 kW de potencia por lo que no es posible retener sales en membrana semipermeable.	2	B	1	C	2	A	0	D	3	dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
	Devanado del estator esta abierto		6	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	B	2	7,2
Pérdida de potencia	Voltaje no es 440V		1	B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 1 y 50 dólares	0	1,05	A	1	A	1	1,05
	cavitación		1	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	A	1	B	2	5,5
	Desalineamiento motor-Bomba		1	E	4	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 1 y 50 dólares	0	1,2	A	1	A	1	1,2
Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada		Proceso de lavado con agua desalinizada para membranas de osmosis inversa en los trenes N1,N2,N3 no es realizado disminuyendo vida útil de membranas.	6	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	B	2	C	3
Pérdida de potencia	La válvula de control aguas abajo se abre demasiado	N1,N2,N3 no es realizado disminuyendo vida útil de membranas.	7	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	C	3	B	2	9
	Filtro de succión obstruido		7	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	C	3	A	1	4,5
	Bolsa de aire en línea de succión		3	E	4	C	2	B	1	E	4	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	4	2,1	A	1	B	2	4,2
Aumento de temperatura en motor	Devanado deteriorado	Proceso de lavado con agua desalinizada para membranas de osmosis inversa en los trenes N1,N2,N3 no es realizado disminuyendo vida útil de membranas.	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
Rotor de bomba desgastado	Bomba mal ensamblada		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	Vibraciones fuera de limite		4	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	B	2	C	3	3
	Bomba fue golpeada	1	B	1	C	2	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,5	A	1	B	2	5	
Goteo de grasa por eje de motor	Mucha grasa	La potencia 0,37 kW, el torque de 72 Nm y la relación de 8,75:1. no son desarrolladas por reductor helicoidal,necesarias para el proceso de agitación.	9	D	3	D	3	D	3	E	4	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3	C	3	B	2	18
	Viscosidad de lubricante incorrecta		2	E	4	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,05	A	1	B	2	4,1
Juego excesivo de ejes en entrada y salida de reductor	Retenedores desgastados		10	B	1	C	2	A	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	D	4	B	2	15,2
Ruido excesivo Funcionamiento anormal	Piñón en tren de reducción no corresponde		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
El accionamiento motor-bomba no arranca	Motor no genera potencia esperada de 5,5 KW	No se logra un adecuado proceso CIP Cleaning in Place (Limpieza in situ), Remoción de partículas contaminantes alojadas en interior de circuitos de tubería.	6	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	B	2	7,2
	Viscosidad de lubricante incorrecta		3	E	4	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	A	1	C	3	7,35
	Carga exterior alta		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	A	1	3,6
	Alimentación con una sola fase		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
No hay descarga	Tubería de descarga no esta torquada	No se logra un adecuado proceso CIP Cleaning in Place (Limpieza in situ), Remoción de partículas contaminantes alojadas en interior de circuitos de tubería.	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
	Tubería obstruida		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
	Valvulas cerradas		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	A	1	3
	Motor bomba desacoplados		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	A	1	3
Motor no gira	fricción rotor-estator	Equipos retirados de producción y puesto en mantenimiento	2	A	0	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,15	A	1	B	2	4,3
	Contaminación de grasa		10	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	D	4	C	3	33
Desgaste de rodamientos	Vibraciones fuera de limite		2	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	A	1	C	3	7,35
	Acete no es del tipo recomendado bomba	3	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	A	1	B	2	4,9	
	Desbalanceo	4	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,45	B	2	C	3	14,7	
Aumento consumo	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Pérdida de calidad del agua tratada durante el	8	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	C	3	C	3	24,75



## ANEXO C. Graficas criticidad, numero prioritario de riesgo desmineralización



El Autor

## ANEXO D. Valoración criticidad, numero prioritario de riesgo químicos

2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	Falla	FALLAS OCU LTOS FO	VALOR	SEGURIDAD FISICA SF	VALOR	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE MA	VALOR	IMAGEN CORPORATIVA IC	VALOR	REPARACIÓN OR	VALOR	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	VALOR	Criticidad	OCURRENCIA	VALOR	DETECCIÓN	VALOR	RPN
Motor no arranca	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.Pérdida de producción	7	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	C	3	C	3	24,75
	Holgura de rodamiento aumentada		2	E	4	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,25	A	1	C	3	6,75
	Holgura de rodamiento disminuida		1	E	4	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,25	A	1	C	3	6,75
El agitador no se pone en marcha	Acople motor-reductor suelto	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	A	1	3,6
	Contaminación de aceite		4	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	C	3	18,3
Motor no arranca	Cuerpo extraño rotor-estator	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	1	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Contacto rotor-estator		2	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Rotor deteriorado		1	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Estator deteriorado		1	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
Motor no se enciende	El motor se ha conectado en modo erróneo.	Polielectrolitos dosificados no se entregan con temperatura solicitada deben estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	A	1	3
	Falta de energía eléctrica.		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
La bomba gira pero no bombea.	Rotor está dañado	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,4	A	1	B	2	4,8
	succión bloqueada		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
Daños electricos motor	Protección de motor deteriorada	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	1	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Inadecuada conexión en motor		2	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Vibraciones fuera de limite		4	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	B	2	C	3	16,5
Engranajes desgastados	Vibraciones fuera de limite		2	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	A	1	C	3	9,15
Daño en piñones caja reductora	Piñón de ataque no es el adecuado	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
	Instalación de trenes de reducción inadecuada		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
La bomba no funciona según curva	Motor mal conectado	Polielectrolitos dosificados no se entregan con temperatura solicitada deben estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C	2	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Motor no es el adecuado		1	B	1	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
La bomba no funciona según curva	Tubo de succión obstruido	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	1	B	1	C	2	B	1	B	1	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1	A	1	B	2	2
	Tubo de descarga obstruido		1	B	1	C	2	B	1	B	1	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1	A	1	B	2	2
	El cuerpo de la bomba está dañado.		1	B	1	C	2	B	1	B	1	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,6	A	1	B	2	3,2
Bomba no transmite 5,5 KW KW de potencia, Fluido entregado con temperatura 70°C	Rodamientos no fueron sustituido en motor	Polielectrolitos dosificados no se entregan con temperatura solicitada deben estar entre +3°C hasta un máximo de 65°C	6	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	C	3	18,3
	Referencia de rodamiento no corresponde		0	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	D	4	C	3	36,6
	Líquido muy denso		3	C	2	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,35	A	1	B	2	4,7
	Eje de bomba deteriorado		2	B	1	C	2	B	1	B	1	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,6	A	1	B	2	3,2

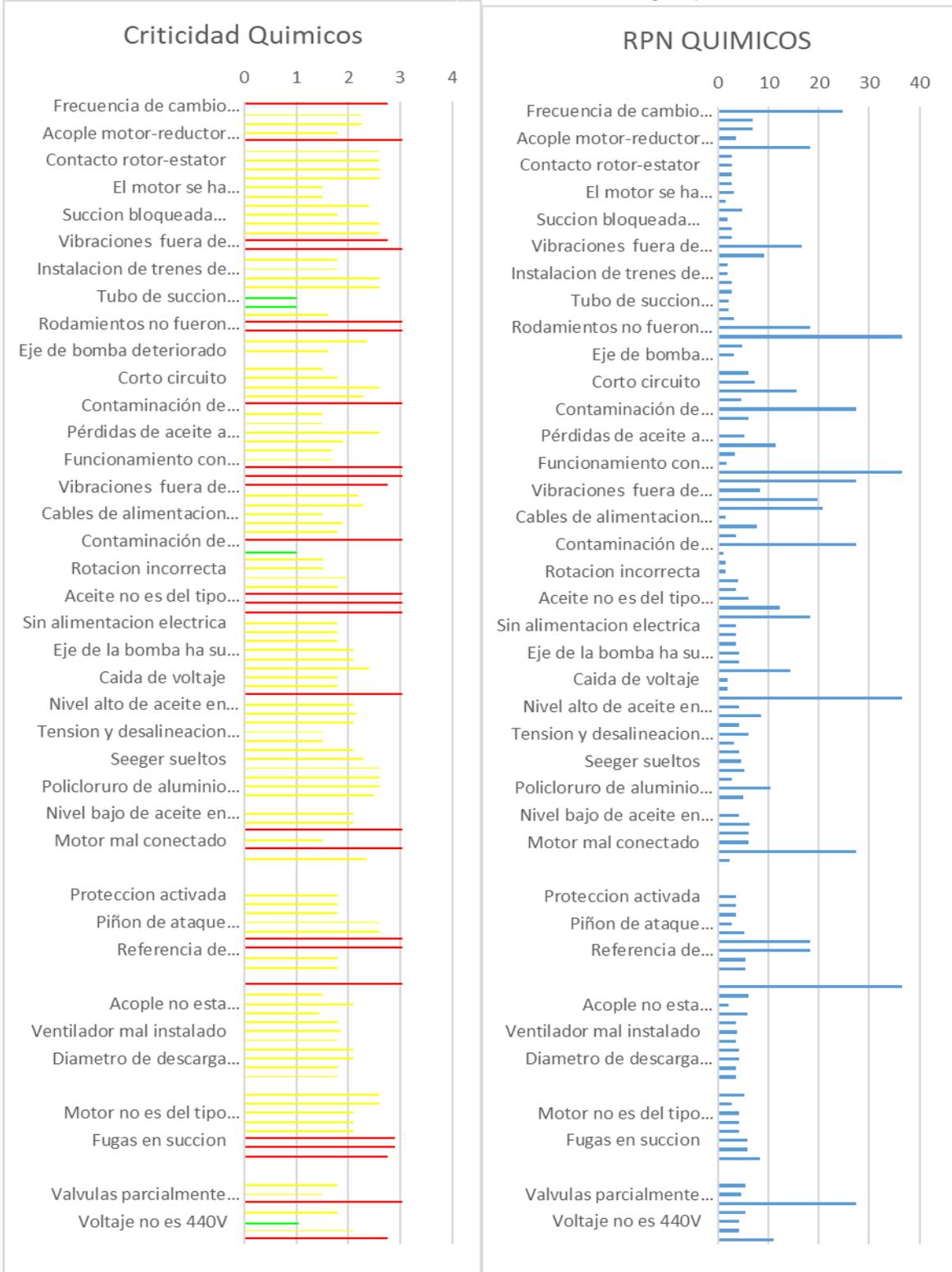
La protección de sobrecarga se salta	Sobrecarga en la línea	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	B	2	6
	Corto circuito		5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	B	2	7,2
Temperatura de servicio elevada	Daño en piñones		7	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	C	3	B	2	15,6
	Fuga de lubricante		3	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	A	1	B	2	4,6
	Contaminación de aceite		8	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	C	3	C	3	27,45
Motor se detiene inesperadamente	Cableado de alimentación roto	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h	6	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	B	2	6
	No hay energía eléctrica		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
Baja presión	Pérdidas de aceite a través de carcasa		3	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	B	2	5,2
	Bomba no transmite potencia de 0,37 KW		7	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	C	3	B	2	11,4
Recalentamiento de motor	Incorrecta conexión	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h	6	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 51 y 500 dólares	1	1,7	B	2	A	1	3,4
	Funcionamiento con una sola fase		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 51 y 500 dólares	1	1,7	A	1	A	1	1,7
Bomba se detiene inesperadamente	Contaminación de aceite		10	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	D	4	C	3	36,6
Daño en rodamientos	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	7	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	C	3	C	3	27,45
	Vibraciones fuera de límite		3	E	4	D	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	A	1	C	3	8,25
	Rose entre piezas rotativas y fijadas		6	D	3	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,2	C	3	C	3	19,8
El líquido bombeado mezclado con aceite de cámara hidráulica	La membrana está rota		8	D	3	C	2	B	1	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	C	3	C	3	20,7
Motor sin ruido y sin movimiento	Cables de alimentación rotos	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h, impactos negativos por fallos ocultos y seguridad física	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
Bomba no transmite 0,25 KW	Retenedores en mal estado		6	B	1	C	2	B	1	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,9	B	2	B	2	7,6
	Tapas de bomba mal ajustada		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	A	1	3,6
	Contaminación de aceite		7	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	C	3	C	3	27,45
La bomba no descarga	Entrada de aire en tubería	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	2	B	1	C	2	B	1	B	1	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1	A	1	A	1	1
	Velocidad de motor baja		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
	Rotación incorrecta		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	A	1	A	1	1,5
	Filtro de succión obstruido		6	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2	B	2	A	1	4
No hay transmisión de movimiento motor-reductor	Inadecuada instalación de acople	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	B	2	A	1	3,6
El aceite genera demasiada espuma	Aceite no es del tipo recomendado reductor		3	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	A	1	B	2	6,1
	Aceite no es del tipo recomendado reductor		5	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	B	2	12,2
	Contaminación de aceite		5	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	C	3	18,3
Motor no arranca	Sin alimentación eléctrica	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h, impactos negativos para la imagen corporativa	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Sin fase		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Baja tensión		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
El rotor toca el cuerpo de la	Eje de la bomba ha sufrido daños por Golpes		3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2

bomba.	Bomba vibra		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
			6	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 501 y 5.000 dólares	2	2,4	B	2	C	3	14,4
Velocidad cae inesperadamente	Caída de voltaje	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
	Repentina sobrecarga		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	A	1	1,8
Temperatura elevada en carcasa	Contaminación de aceite	Mayor consumo de energía eléctrica del motor	1	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	D	4	C	3	36,6
	Nivel alto de aceite en bomba		1	B	1	B	1	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 501 y 5.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	Mal alineamiento motor-bomba		6	C	2	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,15	B	2	B	2	8,6
	Nivel bajo de aceite en bomba		1	B	1	B	1	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 501 y 5.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
Ruido	Tensión y desalineación en tuberías de succión y descarga	Riesgo de lesiones para personal de operación y mantenimiento durante retiro de equipo por contacto con producto químico, contaminación ambiental por posible derrame de sustancia química.	6	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	B	2	6
	SopORTE de bomba no esta bien anclado		5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	A	1	3
	Eje doblado		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
Torque no es el adecuado 72 Nm	Seeger sueltos		2	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,3	A	1	B	2	4,6
	Trenes de reduccion mal ensamblados		1	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	B	2	5,2
	Acople no es del tipo adecuado		2	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
Motor requiere demasiada potencia	Polícloruro de aluminio muy viscoso	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h ,impacto negativo para seguridad física y medio ambiente	3	B	1	C	2	C	2	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	B	2	B	2	10,4
	Pistas de rodamientos atascadas		2	B	1	D	3	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,5	A	1	B	2	5
Temperatura elevada	Nivel bajo de aceite en bomba			2	B	1	B	1	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 501 y 5.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2
	Nivel alto de aceite en bomba		2	B	1	B	1	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 501 y 5.000 dólares	3	2,1	A	1	C	3	6,3
	Aceite no es del tipo recomendado bomba		1	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	A	1	B	2	6,1
No se logra movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW.	Motor mal conectado	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	5	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	B	2	B	2	6
	Grasa no es del tipo recomendado		8	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	C	3	C	3	27,45
	Incompatibilidad de grasa		1	C	2	C	2	C	2	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,35		1		1	2,35
Motor parado	Protección activada	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Desequilibrio de tension		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Sin fase		1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
Reductor no gira	Piñon de ataque deteriorado		2	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
	Trenes de transmisión mal ensamblados		6	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	B	2	A	1	5,2
Motor se detiene inesperadamente	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	4	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	C	3	18,3
	Referencia de rodamiento no corresponde		5	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	B	2	C	3	18,3
Bomba se detiene inesperadamente	Fallo del suministro eléctrico		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	C	3	5,4
	Proteccion de motor activada		2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	C	3	5,4
No hay transmisión de movimiento motor-reductor	Contaminación de grasa	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	9	E	4	C	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	D	4	C	3	36,6
	Motor no esta conectado		4	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50	0	Entre 5.001	3	1,5	B	2	B	2	6

									dólares	y 50.000 dólares										
	Acople no esta ensamblado	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	A	1	2,1
	Acople roto	4	B	1	C	2	A	0	C	2	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 501 y 50.000 dólares	2	1,45	B	2	B	2	5,8
Sobrecalentamiento de motor	Ventilador roto	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Ventilador mal instalado	3	C	2	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,85	A	1	B	2	3,7
	Alimentación con una sola fase	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
Bomba no produce flujo	Diámetro de succión inadecuado	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	Diámetro de descarga inadecuado	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
Motor no genera movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW	Daños en red eléctrica	3	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
	Motor mal ensamblado	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	A	1	B	2	3,6
Relación de reducción no es de 8,75:1.	Anillos seeger no fueron instalados en caja reductora	4	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	B	2	A	1	5,2
	Trenes de reducción insuficientes	1	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,6	A	1	A	1	2,6
Motor no gira a 1800 rpm	Motor no es del tipo solicitado	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
Fugas en bomba	Empaques desgastados	2	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	Empaques mal instalados	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	Fugas en succión	3	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,9	A	1	B	2	5,8
	Fugas en descarga	3	B	1	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,9	A	1	B	2	5,8
Deterioro de rodamientos	Vibraciones fuera de límite	3	E	4	C	3	D	3	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	A	1	C	3	8,25
Flujo de salida de la bomba reducido	Línea de descarga obstruida	8	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	C	3	A	1	5,4
	Valvulas parcialmente abiertas	7	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,5	C	3	A	1	4,5
Motor no gira a 1.800 rpm, bomba no transmite la potencia esperada 0,25 kW	Grasa no es del tipo recomendado	8	E	4	E	4	E	4	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	3,05	C	3	C	3	27,45
	La tubería de entrada o la bomba están parcialmente obstruidas debido a la acumulación de impurezas	8	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	1,8	C	3	A	1	5,4
Bomba no descarga fluido	Voltaje no es 440V	4	B	1	C	2	A	0	B	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 1 y 50 dólares	0	1,05	B	2	B	2	4,2
	Fuga de ácido sulfurico en tubería	1	B	1	C	2	A	0	D	3	Entre 501 y 5.000 dólares	2	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,1	A	1	B	2	4,2
	cavitación	4	E	4	C	2	C	2	D	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	Entre 5.001 y 50.000 dólares	3	2,75	B	2	B	2	11

El Autor

**ANEXO D. Graficas criticidad, numero prioritario de riesgo químicos**



El Autor

## ANEXO E. Equipos críticos en planta para tratamiento de agua

CODIGO	EQUIPO-SERVICIO	COMPONENTE	1.FUNCION	2.COMO FALLA	3.MODOS DE FALLA	4. Efectos de la falla	F X a ñ o	Critic idad	RPN
00GCB11AP001	5.Bomba centrífuga para agua clarificada	Motor Weg W22 IE3	Succionar agua clarificada de tanque y descargar en filtros de arena, Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 45 Kw. La bomba transmitir 45 kW de potencia	Alta temperatura en rodamientos	Poca grasa	Agua y lodos no son separados adecuadamente. Motor no genera gira a 3600 rpm ni potencia de 45 KW. Reducción de vida útil de motor y bomba	8	2,95	26,55
					Frecuencia de cambio de grasa inadecuada		9	2,75	24,75
					Mucha grasa		8	3	18
00GCS11AP002	7.1 Bomba centrífuga alimentación espesador	Bomba Robuschi- RKNS 32-20	Transferir lodos producidos desde clarificadores lamella N1,2 hasta espesador-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 2,2 Kw. Bomba transmitir 2,2 kW de potencia	Perdida de material en bomba	Material abrasivo en agua	No se obtiene el caudal requerido de 7.000 L/h. Aumento de consumo de energía. Lodos producidos en clarificadores lamella N1,2 no son trasladados a espesador	2	2,9	2,9
EP009AC-AP021	8.Mezclador para espesador cónico	Motor ABB M3BP80MLC4	Extracción de lodos por decantación, mediante el accionamiento del eje central que va provisto de helices que van arrastrando los lodos-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 7,5 kW. El reductor transmite 7,5 kW de potencia, con torque 404 Nm, relación 40:1.	Motor presenta alta temperatura	Contaminación de grasa	Motor no genera las 1800 rpm necesarias para proceso de extracción de lodos en espesador. No hay transmisión de potencia motor-reductor de 7,5 KW con torque 404 Nm y relación de reducción 40:1.	3	2,75	8,25
00GCC11AN001-MO1	12. Soplador de aire de lóbulos	Motor: WEG-W22 IE3	Limpiar filtros de arena N 1,2,3. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 900 rpm y potencia de 11 Kw. Soplador transmitir 11 kW de potencia para impulsar aire.	Daños en rodamientos	Poca grasa	No se logra el flujo de aire requerido 240 m³/h-140 cfm para lavar filtros de arena	5	2,95	17,7
00GCC11AN002-MO1	12.1 Soplador de aire de lóbulos	Robuschi Robox-RBS 25/F	Limpiar filtros de arena N 1,2,3. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 900 rpm y potencia de 11 Kw. Soplador transmitir 11 kW de potencia para impulsar aire.	Válvula de alivio no cierra	Valvula esta mal calibrada	No se logra el flujo de aire requerido 240 m³/h-140 cfm para lavar filtros de arena	3	2,8	5,6
					Valvula no esta calibrada		3	2,8	5,6
00GCP11AP002	13.1 Bomba para lavar filtros de arena	Motor WEG W22 IE3-160L-02	Lavar filtros de arena N 1,2,3-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 15 Kw. Bomba transmitir 15 kW de potencia	Vibración	Contaminación de grasa	No se logra el caudal de agua requerido 22500 L/h- para lavar filtros de arena	7	2,75	24,75
		Bomba ROBUSCHI-RNS 65-160			Contaminación de aceite		3	2,75	8,25
00GCP12AP001	19. Bomba para Lavar ultrafiltración UF	Motor Weg - W22 IE3	Con de la adición de compuestos químicos lavar trenes de UF . Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 5,5 Kw. Bomba transmitir 5,5 kW de potencia	Perdida de grasa	Mucha grasa	No es realizado proceso de limpieza y lavado de los trenes de filtración N1,N2,N3	11	3	24
00GCF11AP011	20. Bomba de alta presión. Osmosis inversa OI N1	Motor Weg W22 IE3--2255/M02	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 37 Kw. Bomba transmitir 37 kW de potencia	Daño en retenedores	Mucha grasa	Bomba no desarrolla 37 kW de potencia por lo que no es posible retener sales en membrana semipermeable.	10	3	24
		Bomba Robuschi RNS 40-250			Poca grasa		10	2,95	35,4
					Contaminación de aceite		7	2,75	24,75
00GCF13AP011	22. Bomba de alta. presión Osmosis inversa OI N3	Bomba Robuschi RNS 40-250	Impulsar agua para retener sales en membrana semipermeable. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 37 Kw. Bomba transmitir 37 kW de potencia	Perdida de potencia	Cavitación	Bomba no desarrolla 37 kW de potencia por lo que no es posible retener sales en membrana semipermeable.	1	2,75	5,5
00GCP13AP011	23. Bombas de lavado osmosis inversa OI N1	Motor Weg - W22 IE3-132M-02	Lavado continuo de membranas de ósmosis inversa. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 5,5 Kw. Bomba transmitir 5,5 kW de potencia	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Proceso de lavado con agua desalinizada para membranas de osmosis inversa en los trenes N1, N2, N3 no es realizado disminuyendo vida útil de membranas.	6	2,75	16,5
00GCP14AP001	25. Mezclador CIP	Motor Weg W22 IE3-132M-02	Mezclar agua de los trenes OI, EDI, UF y agua de servicio. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 Kw. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Goteo de grasa por eje de motor	Mucha grasa	La potencia 0,37 kW, el torque de 72 Nm y la relación de 8,75:1. no son desarrolladas por reductor helicoidal, necesarias para el proceso de agitación.	9	3	18
00GCF12AP021	28. Bomba de alimentación EDI N1	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes EDI 1,2,3 para producción de agua desmineralizada-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 7,5 KW. Bomba transmitir 7,5 kW de potencia	Motor no gira	Contaminación de grasa	Equipos retirados de producción y puesto en mantenimiento	10	2,75	33
00GCF13AP021	29. Bomba de alimentación EDI N2	Motor: Weg W22 IE3-132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes EDI 1,2,3 para producción de agua desmineralizada. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 7,5 KW. Bomba transmitir 7,5 kW de potencia	Aumento consumo de energía eléctrica	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	Pérdida de calidad del agua tratada durante el proceso de restablecimiento del equipo	8	2,75	24,75

00GCF14AP021	29.1 Bomba de alimentación EDI N3	Motor: Weg W22 IE3--132M-02	Ingresar agua desalinizada en trenes Edi 1,2,3 para producción de agua desmineralizada. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 3600 rpm y potencia de 7,5 kW. Bomba transmitir 7,5 kW de potencia	Motor se detiene inesperadamente	Mucha grasa	Pérdida de producción, efectos en la seguridad, medio ambiente, reparación	7	3	18	
		Bomba Robuschi RNS 32-16		Daños en eje	Poca grasa		7	2,95	26,55	
00GCN13-BR707	32. Mezclador polielectrolito 1 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con polielectrolito I (Poliacrilico - PAA). Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Motor no arranca	Frecuencia de cambio de grasa inadecuada	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1. Pérdida de producción	7	2,75	24,75	
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM00 2/5MBS		El agitador no se pone en marcha	Contaminación de aceite		4	3,05	18,3	
00GCR128B014	34. Mezclador polielectrolito 2 agua de servicio	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Mezclar agua de servicio con polielectrolito II (sulfonato de poliestireno). Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 97 Nm, relación 11,82:1.	Daños eléctricos motor	Vibraciones fuera de limite	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 97 Nm y relación de reducción 11,82:1.	4	2,75	16,5	
		Reductor Quantis KKS:00GCN15AM00 2/5MBS		Engranajes desgastados	Vibraciones fuera de limite		2	3,05	9,15	
00GCR128B0147	35.1 Bomba dosificadora de polielectrolitos 2	Motor Siemens 1AV3112A	Dosificar polielectrolito II (sulfonato de poliestireno) en filtro prensa. Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 5,5 kW. Bomba transmitir 5,5 kW KW de potencia. Fluido debe estar entre +30C hasta un máximo de 650C. Caudal 38 m³/h	Bomba no arranca	Rodamientos no fueron sustituido en motor	Polielectrolitos dosificados no se entregan con temperatura solicitada deben estar entre +30C hasta un máximo de 650C	6	3,05	18,3	
				Referencia de rodamiento no corresponde	1		0	3,05	36,6	
00GCN118B001	36. NaClO Tanque-Hipoclorito de sodio (Mezclador)	Reductor Quantis KKS:00GCN15AM00 2/5MBS	Mezclar agua de servicio con NaClO-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Temperatura de servicio elevada	Contaminación de aceite	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	8	3,05	27,45	
00GCN118P001	37.1 NaClO Dosificador--Hipoclorito de sodio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Mezclar agua de servicio con H2SO4-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Bomba se detiene inesperadamente	Contaminación de aceite por agua en bomba	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h	1	0	3,05	36,6
00GCN128B01	38. PAC Tanque--Policloruro de aluminio (Mezclador)	Motor ABB-M3BP71MLE4-3GBP	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	Daño en rodamientos	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	7	3,05	27,45	
					Vibraciones fuera de limite		3	2,75	8,25	
00GCN12AA203	39. PAC Dosificador--Policloruro de aluminio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Suministrar PAC a mezclador estático entrada tanques de premezclado-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Bomba no transmite 0,25 kW	Contaminación de aceite por agua en bomba	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h, impactos negativos por fallos ocultos y seguridad física	7	3,05	27,45	
00GCN168B001	40. Antiescalante Tanque Metabisulfito de sodio (Mezclador)	Reductor Quantis KKS:00GCN15AM00 2/5MBS	Mezclar agua de servicio con Metabisulfito de sodio -Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,37 kW. El reductor transmite 0,37 kW de potencia, con torque 72 Nm, relación 8,75:1.	El aceite genera demasiada espuma	Aceite no es del tipo recomendado reductor	No hay transmisión de potencia motor-reductor de 0,37 KW con torque 72 Nm y relación de reducción 8,75:1.	3	3,05	6,1	
					Aceite no es del tipo recomendado		5	3,05	12,2	
					Contaminación de aceite		5	3,05	18,3	
00GCN16AA204	41.1 Antiescalante Dosificador--Metabisulfito de sodio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Suministrar Antiescalante-Metabisulfito de sodio a mezclador estático entrada de trenes de osmosis inversa -Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Temperatura elevada en carcasa	Contaminación de aceite	Mayor consumo de energía eléctrica del motor	1	1	3,05	36,6
00GCN158B001	43. SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Temperatura elevada	Aceite no es del tipo recomendado bomba	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h, impacto negativo para seguridad física y medio ambiente	1	1	3,05	6,1
00GCN158B00155	43.1 SMBS Dosificador--Policloruro de aluminio	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	No se logra movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW.	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	8	3,05	27,45	
00GCN17AA401.	45. NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar NaOH a mezclador estático entrada lavado de trenes de ultrafiltración, cuenca de neutralización, trenes de osmosis inversa-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Motor se detiene inesperadamente	Rodamientos no fueron sustituido en motor	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	4	3,05	18,3	
					Referencia de rodamiento no corresponde		5	3,05	18,3	
00GCN17AA403	45.1 NaOH Dosificador--Soda caustica	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	No hay transmisión de movimiento motor-reductor	Contaminación de grasa por agua en motor	No se obtiene el caudal requerido de 21,8 L/h	9	3,05	36,6	
00GCN18AA213	47. H2SO4 Dosificador--Ácido sulfúrico	Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización. Lavado de trenes de ultrafiltración-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Fugas en bomba	Fugas en succión	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h, oportunidades de mejora medio ambiente, imagen corporativa	3	2,9	5,8	
					Fugas en descarga		3	2,9	5,8	
00GCN18AA902	47.1 H2SO4 Dosificador-- Ácido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización, lavado de trenes de ultrafiltración-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Deterioro de rodamientos	Vibraciones fuera de limite	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h, oportunidades de mejora en efectos en los cliente	3	2,75	8,25	
00GCN18AA905	47.2 H2SO4 Dosificador-- Ácido sulfúrico	Motor Marelli Motori MAA71MB4B14	Suministrar H2SO4 a mezclador estático entrada cuenca de neutralización. Lavado de trenes de ultrafiltración-Motor a 440V convertir energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento a 1800 rpm y potencia de 0,25 kW. Bomba transmitir 0,25 kW de potencia	Motor no gira a 1.800rpm, bomba no transmite la potencia esperada 0,25 kW	Grasa no es del tipo recomendado	No se obtiene el caudal requerido de 14,2 L/h, impactos negativos para los costos de reparación y efectos en los clientes	8	3,05	27,45	
				Bomba Doseuro BI-175-18/C-43 DV E	Bomba no descarga fluido		Cavitación	4	2,75	11

El Autor

# ANEXO F. Diagrama de flujo planta de tratamiento

