

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAISO - CHILE



Diseño de plan de mantenimiento basado en riesgo
para planta de tratamiento de residuos sólidos y
líquidos

Sebastián Ignacio Osorio Valenzuela

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA:

Prof.Dr.-Ing. Jaime Núñez S

PROFESOR CORREFERENTE:

Prof.Dr.-Ing. Pedro Sariego P

Noviembre - 2015

RESUMEN

En este estudio se presenta el proceso de diseño de un plan de Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) que se realizó para la planta de tratamiento de residuos sólidos y líquidos Hidronor. Para su elaboración se consideró una campaña de captura de datos del desempeño operativo del parque de activos de la planta con el fin de identificar los principales riesgos asociados a la operación, y a su vez los equipos cuyas fallas generan estas situaciones de alto riesgo.

Su implementación involucró la identificación de los riesgos, su evaluación comparativa (priorización de riesgos) y la planificación de las acciones que permitirán mantener bajo control los riesgos asociados a las fallas de los equipos.

Se identificaron 23 equipos críticos de un total de 89 equipos operativos, los cuales poseen 171 modos de fallas dominantes. Para mitigar las consecuencias generadas por estos modos de fallas se proponen 116 tareas de mantenimiento que resguardan la seguridad del personal, la integridad del medio ambiente, la calidad de los servicios de tratamiento y la operatividad de la Planta.

La distribución de tareas que propone el plan contiene un 56% de tareas de inspección y búsqueda de fallas, 25% de tareas de sustitución y reacondicionamiento, 13% mantenimiento correctivo, 5% mantenimiento en base a condición y un 1% de rediseños. La factibilidad técnica para la realización de las tareas fue analizada por el grupo de mantenedores de la Planta.

Una vez que este plan entre en operación, Hidronor podrá hacer un uso eficiente y rentable de sus activos a través del control de riesgo que estos tienen asociados.

ABSTRACT

Risk-based Maintenance (RBM), has been one of the most used maintenance strategies since 1990.

In this study, RBM was applied to a waste treatment plan Hidronor located at Pudahuel Santiago-Chile in the framework of improve current maintenance plan which is based mainly on recommendations supplied by the manufacture of equipments.

First, a risk assessment was performed to a total of 89 operational equipments by using Failure Mode and Effects and Criticality Analysis (FMECA). From risk analysis they were identified 23 critical equipments having 171 dominant failure mode.

Second, to mitigate the consequences generated by these failure mode it is proposed 116 maintenance task considering safety, environment integrity and the quality of the service provided to customers.

Finally the results of this study propose a new maintenance plan which consider 56% of inspections and fault finding, 25% replacement and refurbishment, 13% corrective maintenance, 5% maintenance based on condition and 1% of redesign, all this task using the existing workforce.

Keywords: RBM, Corrective Maintenance, Waste Treatment Plan

INDICE

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
1. INTRODUCCION	VII
2. OBJETIVOS	VIII
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VIII
3. PLAN DE TRABAJO	9
4. ESTADO DEL ARTE.....	11
4.1 EL MANTENIMIENTO Y SU EVOLUCIÓN	11
4.2 EL MANTENIMIENTO BASADO EN RIESGO (MBR)	14
4.3 EL RIESGO.....	15
4.4 ETAPAS DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO MBR	17
4.5 LA INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO (RBI)	19
4.6 EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).....	22
4.7 GESTIÓN DE EQUIPOS PARA EL MANTENIMIENTO	32
4.8 CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS	34
4.9 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, SUS EFECTOS Y CRITICIDAD (AMFEC)	38
4.10 GESTIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	41
5. ANTECEDENTES GENERALES DE HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL.....	46
5.1 MODO DE OPERACIÓN DE LA PLANTA	47
5.1.1 Recepción y Clasificación	47
5.1.2 Almacenamiento	47

5.1.3 Tratamiento	48
5.1.3.1 Tratamiento sector físico-químico.....	48
5.1.3.2 Tratamiento sector blending.....	49
5.1.3.3 Tratamiento sector inertización.....	50
5.1.4 Disposición final sector depósito de seguridad	52
5.2 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA	53
5.2.1 Organigrama de la Planta	53
5.2.2 Grupo de mantenimiento y método de trabajo	54
5.2.3 Administración de los datos de mantenimiento	55
5.2.4 Programación y ejecución de los trabajos de mantenimiento	56
5.2.5 Turnos de mantenimiento	57
5.2.6 Diagnóstico del mantenimiento actual	57
6. DISEÑO DEL NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR.....	59
6.1 CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS DE HIDRONOR.....	59
6.2 EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LOS EQUIPOS DE HIDRONOR.....	61
6.3 AMFEC DE EQUIPOS CRÍTICOS DE HIDRONOR.....	76
6.4 ÁRBOL DE DECISIÓN APLICADO A HIDRONOR.....	81
6.5 CONFECCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	81
7. CONTROL DEL NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO	91
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.....	97

1. INTRODUCCION

Hidronor S.A, Pudahuel es una planta para el tratamiento de residuos industriales sólidos y líquidos que provee sus servicios a las industrias ubicadas en las cercanías de la Región Metropolitana, sus principales clientes corresponden a plantas textiles, plantas químicas, plantas mineras y metal-mecánicas. Estas industrias generan una gran variedad de residuos con diferentes niveles de capacidad corrosiva, abrasiva y de oxidación, por lo que su neutralización se debe realizar con equipos robustos, flexibles y además seguros, de manera que permitan una operación que cumpla con las normativas ambientales y de seguridad. Por este motivo el mantenimiento que se realiza al conjunto de equipos juega en papel crucial en la seguridad, ya que el riesgo al que están expuestos los trabajadores y el medio ambiente pueden tener consecuencias severas debido a la toxicidad de los residuos tratados.

El plan de mantenimiento actual con el que cuenta la Planta carece de bases técnicas suficientes para respaldar la instauración de una política de mantenimiento adecuada, luego con el fin de responder a esta problemática se propone el diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología MBR, enfocado en eliminar, o minimizar a un nivel aceptable, las consecuencias de los riesgos asociados a los modos de falla de equipos asegurando el cumplimiento de las principales funciones operativas que se realizan en las líneas de tratamientos de la planta, permitiendo una operación segura para los trabajadores y entregar un servicio de calidad a los clientes

Además la información recopilada por el método resulta valiosa para educar a los trabajadores sobre el rol que cumple cada equipo en los procesos de tratamientos y las funciones que resultan cruciales para un óptimo funcionamiento de la planta. Esto les permitirá a los trabajadores tener un visión sistémica de los procesos y así podrán enfocar sus esfuerzos en los equipos que impactan en mayor medida a la entrega del servicio de la empresa.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo consiste en diseñar un Plan de Mantenimiento basado en riesgo, para la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Líquidos Pudahuel, Hidronor S.A, de manera que le permita una operación segura de los procesos y el uso eficiente y rentable de los activos y recursos de la empresa.

2.1 Objetivos Específicos

Para lograr el propósito del trabajo, se deben cumplir los siguientes objetivos específicos:

1. Describir el proceso de operación de la Planta, incluyendo el diagrama de flujo de proceso, el catastro de equipos, sus características y funciones.
2. Diagnosticar la situación actual de la gestión del mantenimiento realizado en la empresa, abarcando aspectos específicos de la organización, funciones, procesos y procedimientos, sistema de información y evaluación de su actual desempeño.
3. Determinar la criticidad de los equipos de la planta de acuerdo a los criterios de riesgos de operación y riesgos económicos, establecidos por la empresa.
4. Analizar los datos del historial de vida útil de los equipos existentes en la empresa, evaluar la calidad de esta información y la efectividad para obtener información útil para la planificación del mantenimiento.
5. Diseñar el Plan de Mantenimiento para los equipos críticos de la empresa, mediante la aplicación de metodologías basadas en confiabilidad y riesgo.
6. Proponer mejoras al sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa para sustentar el Plan de Mantenimiento diseñado.

3. PLAN DE TRABAJO

El modelo de Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) utiliza la evaluación del riesgo para priorizar las actividades de mantenimiento de los equipos. La identificación de estos riesgos es el primer paso para la formulación del plan de mantenimiento. Para su elaboración resulta primordial entender el contexto operacional en el que se encuentran trabajando los equipos.

Una vez identificados estos equipos se debe recopilar información sobre las características propias de su funcionamiento en terreno, por ejemplo, se deben considerar aspectos como la frecuencia de falla, horas de servicio, tiempo entre reparaciones y número de intervenciones no programadas. Luego, según los criterios de mantenimiento que fije la empresa, se deben elegir las acciones que permitan minimizar, controlar o eliminar aquellas fallas que tengan asociadas consecuencias consideradas graves o de alto riesgo. En base a la captura de esta información se construye la matriz AMFEC (Análisis de Modos de Falla, sus Efectos y Criticidad), en donde se registran de manera organizada los equipos, sus modos de falla dominantes, los efectos de estas fallas sobre el proceso y la criticidad que se ha asignado a cada modo de falla en base a un criterio único definido por la empresa.

La metodología utilizada para seleccionar las tareas de mantenimiento sigue una lógica del tipo “Árbol de Decisión”, en donde cada tarea es seleccionada de acuerdo al impacto que el modo de falla produce sobre la operación, las personas y el medio ambiente, a partir de esta lógica se pueden definir pautas claras y detalladas sobre cómo se debe actuar bajo las distintas consecuencias de los modos de falla. La metodología MBR de análisis de riesgos ha sido ampliamente probada por las industrias con altos estándares de exigencia tales como la aeronáutica y la generación de energía nuclear.

Una vez seleccionadas las tareas del Árbol de Decisión, se debe coordinar el recurso humano para ejecutarlas. Estas tareas deben estar agrupadas por familia de equipos, tipo de equipo, frecuencia de mantenimiento y disposición geográfica. Este conjunto de acciones conforman el Plan de Mantenimiento MBR, en donde se detallan las rutinas de limpieza, inspección, lubricación y trabajos en taller que se deben realizar junto con su periodicidad.

Para realizar el diseño del plan de mantenimiento, se consideraron las siguientes actividades en las instalaciones de la Planta Hidronor:

- **Clasificación e Identificación de Equipos:** El primer paso es disponer de un inventario donde se identifiquen y clasifiquen todos los equipos. Se recomienda un sistema arborescente y un código que identifique planta, sector, familia del equipo y número correlativo.
- **Priorización en base a Análisis de Criticidad:** Una vez identificados los equipos estos se deben jerarquizar en base a criterios de criticidad definidos por la empresa, como por ejemplo criterios de seguridad a las personas, seguridad medioambiental, costos de mantenimiento y disponibilidad de equipos auxiliares entre otros.
- **Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFEC):** Este análisis en terreno nos permitirá conocer los eventuales o potenciales modos de falla, sus efectos, consecuencias y los distintos niveles de riesgo que representan sobre el personal, medioambiente y las operaciones.
- **Árbol de Decisión:** El árbol de decisión nos permitirá encontrar la tarea de mantenimiento más apropiada para cada modo de falla según las características del modo de falla específico, y la función del equipo sobre la que actúa. Esta lógica identifica por ejemplo si existe alguna relación entre el modo de falla y la edad del equipo, si el modo de falla es súbito o si afecta a la seguridad del personal, al medioambiente o a la operación.
- **Confección Plan de Mantenimiento:** El conjunto de tareas que resulten del árbol de decisión configuran el plan de mantenimiento de la planta.

4. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se presentan las bases teóricas en las que se sustenta el mantenimiento basado en el riesgo. Se describen las diferentes etapas de la evolución del mantenimiento y como fue incorporado el concepto de “Riesgo” como una variable que se debe gestionar en el mantenimiento industrial. Se explican además los diferentes modelos que utilizan el riesgo como herramienta de análisis, se identifican los pilares de la gestión del mantenimiento y finalmente se presentan los conceptos de análisis de criticidad y matriz AMFEC, herramientas que permiten identificar y organizar los distintos niveles de riesgo.

4.1 El Mantenimiento y su evolución

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Su concepto ha evolucionado desde una simple función de arreglar y reparar equipos para asegurar la producción, hasta la noción actual del mantenimiento con capacidad de prevenir fallas realizando inspecciones a los equipos con el fin de lograr optimizar el costo global de la mantención.

No obstante lo anterior, las tareas de mantenimiento ocupan prioridades muy diferentes dependiendo de los tipos de industrias: [1]

- Prioridad Crítica en centrales nucleares e industrias aeronáuticas.
- Prioridad Alta en industrias de proceso.
- Prioridad Baja en empresas con bajos costos de detención.

Aunque aún existan empresas que operan con los conceptos más primitivos del mantenimiento, existen otras que van a la vanguardia incluyendo al mantenimiento dentro del concepto de calidad total de la empresa.

En la práctica se pueden distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento ilustrados en la Figura 4.1.

			4 ^{ta} GENERACION
		3 ^{ra} GENERACION	- Proceso de Mantenimiento - Calidad Total - Compromiso de todos los Departamentos - Mantenimiento Basado en el Riesgo
1 ^{ra} GENERACION	2 ^{da} GENERACION	- Mantenimiento Preventivo Condicional - Análisis Causa Efecto - Participación de Producción (TPM)	
- Reparar Averías - Mantenimiento Correctivo	- Relación entre Probabilidades de falla y edad. - Mantenimiento Correctivo Programado - Sistemas de Planificación		

Figura. 4.1 Evolución del Concepto de Mantenimiento. Fuente: [1]

- **Mantenimiento Primera Generación**

Esta generación cubre el periodo desde la revolución industrial hasta después de la segunda guerra mundial, aunque todavía se utiliza en muchas industrias. Durante esta generación el mantenimiento se ocupaba solo de arreglar las averías, lo que en la actualidad se conoce como mantenimiento correctivo.

- **Mantenimiento Segunda Generación**

Entre la segunda guerra mundial y fines de 1970 se identificó la relación entre la edad de los equipos y su probabilidad de falla. En este periodo se realizaban sustituciones preventivas de los equipos basados en su antigüedad de uso, es lo que actualmente conocemos como mantenimiento preventivo.

- **Mantenimiento Tercera Generación**

Surge a principios de 1980. En esta generación se comienzan a realizar estudios de causa-efecto para averiguar el origen raíz de las fallas. Esto es lo que se conoce en la actualidad como mantenimiento predictivo. Esta detección precoz de síntomas incipientes permite tomar acciones antes de que las consecuencias sean intolerables. En este periodo se comienza a integrar el área de producción en las tareas de detección de fallas.

- **Mantenimiento Cuarta Generación**

Aparece a principios de 1990. El mantenimiento se integra como una parte importante del concepto de “Calidad Total”, este concepto indica que:

“Se concibe al mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como una fuente de beneficios, contrario al antiguo concepto de mantenimiento como mal necesario.” [1]

En esta generación surge el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR), el cual indica que la posibilidad de que una máquina falle y sus consecuencias asociadas para la empresa son un riesgo que se debe gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad de un equipo a un costo mínimo.

Esta metodología requiere de un cambio de mentalidad de los trabajadores y deben tratar con las siguientes herramientas:

- *Ingeniería del Riesgo*: Determinar las consecuencias de fallos que son aceptables y cuáles no lo son.
- *Análisis de Confiabilidad*: Identificar tareas preventivas factibles de realizar y rentables, que aseguren que el equipo trabajará sin fallas en un periodo de tiempo dada cierta probabilidad.
- *Mejora de la Mantenibilidad*: Reducir tiempos de reparación, reducir los esfuerzos de mantención y bajar los costos de sustitución.

4.2 El Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR)

El Mantenimiento Basado en Riesgo (MBR) es una de las múltiples metodologías que existen actualmente para gestionar las actividades de mantenimiento en una empresa. Su objetivo principal es diseñar una estrategia de mantenimiento que permita controlar los diferentes riesgos que atentan a la seguridad de trabajadores, el medio ambiente y la operación de la empresa. Para lograrlo utiliza la información sobre los modos de falla de los equipos y analiza las consecuencias de las posibles fallas asociadas a la operación, de acuerdo a esta información se diseñan las actividades de mantenimiento que permitirán reducir los riesgos de fallas catastróficas a un nivel que la empresa considere aceptable. Su método de aplicación se muestra en la Figura 4.2.

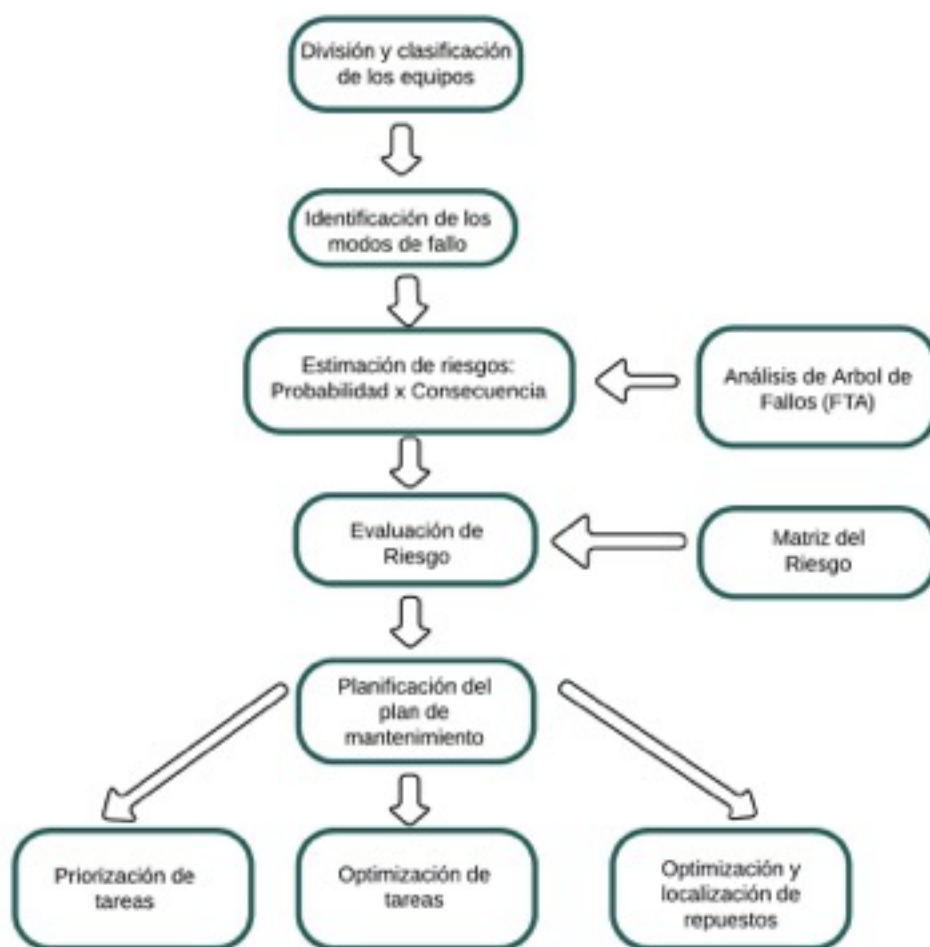


Figura. 4.2 Metodología para la realización de planes de mantenimiento MBR. Fuente: [2]

El MBR representa un cambio de paradigma, ya que evalúa las acciones de mantenimiento bajo un carácter sistémico en vez de analizarlas de manera individual. Uno de los primeros pasos de este método es determinar cuál o cuáles son los equipos con capacidad de detener el proceso, es decir, aquellos que se convierten en el “cuello de botella” del sistema.

Para hacer este análisis los equipos deben ser estudiados en su contexto operativo, esto implica definir en qué tipo de configuración se encuentran operando, en modo serie ó paralelo, si tienen redundancia parcial o total, si opera en stand-by o fraccionamiento, si la función que cumplen es primordial o secundaria, si se necesita mano de obra especializada o es un mantenimiento general, esta información será necesaria para definir los criterios de criticidad que se aplicarán en el estudio y permitirá dar paso a la priorización de tareas.

En el contexto operativo existen equipos o líneas completas de producción que pueden tener redundancia o no frente a una falla. Algunas de estas fallas provocarán la detención completa de una línea (o la planta) y otras una disminución parcial en su capacidad, ciertas fallas impactarán directamente en la calidad del producto y otras individualmente no lo harán; todo esto define los diferentes niveles de riesgo de los equipos. El modelo MBR identifica y evalúa estos riesgos para definir que tareas será las más apropiadas para reducir a un nivel aceptable la presencia de estos riesgos en la operación.

4.3 El Riesgo

La norma API RP 580 define al riesgo como la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento en un periodo de tiempo y las consecuencias que este provoca.

La identificación de riesgos en la operación es de gran importancia para la adecuada priorización y definición de las estrategias de mantenimiento, para así evitar el peligro de estar haciendo un excelente mantenimiento preventivo en el equipo equivocado.

El riesgo como tal puede ser cuantificado, su valor corresponde al producto de la probabilidad de ocurrencia de algún evento de falla en un periodo determinado multiplicado por la consecuencia asociada al evento, como se representa en la siguiente relación: [3]

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad de ocurrencia de falla} \times \text{Consecuencia de la falla}$$

El riesgo se puede evaluar de manera cualitativa o cuantitativa. El resultado de una evaluación cuantitativa del riesgo puede ser, por ejemplo, el impacto sobre los costos por unidad de tiempo, este valor es utilizado para fijar la prioridad del equipo.

Hay que tomar en cuenta que la evaluación cuantitativa requiere una gran cantidad de datos tanto para la evaluación de la probabilidad de falla como la evaluación de las consecuencias de la falla.

Por otro lado, una evaluación cualitativa del riesgo es menos rigurosa y los resultados se presentan en la forma de una matriz de riesgo simple, como se muestra en la Figura 4.3.

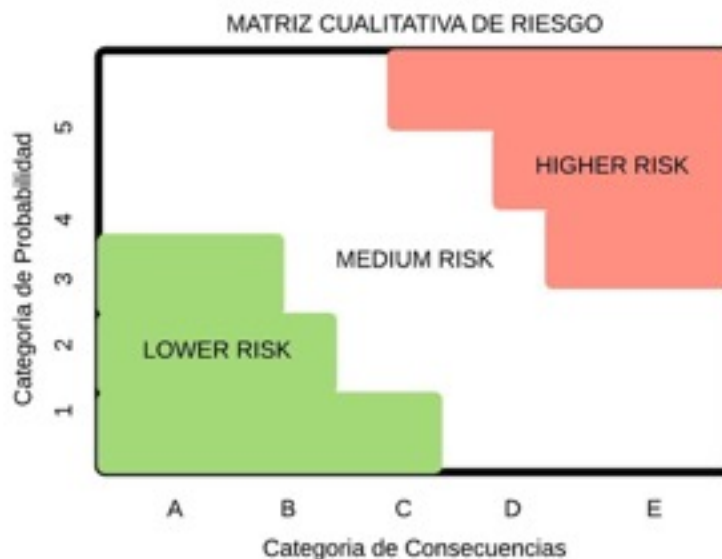


Figura. 4.3 Matriz de Riesgo Cualitativa. Fuente: [3]

En esta matriz uno de los ejes representa las categorías de probabilidades de falla y el otro las categorías de consecuencias, el valor asignado a cada probabilidad de falla y las consecuencias representan un valor relativo del riesgo. Este número tiene poco significado fuera del marco de la matriz de riesgo, mientras que dentro de la matriz proporciona una priorización de los equipos o elementos evaluados. Estos valores de riesgo son subjetivos, por lo que la priorización sobre esta base es siempre discutible.

De acuerdo a la matriz de la Figura 4.3, en las zonas de riesgo alto (Higher Risk) y riesgo medio (Medium Risk) es necesario concentrar mayor esfuerzo de mantenimiento, mientras que en las zonas de bajo riesgo (Lower Risk) el esfuerzo se reduce al mínimo. Esta priorización de tareas permitirá optimizar los esfuerzos de mantenimiento y enfocarlos según el nivel de riesgo estimado.

4.4 Etapas de un plan de mantenimiento MBR

La aplicación del modelo MBR está compuesta por tres etapas: [2]

- **Identificación del Riesgo**

La Identificación del riesgo comienza por la tipificación de los equipos, la medición de sus parámetros de operación versus parámetros de diseño, y la definición clara de la función que cumple cada equipo en su contexto operativo. La identificación de estos parámetros es fundamental ya que el riesgo está asociado a la probabilidad de pérdida de la función que realiza un equipo. Por ejemplo, una bomba que alimenta al reactor principal de una planta tiene el riesgo de que falle y se deje de alimentar al reactor, este riesgo aumenta cuando el equipo se encuentra funcionando muy cerca de sus parámetros máximos de diseño, y aún más si no existe algún equipo de respaldo o sistema de protección. En este caso la probabilidad de que ocurra alguna falla en la bomba, sería alta y las consecuencias graves, por lo que comparativamente el riesgo de esta bomba con otros equipos podría ser mayor.

- **Evaluación del Riesgo**

La evaluación del riesgo debe considerar el impacto que conlleva la pérdida de las funciones asociadas al equipo, estas pérdidas podrían impactar a la operación, a las personas, el medio ambiente o la imagen de la empresa entre otros aspectos. Tomando el ejemplo anterior de la bomba de alimentación al reactor, se podría dar el caso de que el líquido que impulsa la bomba sea peligroso para la seguridad de los trabajadores y el medioambiente, por lo que las consecuencias de una falla podrían ser muy elevadas, en este caso el mantenimiento que se realice a la bomba sería más riguroso que en el caso original. Por otro lado si esta bomba solo impulsara agua a baja presión, una falla no significaría consecuencias graves al personal o medio ambiente, por lo que el programa de mantenimiento sería más simple. En ambos casos se define el nivel de aceptación del riesgo y se eligen las acciones necesarias para su control.

- **Acciones para reducir el riesgo**

Las acciones que permitan reducir los riesgos de ocurrencias de fallas a niveles aceptables por la empresa constituyen el plan de mantenimiento.

Existen diferentes estrategias de selección de tareas de mantenimiento, las principales han sido probadas y estandarizadas, estas permiten definir cuáles son las acciones más apropiadas capaces de reducir los distintos niveles de riesgo. Dentro de las estrategias más utilizadas en la industria se encuentran las pautas de acciones que proporcionan el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el mantenimiento de Inspección Basado en Riesgo (RBI, Risk Based Inspection). Estas estrategias han sido ampliamente utilizadas en la industria del petróleo, gas, y plantas químicas.

Las pautas referentes a estos modelos las podemos encontrar en la norma SAE JA1011 [4], para el mantenimiento RCM, y la norma API RP 580 [3], que provee los elementos básicos para desarrollar, implementar y mantener un programa de Inspección Basada en Riesgo.

4.5 La Inspección Basada en Riesgo (RBI)

“Cuando el riesgo asociado a los distintos equipos esta determinado, y la efectividad relativa de las diferentes técnicas de inspección y monitoreo de procesos que reducen el riesgo esta cuantificada o estimada, entonces existe la información adecuada para la planificación, optimización e implementación de un programa RBI.” [3]

Un programa RBI provee una metodología consistente para lograr la óptima combinación de métodos y frecuencias de inspección, para esto necesita una gran cantidad información sobre el sistema y las funciones que cumplen sus equipos. El proceso de aplicación de la metodología RBI se muestra en la Figura 4.4.

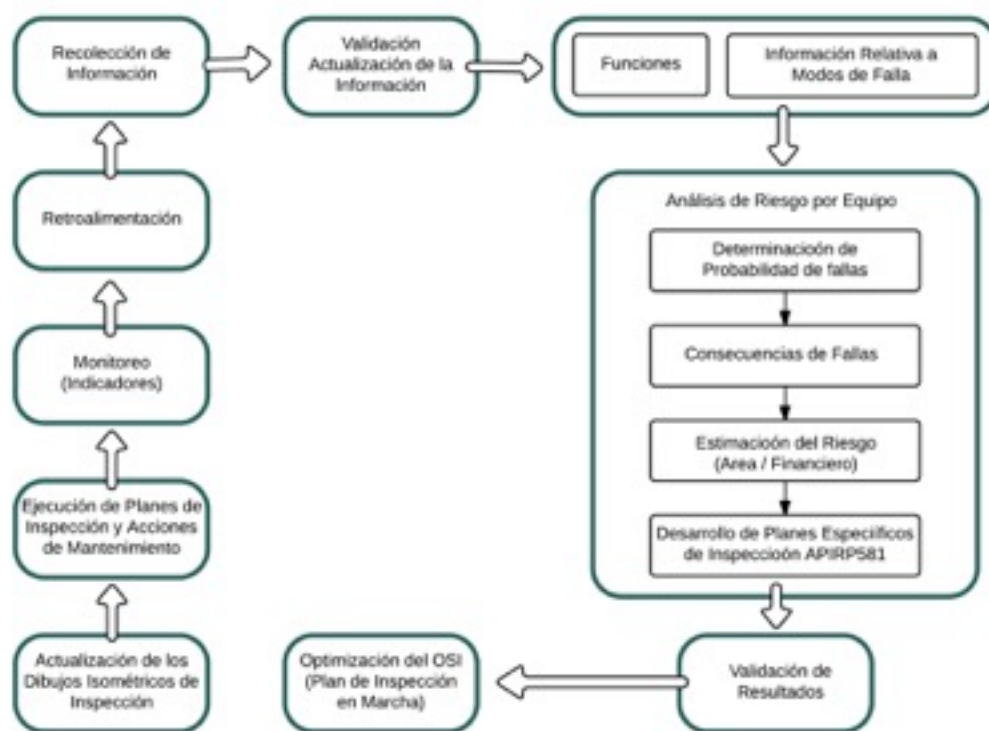


Figura. 4.4 Etapas de la Metodología RBI. Fuente: [5]

Esta metodología se enfoca en el estudio de las funciones del sistema y en los mecanismos (modos de falla) que puedan dar como resultado la pérdida de una función determinada. El

método evalúa de manera cuantitativa la probabilidad de ocurrencia de la pérdida de una función y las consecuencias asociadas a esta pérdida. Por ejemplo si se considera el estudio del deterioro de la pared de un contenedor de fluido, la pérdida de su función principal significaría una fuga del producto al medio ambiente. En este caso el cálculo de probabilidades de falla consideraría la medición de espesor remanente de la pared, la tasa de corrosión y la calidad/frecuencia de la inspección, mientras que para definir la gravedad de las consecuencias, el método RBI considera el tipo del fluido contenido, los sistemas de mitigación existentes y el inventario de producto (volumen).

El análisis de riesgo propuesto en la norma API RP 580 está dirigido principalmente a equipos estáticos, circuitos de tuberías, válvulas, estanques, recipientes a presión e intercambiadores de calor.

El primer paso del proceso RBI consiste en el diseño de una base de datos que contenga toda la información relevante de los equipos de la planta. Esta base de datos debe incluir: datos de proceso, datos de diseño, descripción y evaluación de los mecanismos de degradación, y una compilación de las historias de inspección de cada equipo y cañerías de la unidad.

El paso siguiente es asignar los modos de falla relevantes a cada equipo. Cada equipo puede tener asignado más de un modo de falla, por lo que el estudio RBI se realiza para cada combinación de equipo-modo de falla posible. A continuación, se debe evaluar las criticidades de todas las combinaciones equipo-modo de falla definidas.

Las probabilidades de falla se evalúan respondiendo preguntas que dependen del modo de falla asignado al equipo. Las consecuencias de falla son independientes de los modos de falla asignados y se evalúan respondiendo preguntas, que tienen en consideración las siguientes áreas: económicas, de salud, seguridad y medio ambiente. La consecuencia de mayor severidad es la que determina la clase de consecuencia del componente y se introduce en la matriz de riesgo.

Una vez evaluadas las criticidades, según sea el nivel de las mismas, se tomarán diferentes medidas. Si la criticidad es muy baja, en principio no es necesario realizar una inspección

formal y/o plan de monitoreo (siempre y cuando esto cumpla con las regulaciones locales). Si la criticidad es alta (High) o extrema (Extreme), se deberá realizar un análisis más detallado, que se encuentra fuera del alcance del RBI. Este análisis involucra una etapa de toma de decisiones, en la que se evalúa la aceptabilidad de estos riesgos con las distintas opciones de mitigación, teniendo además en cuenta un análisis costo/beneficio.

Dependiendo del modo de falla asignado, se responderán diferentes cuestionarios que se encuentran en la norma API RP 580 [3], a partir de los cuales se obtiene una “puntuación” que define el índice de confianza. En general, el índice de confianza depende de varios factores, como por ejemplo, la cantidad de inspecciones llevadas a cabo previamente. Esto significa que si el equipo ya tiene varias inspecciones (lo que forma parte de su historia); se obtiene un mayor índice de confianza.

El próximo paso es definir los programas de inspección. El objetivo de un programa de inspección es especificar y realizar las actividades necesarias para detectar el deterioro del equipo en servicio antes de que la falla ocurra y de esta forma evitarla. Hay muchas situaciones que pueden llevar a la fallar un equipo, tales como errores de diseño, defectos de fabricación, mal funcionamiento de dispositivos de control, daño progresivo, etc. De todas estas situaciones, la inspección estará destinada principalmente a la detección del daño progresivo. Los principales parámetros de un programa de inspección son: ubicación de la inspección, técnica a utilizar, alcance de la inspección e intervalo entre inspecciones.

Para mantener el análisis RBI actualizado, se debe hacer una revisión regular del mismo. Algunos eventos que sugieren realizar una revisión son: paradas de planta (planeadas o no), excursiones en la ventana operativa y cambios en la planta (incluyendo cambios en las condiciones de proceso).

4.6 El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” [6]

La metodología RCM comienza describiendo cuáles son las funciones que cumple un equipo en particular, para así elegir las tareas de mantenimiento apropiadas que permitan cumplir dicha función durante un periodo de tiempo.

El RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se quiera mantener: [6]

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada

En la Figura 4.5 se puede visualizar un diagrama de bloque que sigue la lógica de estas siete preguntas, además se puede notar que el análisis de criticidad de los activos es anterior al proceso RCM.

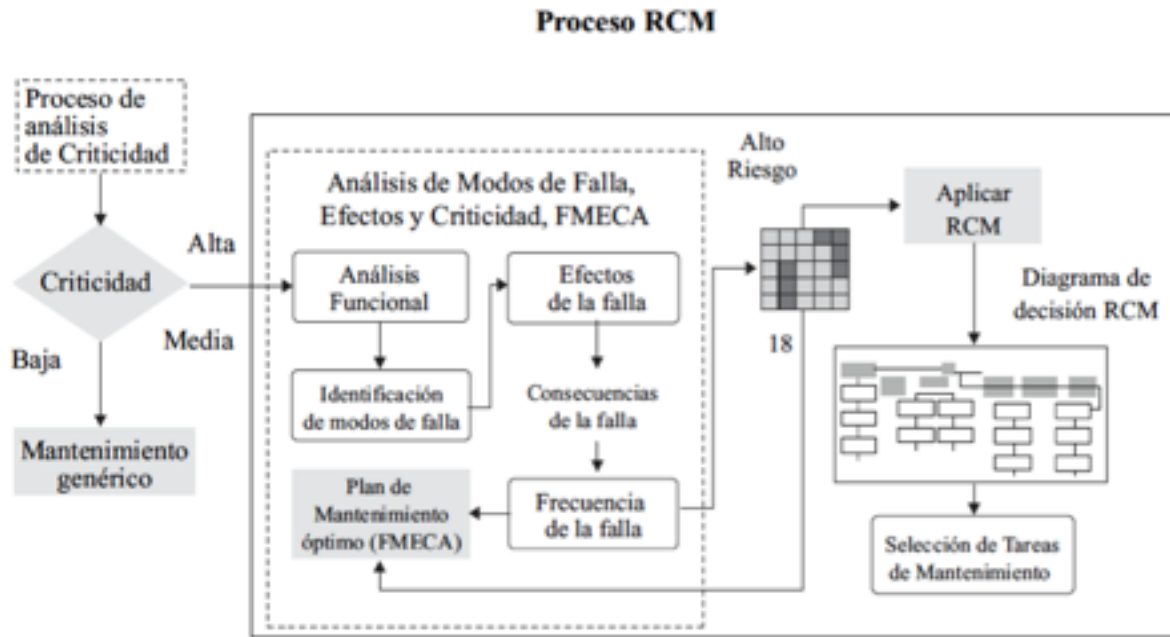


Figura 4.5 Diagrama de Flujo Proceso RCM, Fuente [9]

La metodología RCM considera las siguientes definiciones de sus conceptos básicos:

- **Falla Funcional:** En RCM los estados de falla de un equipo son conocidos como fallas funcionales, porque ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.
- **Modo de Falla:** Corresponde a todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla.
- **Efecto de Falla:** Se debe describir lo que ocurre con cada modo de falla. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para la evaluación de las consecuencias de la falla, como responder, de qué manera la falla afecta al medio ambiente, a la seguridad de las personas y a la operación.
- **Consecuencia de Falla:** RCM reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas, sino que evitar o reducir las

consecuencias de las fallas. El proceso RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos:

- o Consecuencia de falla oculta
- o Consecuencias ambientales y para la seguridad
- o Consecuencias Operacionales
- o Consecuencias No Operacionales

Para explicar mejor esta metodología la norma SAE JA1011 [4], utiliza como ejemplo el sistema que se muestra en la Figura 4.6. Este sistema considera un estanque de alimentación X, una bomba impulsora y un estanque de descarga Y. La capacidad nominal de la bomba es de 1000 litros por minuto, y el agua es succionada del estanque Y a una velocidad máxima de 800 litros por minuto, luego la función principal de la bomba es “bombear agua del tanque X al tanque Y, a un caudal máximo de 800 litros por minuto”, con el fin de tener el estanque Y siempre con líquido. Esta es la expectativa operacional del sistema de bombeo.

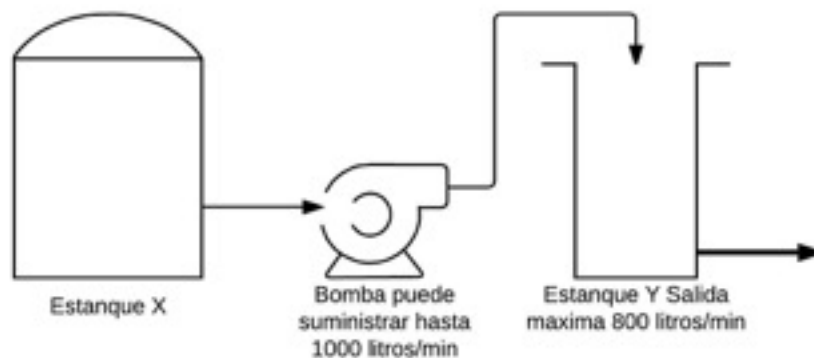


Figura. 4.6 Ejemplo Función de una Bomba. Fuente: [4]

Esta bomba puede presentar una falla total o parcial de su función, y puede fallar de tal manera que deje de bombear, como por ejemplo una rotura en el rodete de la bomba, o

puede tener una filtración importante que haga que suministre agua a menos de 800 litros por minuto. En cualquiera de los dos casos la bomba deja de cumplir su función, pero el tratamiento de cada modo de falla debe ser completamente distinto para evitar un sobre-mantenimiento o una falta de mantenimiento. La Figura 4.7 muestra de que manera se registra la función, falla funcional y sus modos de falla.

ACTIVO: Sistema de Bombeo		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de la Función)	Modo de Falla (Causa de la Falla)
1 Transferir agua del tanque X al tanque Y, a no menos de 800 litros por minuto.	A No disponible para transferir ninguna cantidad de agua	1 Cojinete atascado
		2 Motor quemado
		3 Impulsor suelto
		4 Cizallas en el cubo del acople debido a la fatiga
		5 Válvula de entrada atascada en posición cerrada
		6 Impulsor atascado por un objeto extraño.....etc.
	B Transfiere menos de 800 litros por minuto	1 Impulsor desgastado
		2 Línea de succión parcialmente bloqueada.....etc.

Figura. 4.7 Ejemplo Modos de Falla de una Bomba. Fuente: [4]

Una vez identificados los modos de falla se deberán elegir todas las acciones que permitan mitigar sus efectos. Estas acciones se pueden determinar siguiendo la lógica que propone la norma SAE JA1011 como se muestra en la Figura 4.8.

El resultado de este diagrama de decisiones entrega cinco posibles tareas de mantenimiento: [1]

- **Tareas Programadas de Detección de Fallas:** Estas acciones tratan directamente con el estado de la falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva, luego se acepta un tiempo del equipo en estado de falla.
- **Tareas Programadas de Restauración o de Desincorporación (Mantenimiento Preventivo):** Estas acciones se realizan a intervalos regulares de tiempo según un programa pre-establecido. Dado que estas tareas generalmente involucran a los talleres de reparación, requirieran de un trabajo mucho mayor que las tareas basadas en condición.
- **Tareas Basada en Condición:** Estas acciones están orientadas a la detección precoz de síntomas para planificar la intervención del equipo antes de la aparición de la falla. Estas acciones muy pocas veces interfieren con las operaciones por lo que se las consideran en el primer lugar del proceso de selección de tareas.
- **Operar hasta Fallar (Mantenimiento Correctivo):** Es un mantenimiento no programado donde se acepta que el modo de falla ocurra dado que sería menos costoso que el mantenimiento preventivo. La efectividad de las tareas preventivas que tratan con los modos de falla que tienen consecuencias económicas, se mide entre los costos de la tarea versus los costos operativos asociados con el modo de falla no anticipado. Para el mantenimiento predictivo sólo se seleccionan las tareas que reducen los costos totales de la falla, de lo contrario se opera hasta fallar como una política de manejo de fallas apropiada.
- **Rediseño:** Esta acción indica que se deben realizar cambios a las especificaciones del sistema existente. Esto incluye especialmente modificaciones a los equipos y a los procedimientos. El diseño, la confiabilidad y el mantenimiento están relacionados intrínsecamente.

La secuencia lógica de la Figura 4.8 es aplicada para aquellos modos de falla que sean considerados razonablemente posibles en el contexto operacional del equipo en cuestión.

Considerando que cada equipo tiene más de un modo de falla, la información que se debe registrar aumenta significativamente, por lo que se necesitan formatos de registro eficientes para organizar la información de los modos de falla de todos los equipos de la planta. Los documentos proporcionados por la metodología RCM para esta tarea tienen el nombre de “Hoja de Información” y “Hoja de Decisión”.

El RCM indica que para facilitar el uso de la información de las funciones que pertenecen a un mismo sistema y subsistema estas deben ir enumeradas en la Hoja de Información, mientras que las fallas funcionales de dicha función se organizan por letras (A, B, C, etc.), luego los modos de las fallas funcionales deben ir enumeradas y cada una con una descripción del efecto que esta produce tal como se muestra en la Figura 4.9.

HOJA DE INFORMACION RCM II		SISTEMA: MOTOR			
		SUBSISTEMA: SISTEMA DE COMBUSTIBLE			
FUNCION		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de funcion)		MODO DE FALLA	
1	Transportar combustible desde el tanque de combustible al motor a razon de hasta 1 litro por minuto	A	Totalmente incapaz de transportar combustible.	1 3 7 12	No hay combustible en el tanque. Filtro de combustible tapado. Linea de combustible tapada por objeto extraño. Linea de combustible cortada.

Figura 4.9 Ejemplo de Hoja de Información RCM, Fuente: [6]

En el Anexo A se adjunta el formato de Hoja de Información RCM.

El uso de esta documentación en el proceso RCM facilita la integración de nuevos sistemas, subsistemas, equipos o nuevas funciones de los equipos.

Una vez que se conocen las consecuencias de los modos de falla se deben elegir las tareas de mantenimiento que mitiguen sus consecuencias. Estas tareas se detallan en la “Hoja de Decisión RCM”.

El formato de Hoja de Decisión RCM se adjunta en el Anexo B, en el documento se registra:

- ¿Qué mantenimiento rutina (si lo hay) será realizado?, ¿Con qué frecuencia será realizado?, y ¿Quién lo hará?
- ¿Qué fallas son lo suficientemente serias para justificar un rediseño?
- Los casos en que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran

La hoja de decisión está dividida en dieciséis columnas. Las columnas F, FF y FM identifican la función, falla funcional y modo de falla respectivamente, estas se utilizan para correlacionar las referencias de las Hojas de Información y las Hojas de Decisión, como se muestra en la Figura 4.10.

Los encabezamientos de las próximas diez columnas se refieren a preguntas que se deben responder siguiendo la secuencia lógica de decisión en torno al modo de falla.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia de ejecución y quien ha sido seleccionado para realizarla. La columna de “Tarea Propuesta” también se utiliza para registrar los casos que requieren un rediseño, o si este modo de falla no necesita mantenimiento programado.

- **H1/S1/O1/N1:** Se utiliza para registrar de que existe una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo que evitaría sus consecuencias.
- **H2/S2/O2/N2:** Se utiliza para registrar de que existe una tarea de reacondicionamiento programado apropiada para prevenir la falla.
- **H3/S3/O3/N3:** Se utiliza para registrar de que existe una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

Si se selecciona una tarea, se registra una descripción de la tarea y la frecuencia a la que se debe realizar.

Las últimas tres columnas H4, H5 y S4 se utilizan para registrar las respuestas a las tres preguntas “A falta de”. Estas solo se preguntan si las respuestas a las tres preguntas previas fueron todas no. Las preguntas son: [6]

- **H4:** ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?
- **H5:** ¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?, solo se hace esta pregunta si la respuesta a H4 es no. Si la respuesta a esta pregunta es si, el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es no la acción “a falta de” es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.
- **S4 :** ¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?. Responder “Si” si es una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera que reduzca el riesgo de falla a un nivel tolerable. Si la respuesta es No el rediseño es obligatorio.

En definitiva la Hoja de Decisión RCM indica no solo la acción que se ha seleccionado para tratar cada modo de falla, sino que además indica el motivo de la acción seleccionada. Esta información es valiosa si en algún momento se presenta la necesidad de cambiar cualquier tarea de mantenimiento.

La posibilidad de rastrear las tarea y correlacionarlas con la función y parámetros deseados del activo, facilitara la actualización del programa de mantenimiento. Esto es porque los usuarios

pueden identificar fácilmente las tareas que son afectadas por un cambio en el contexto operativo del activo (tales como un cambio en los turnos de trabajo o una modificación al reglamento de seguridad) y así optimizar el programa de mantenimiento.

4.7 Gestión de equipos para el mantenimiento

La Gestión de equipos corresponde a la etapa de identificación y clasificación de los equipos en una base de datos única, lo que facilita la administración de las actividades de mantenimiento. Este proceso es la base para llevar un mejor control sobre el desempeño de los equipos y medir la efectividad del mantenimiento que se realiza.

La base de datos del inventario de equipos corresponde a un listado codificado del parque a mantener y se clasifica según una lógica arborescente, como se muestra en el ejemplo de la Figura 4.11.



Figura 4.11 Ejemplo Clasificación de Equipos en una Empresa. Fuente: [1]

Se deben mantener criterios de agrupación por familias, plantas, instalaciones, etc., además de contar con un criterio de criticidad para asignar prioridades y niveles de mantenimiento.

Esta codificación permite la gestión técnica y económica, y es imprescindible para un tratamiento de base de datos basado en computadora.

Además del inventario de equipos se deben incluir las fichas de las características técnicas de las máquinas, conocido como “dossier técnico” o “dossier-máquina”. Este comprende toda la documentación que permita el conocimiento multidisciplinario de los equipos:

- Dossier del fabricante: Planos, manuales, documentos de prueba.
- Ficha interna de la máquina: Inspecciones periódicas, histórico de intervenciones.

El alcance de detalles de las fichas se define en cada caso según el criterio de criticidad y las necesidades de cada equipo. Se deben registrar todas las intervenciones correctivas, preventivas y de carácter legal tales como las calibraciones y verificaciones de instrumentos. Esta ficha debe incluir por ejemplo: [1]

- Fecha y número de orden de trabajo (OT)
- Especialidad
- Tipo de falla (Normalizar y codificar)
- Número de horas de trabajo.
- Tiempo fuera de servicio
- Datos de la intervención:
 - o Síntomas
 - o Defectos encontrados
 - o Corrección efectuada
 - o Recomendaciones para evitar su repetición

El análisis de estos datos permitirá determinar el método de mantenimiento más adecuado para cada equipo.

Además, la gestión de los equipos debe considerar la cantidad de repuestos mínimos para conseguir un nivel de disponibilidad aceptable. Este número se asigna en función de la criticidad de la máquina, el tipo de pieza (si es o no de desgaste seguro, si es posible repararla, etc.) y las dificultades de aprovisionamiento (plazos de entrega).

Esta gestión se facilita clasificando el stock en distintos tipos de inventario:

- Stock Crítico: piezas específicas de máquinas consideradas como críticas. Se le debe dar un tratamiento preferente que evite el riesgo a la indisponibilidad.
- Stock de Seguridad: Piezas de muy improbable avería pero indispensables por el tiempo de reaprovisionamiento y grave influencia en la producción.
- Piezas de desgaste seguro: constituye la mayor parte de las piezas a almacenar (cojinetes, válvulas, etc.)
- Materiales genéricos: válvulas, tuberías, juntas, retenes, etc., que por su elevado consumo interesen tener en stock.

4.8 Criticidad de los equipos

El riesgo (definido en la sección 4.2) corresponde a un término de naturaleza probabilística y como se indica expresa la probabilidad de tener una pérdida en función del tiempo. En la práctica existen diferentes modelos de aproximación a la estimación del riesgo, el análisis de criticidad de equipos es uno de los más utilizados por su facilidad de implementación

La Criticidad permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones para las tareas de mantenimiento y concentrar los esfuerzos y recursos en las áreas donde sea más importante mejorar la confiabilidad operacional.

Algunos de los criterios más utilizados para clasificar la criticidad de un equipo en una planta industrial son: [8]

- Frecuencia de Falla (FF)
- Impacto a la producción (IP)
- Impacto Ambiental (IA)
- Impacto en la Salud y Seguridad Personal (ISSP)
- Costos de Mantenimiento (CM)

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo un rango de valores para homologar los criterios de evaluación.

$$\textit{Criticidad} = \textit{FF} \times \textit{Consecuencias}$$

Donde,

$$\textit{Consecuencias} = \textit{IP} + \textit{IA} + \textit{ISSP} + \textit{CM}$$

Esta fórmula es muy similar a la mostrada en la sección 4.2 y se debe a que están directamente relacionadas.

En esta metodología la criticidad se representa en una matriz bidimensional, en donde un eje representa la frecuencia de falla y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. Esta matriz generalmente representa el riesgo en un código de colores que permite identificar rápidamente los equipos críticos de la instalación. (Ver Figura 4.12)

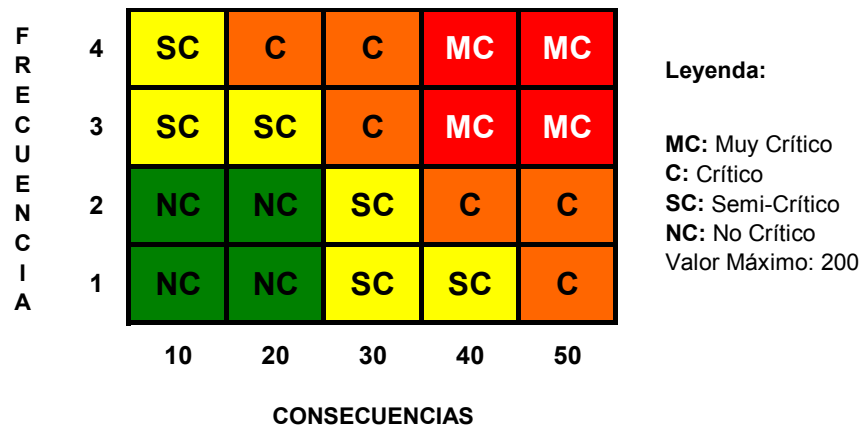


Figura 4.12 Ejemplo Matriz de Criticidad de Equipos, Fuente: [9]

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se determina utilizando algunos criterios y rangos preestablecidos.

Estimación de la frecuencia de la falla funcional

En cada equipo, por lo general, existe más de un modo de falla, el más representativo será el que produce el mayor impacto operativo. La frecuencia de ocurrencia del evento corresponde al Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF), en caso de no contar con esta información se puede utilizar la tabla genérica que se muestra en la Figura 4.13, o recurrir a la opinión de expertos.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Numero de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años pero es poco probable que ocurran en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años pero es poco probable que ocurran en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es probable que ocurran en 1000 años.

Figura 4.13 Ejemplo tabla para estimación de frecuencia de fallas, Fuente: [9]

Estimación de las consecuencias de falla

Para el cálculo de las consecuencias se deben considerar los daños al personal, el impacto a la producción, el impacto al ambiente y los costos de mantenimiento asociados, entre otros factores. Estos pueden ser categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla Categoría de los Impactos, como muestra la Figura 4.14.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la Población	Impacto ambiental	Pérdida de la producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas a la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos tres personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento medico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento medico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Figura 4.14 Ejemplo de tabla para categoría de los impactos, Fuente: [9]

Los Impactos en la Producción (IP) (columna “Pérdida de Producción” en la Figura 4.14) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan en el negocio. Este criterio se evalúa considerando los factores de tasa de utilización del equipo, la existencia o no de un equipo auxiliar y el nivel de indisponibilidad que produce en la producción.

El impacto ambiental (IA) indica diferentes categorías a las consecuencias que tendría una falla sobre el medio ambiente. En el ejemplo de la Figura 3.14 se puede apreciar que el criterio asigna un valor bajo cuando no existen daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones, y un valor alto cuando los daños son irreversibles y violan regulaciones ambientales.

Del mismo modo para el resto de los criterios se asignan valores de acuerdo a tablas referenciales y el criterio que indique cada tipo de industria. Una vez obtenidos los valores relativos de consecuencias de falla y frecuencia de falla de cada equipo se calcula el índice de criticidad.

4.9 Análisis de modos de falla, sus efectos y criticidad (AMFEC)

Como se muestra en la Figura 4.5, el AMFEC forma parte del proceso RCM y representa la información sobre los múltiples modos de falla que se pueden dar en un parque de activos. Para su implementación se utilizan todas las experiencias y competencias disponibles de los estudios y métodos de mantenimiento, definiendo:

- Los tipos de fallas reales o potenciales.
- Modos de Falla.
- Efecto de los modos de falla.
- Consecuencias
- Medios para evitar sus consecuencias

De este modo, la matriz AMFEC se convierte en el núcleo generador de las tareas de mantenimiento y debe estar constantemente actualizada para reflejar el estado real de los equipos y poder optimizar su mantenimiento.

El beneficio de construir esta matriz está el de definir preventivamente los fallos potenciales, lo que ayuda a orientar las políticas de mantenimiento y las políticas de repuestos. Por otro lado, dado que su elaboración corresponde a una búsqueda sistemática de tipos de fallas, sus causas y sus efectos, se requiere de un equipo multidisciplinario para su tratamiento, con lo que se logra un enriquecimiento del conocimiento producto de las distintas disciplinas que involucra.

El AMFEC se realiza mediante una hoja estructurada que guía el análisis. La Figura 4.15 muestra una hoja de trabajo AMFEC.

Hoja de Información RCM	SISTEMA Tratamiento de Ácidos		Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
	SUBSISTEMA Almacenamiento de Ácido y Carga Reactor 1		Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de
FUNCIÓN		Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)		
1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A Incapacidad de transportar ácido por tuberías	1 Línea 2" de carga totalmente obstruida por borra de ácido	Modo de falla poco creíble de suscitarse Mayor tiempo en operaciones de trasvase, liberación de ácido riesgoso para el personal. Tipo de falla por desgaste de pared. Mayor tiempo en operaciones de trasvase, filtraciones de ácido en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba, presencia de corrosión en válvulas.		
			2 Rotura en línea ácido de 2" por desgaste de pared			
			3 Válvulas de llenado de estanques bloqueadas por corrosión o deposición de material			
2	Bombear ácido sulfúrico desde camión (20-22 ton) hacia estanques de almacenamiento (14 ton ácido c/u) en un tiempo no superior a 2 hrs	A Incapacidad de bombear ácido a estanques B Bombeo a estanques en un tiempo superior a 2hrs por camión	1 Rotura de impulsor de teflón de la bomba ácido	Imposibilidad de realizar trasvase, evidencia de ruido en bomba Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; imposibilidad de trasvasar a estanques. El tipo de falla es súbita Mayor tiempo en operaciones de trasvase, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba Mayor tiempo en operaciones de trasvase, filtraciones de ácido riesgosas para el personal Mayor tiempo en operaciones de trasvase, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.		
			2 Motor eléctrico de bomba ácido apagado por sistema de protección			
			1 Desgaste impulsor de bomba de ácido			
3	Contener ácido sulfúrico en el interior de estanque de ácido	A Incapacidad de contener ácido en estanques	2 Deterioro de sello de bomba de ácido			
			3 Obstrucción parcial en voluta de teflón de bomba ácido sulfúrico			
			1 Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanque de ácido			
			2 Pérdida de contención por deterioro de sellos estanques de almacenamiento			

Figura 4.15 Formato hoja de trabajo AMFEC metodología RCM, Fuente: [6]

Los modos de falla se deben definir con el detalle suficiente para resolverla de la mejor manera. El nivel de detalles afecta directamente la validez del AMFEC y la cantidad de tiempo que se requiere para diseñarlo. Si se hace con poco detalle y/o pocos modos de falla pueden llevar a un análisis superficial y hasta peligroso. Por el contrario, demasiados modos de fallas o demasiados detalles hacen que el proceso RCM consuma más tiempo que el necesario. En un caso extremo, el detalle excesivo puede hacer que el proceso tome dos y hasta tres veces más tiempo que el necesario (esto se conoce como “parálisis por análisis”).

En los efectos de las fallas se debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla se debe constatar lo siguiente: [6]

1. La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
2. Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
3. Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
4. Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
5. Que debe hacerse para reparar la falla.

Al momento de hacer el análisis no se puede suponer que se está realizando algún mantenimiento pro-activo, luego los efectos de las fallas deben describirse como si no se estuviera haciendo nada para impedirlos. Los efectos deben describirse de tal forma que permita a los analistas decidir si, en circunstancias normales, será evidente para los operarios la pérdida de función causada por ese modo de falla actuando por sí solo.

Por ejemplo, la descripción debe indicar si la falla hace que se enciendan alarmas luminosas o de sonido (o ambas), y si el aviso se produce en el panel local o en la sala de control (o ambos). Asimismo la descripción debe indicar si la falla va acompañada o precedida por efectos físicos obvios, tales como ruidos fuertes, incendio, humo, fugas de vapor, olores extraños o manchas de líquido en el suelo. También debe indicar si la máquina se detiene como consecuencia de la falla.

Cuando se describen los efectos de la falla, no deben prejuizarse la evaluación de las consecuencias de las fallas usando palabras como “oculto” o “evidente”. Esto es parte del proceso de evaluación de las consecuencias, y si se usa de manera prematura podría influir incorrectamente en su evaluación.

Finalmente, al tratarse de dispositivos de seguridad, la descripción debe indicar brevemente que pasaría si falla el dispositivo protegido al mismo tiempo que el dispositivo de seguridad.

En general la elaboración de la matriz AMFEC requiere del 80% del tiempo para la elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM.

4.10 Gestión de las actividades del Plan de Mantenimiento

Una vez que todas las tareas de mantenimiento han sido definidas, estas se deben organizar para que su ejecuten en sintonía con la capacidad del recurso humano disponible.

La gestión de actividades corresponde a uno de los tres factores que se deben controlar y gestionar para formular e implementar un plan de mantenimiento exitoso y sostenible en el tiempo, se deben gestionar los equipos, el recurso humano y los trabajos de mantenimiento.



Figura. 4.16 Gestión del Mantenimiento. Fuente: [7]

Una correcta gestión sobre estos tres ejes (ver Figura 4.16) permitirá mantener un control absoluto sobre las actividades de mantenimiento que se realizan en la planta (costos, tiempos, materiales, etc.), además de entregar información que permitirá hacer un diagnóstico sobre el desempeño de la planificación con el fin de implementar mejoras.

El plan de mantenimiento es el motor que permite gestionar las actividades de mantenimiento de manera organizada, este a su vez necesita la retro-alimentación de los trabajos realizados (planificados y no planificados), equipos intervenidos y materiales utilizados, entre otros, de tal manera de mantener un flujo de información constante que permita una optimización del plan.

El primer paso antes de especificar cómo se gestionarán los trabajos de mantención, consiste en establecer las políticas de mantenimiento. Las políticas o estrategias de mantenimiento consiste en:

“Definir los objetivos técnico-económicos del servicio así como los métodos a implementar y los medios necesarios para alcanzarlos” [7]

En la Figura 4.17 se pueden observar las diferentes fases de la puesta en marcha de una política de mantenimiento.



Figura. 3.17 Fases para implementar una Política de Mantenimiento. Fuente: [7]

Una vez que se dispone de la información de los equipos, su estado y requerimientos de producción, se fijan los objetivos. Los objetivos dependen del tipo de industria e incluso pueden ser distintos para cada máquina o instalación, sin embargo, la definición de los objetivos no es válida si no se hace un acuerdo previo con la dirección técnica y producción.

Algunos objetivos posibles son: [7]

- Máxima disponibilidad, sin importar el costo.
- A un costo dado (presupuesto fijo).
- Asegurar un rendimiento, una producción.
- Garantizar la seguridad.
- Reducir las existencias de recambios.
- Maximizar la productividad del personal
- Maximizar los trabajos programados, reduciendo las urgencias.
- Reducir las improvisaciones.
- Concretar un nivel de subcontratación.

Una vez definidos los objetivos se deben establecer los tipos de mantenimiento que se aplicarán basado en la información proporcionada por el “Árbol de Decisión”.

En el árbol de decisión existen distintas técnicas de mantenimiento aplicable a los equipos e instalaciones de una planta, estas técnicas además pueden tener diferentes niveles de trabajo de acuerdo a la cantidad de horas, personas, espacio, herramientas y materia prima necesarios para su desarrollo. Las técnicas de mantenimiento basadas en un análisis RCM son las descritas en la Figura 4.8. Mientras que los distintos niveles de intensidad se presentan en la Tabla 4.1 “Niveles de intensidad de mantenimiento”.

Tabla. 4.1 Niveles de intensidad de mantenimiento. Fuente: [1]

Nivel	Contenido	Personal	Medios
1	- Ajustes simples previstos en equipos accesibles - Cambio de elementos accesibles y fáciles de efectuar	Operador, en terreno	Herramientas básicas
2	- Arreglos por cambio estándar - Operaciones menores de preventivo (rondas)	Técnico habilitado, en terreno	Herramientas básicas + repuestos necesarios en stock
3	- Identificación y diagnóstico de averías - Reparación por cambio de componentes y reparaciones mecánicas menores	Técnico especializado, in situ o taller	Herramientas básicas + aparatos de medidas + banco de ensayos, control, etc.
4	- Trabajos importantes de mantenimiento correctivo y preventivo	Equipo dirigido por técnico especializado (Taller)	Herramientas específicas + material de ensayos, control, etc.
5	- Trabajo de grandes reparaciones, renovaciones, etc.	Equipo completo, polivalentes, en taller central.	Máquinas-herramientas y específicas de fabricación (forja, fundición, soldadura, etc.)

Para que estas tareas de mantenimiento se puedan realizar con la eficiencia deseada es preciso:
[1]

- Concretar el trabajo a realizar.
- Estimar los medios necesarios (mano de obra, materiales).
- Definir las normas de Seguridad y Procedimientos aplicables.
- Obtener el permiso de trabajo.

Por lo tanto, se trata de la preparación de la mano de obra y de los materiales, esto involucra tener disponible: [1]

- Mano de Obra:
 - o Normas, procedimientos, guías de trabajo aplicables. Sobre todo en trabajos muy repetitivos (Procedimientos y Normas-Guía)
 - o Calificación y formación necesaria de los ejecutores.
 - o Horas de trabajo necesarias.
 - o Permisos de trabajo a obtener. Condiciones a reunir por la instalación para obtener el permiso para trabajar.
- Materiales:
 - o Repuestos Necesarios. Su disponibilidad. Vale de salida del almacén.
 - o Materiales de consumo y otros no almacenados. Propuesta de compra.
 - o Transportes, grúas, carretillas necesarias.
 - o Andamios y otras actividades auxiliares.

Evidentemente no todos los trabajos requieren de la misma preparación y competencia. Para su justificación económica, se aceptan los siguientes grados de preparación en mantenimiento: [7]

- 10% de los trabajos no requieren ninguna preparación (pequeños, no repetitivos).
- 60% de los trabajos se hará una preparación general, incidiendo más en los materiales que en la mano de obra (trabajos normales).
- 30% de los trabajos se hará una preparación exhaustiva (grandes reparaciones, larga duración, parada de instalaciones).

Finalmente el plan de mantenimiento se completa definiendo la organización necesaria para:

- La estructura de recursos humanos, tanto propia como ajena.
- La estructura administrativa.
- El sistema de planificación y programación de los trabajos.

5. Antecedentes generales de HIDRONOR S.A. planta Pudahuel

La empresa HIDRONOR opera una planta de tratamiento y recuperación de residuos industriales peligrosos que fue inaugurada en el año 1977 en la comuna de Pudahuel, Avenida Vizcaya 260, Santiago de Chile. A la fecha esta planta ha realizado varias ampliaciones en su infraestructura y operación motivadas en aumentar el volumen y los tipos de residuos tratados y además para cumplir con en el marco legal vigente.

Esta planta provee los siguientes servicios:

- Asesorías ambientales en residuos;
- Caracterización y análisis de residuos;
- Manejo in situ y transporte de residuos;
- Tratamiento y disposición final de residuos;
- Exportación e incineración de residuos;
- Revalorización energética, recuperación y reciclaje de residuos;
- Gestión de productos fuera de estándar;
- Almacenamiento temporal de residuos y productos;
- Desarrollo de proyectos en faenas de clientes;

Esta empresa define como su visión: “Hidronor S.A tiene como visión liderar y ser referente en gestión y tratamiento de residuos, generando valor agregado a sus clientes mediante soluciones seguras, sustentables y eficientes a las necesidades ambientales en materia de residuos”.

5.1 Modo de Operación de la Planta

La planta de tratamiento Pudahuel Hidronor procesa los residuos sólidos y líquidos del sector industrial. Su línea de proceso consiste en la recepción y clasificación del residuo, almacenamiento, tratamiento y disposición final, que se describen a continuación.

5.1.1 Recepción y Clasificación

En la recepción de la planta se clasifica el residuo según el tratamiento que va a requerir. Este se clasifica según sus características físico-químicas: pH, concentración, inflamabilidad y reactividad entre otras propiedades. Estas variables determinan el tipo de tratamiento y las cantidades necesarias de materia prima necesaria para su neutralización final.

Al momento de ingresar el camión con los residuos, se verifica que la ficha de detalles de carga (ej. Acido al 90%) coincida con su contenido real del camión. Enseguida el camión ingresan a la planta y descarga su contenido en el área asignada. El área que le corresponda dependerá del tipo de residuo y tratamiento necesario para su neutralización.

La descarga puede ser mediante bombas si es líquido o grúas horquilla cuando el material está envasado con porta palets.

5.1.2 Almacenamiento

Según su clasificación el residuo se puede almacenar en bodegas, en los contenedores al aire libre del patio de residuos, en estanques o puede descargarse directamente a los equipos de neutralización. Además existen bodegas designadas para residuos de alta inflamabilidad y otras bodegas para residuos destinados a exportación.

Al patio de residuos se ingresan aquellos residuos sólidos paletizados que irán directamente al sector de Inertización, o aquellos que serán reciclados.

5.1.3 Tratamiento

El tratamiento depende de la clasificación del residuo. Existen tres sectores de tratamiento de residuos, dos están destinados a la neutralización de residuos y otro sector esta destinado a la recuperación del poder calorífico del residuo. Los sectores de neutralización se denominan Sector Físico-Químico y Sector de Inertización, mientras que el sector de recuperación” se conoce como Sector Blending. A continuación se describen los procesos que se llevan a cabo en los distintos sectores:

5.1.3.1 Tratamiento sector físico-químico

Destinado a las aguas contaminadas, ácidos, residuos alcalinos y residuos crómicos. El Sector Físico-Químico posee tres líneas de tratamiento, una exclusivamente para ácidos, otra para residuos alcalinos y aguas contaminadas, y una para residuos crómicos y tratamientos especiales. Todas ellas consisten básicamente en una neutralización que se lleva a cabo en estanques con agitación (reactores), que son alimentados desde los estanques de almacenamiento.

El proceso de neutralización consiste en la mezcla y agitación de la materia prima con el residuo en cuestión, con el objetivo de obtener un pH 8 al interior del reactor. El producto del proceso de neutralización es enviado a un filtro que permite separar los lodos del líquido (clarificado), para así aprovechar el agua en otros tratamientos y enviar lodos secos al depósito de seguridad.

Los gases que desprenden los reactores producto de la neutralización, son tratados por un sistema lavador de gases que consiste en balancear el pH utilizando rociadores e hidróxido de sodio (NaOH), y un filtro de carbón activado para disminuir la presencia de olores.

El proceso se ve representado esquemáticamente en la Figura 5.1.

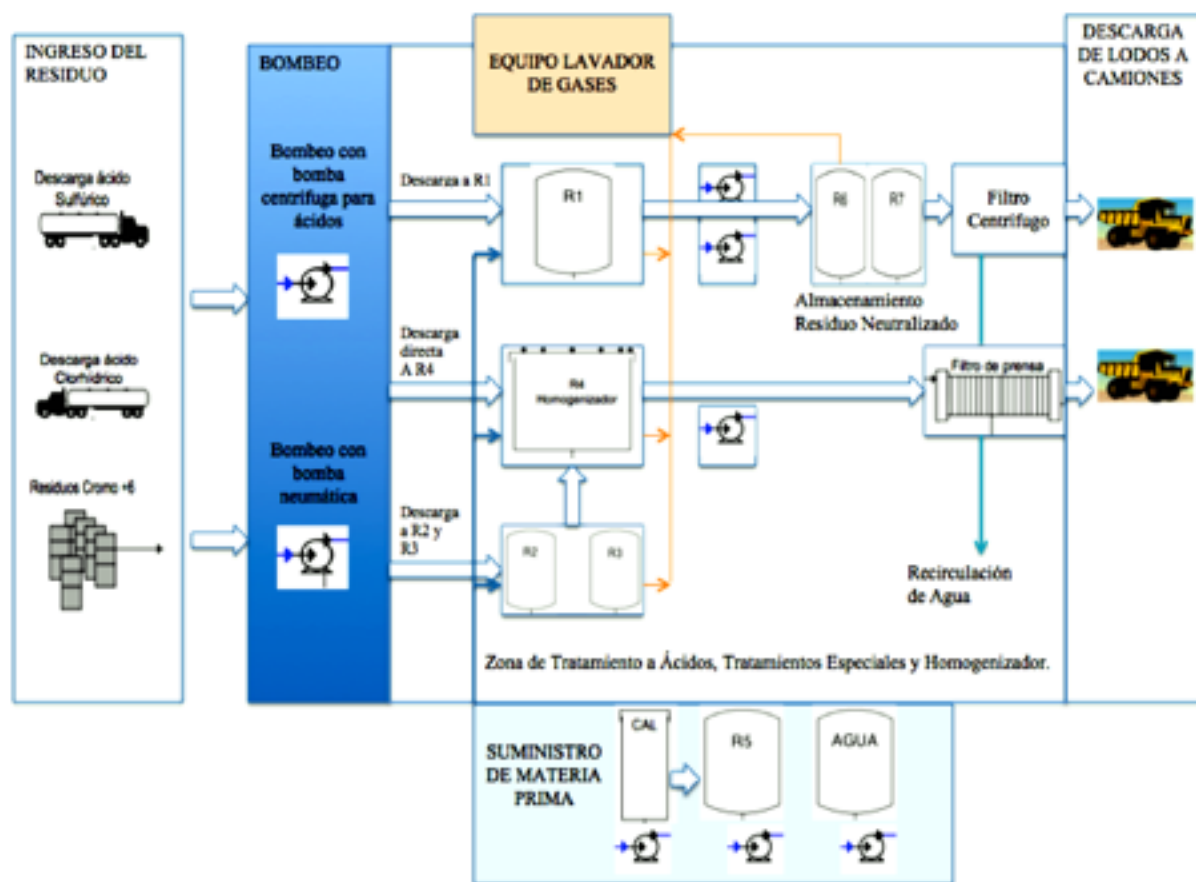


Figura 5.1 Esquema de Proceso Físico-Químico. Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.2 Tratamiento sector blending

Destinado a la recuperación de subproductos orgánicos (disolventes orgánicos no clorados), aceites y taladras.

La finalidad de este proceso es almacenar y mezclar distintos disolventes orgánicos para luego distribuirlo como un combustible alternativo líquido denominado CAL. El proceso de mezclado se realiza trasvasiando los distintos disolventes orgánicos entre un conjunto de cinco estanques hasta obtener las características deseadas de capacidad calorífica, contenido de agua y de cloro, entre otras.

El proceso se ve representado esquemáticamente en la Figura 5.2.

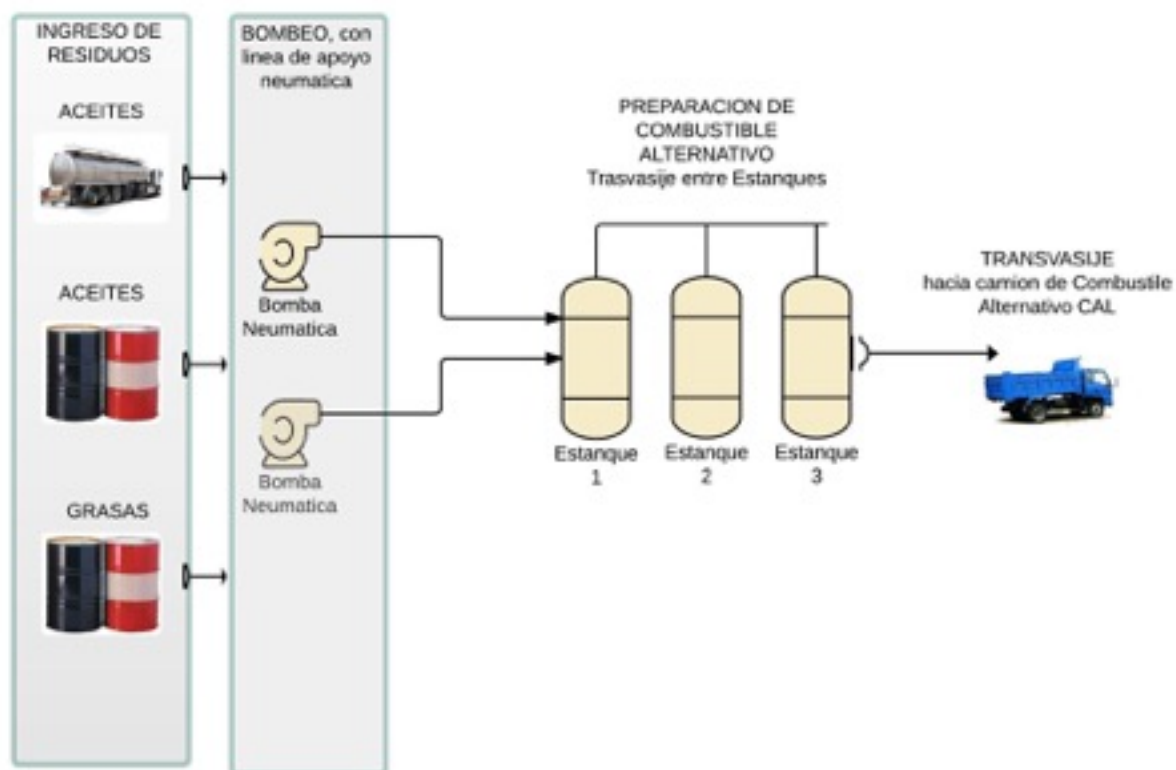


Figura 5.2 Esquema de Proceso Blending. Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.3 Tratamiento sector inertización

Destinado a la inertización de residuos arsenicales, envases de productos químicos, filtros de fluidos, tubos fluorescentes y ampolletas, fármacos, cenizas y escoria, Baterías y pilas, textiles, chatarra metálica y más (en general rises).

El proceso de Inertización tiene dos líneas de tratamiento, la Inertización en bateas y el tratamiento en Máquina Inertizadora.

Las bateas son depósitos de hormigón donde se descargan los residuos a tratar mezclando una serie de residuos de distinta naturaleza. Una vez adicionadas las cantidades de materia prima de Cal y Cemento, se procede a homogenizar el residuo mediante el uso de una retroexcavadora, que además de mezclar permite cargar el camión que transportará la mezcla hacia el depósito de seguridad.

La máquina Inertizadora consiste en verter el residuo a tratar en una cinta transportadora que alimenta una unidad mezcladora, en donde se le adiciona la materia prima que inertiza el residuo (neutraliza su pH). Luego se deposita la mezcla inertizada en un elevador de capacho que descarga a un camión que traslada la mezcla al depósito de seguridad.

El proceso se ve representado esquemáticamente en la Figura 5.3.

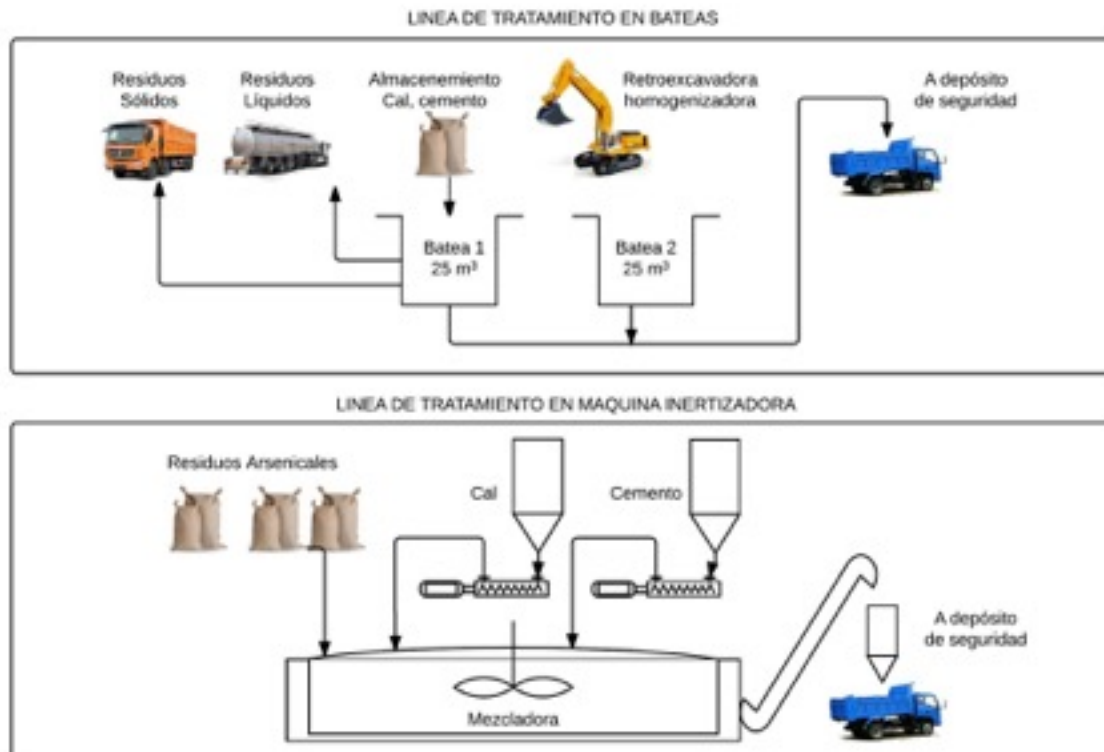


Figura 5.3 Esquema de Proceso Inertización. Fuente: Planta Pudahuel, Hidronor S.A.

5.1.4 Disposición final sector depósito de seguridad

La disposición final consiste en trasladar los lodos de los procesos Físico-Químico e Inertización a un “Depósito de Seguridad” ubicado al interior de la planta. Mediante camiones, cargadores y palas mecánicas se trabaja el terreno del depósito para formar celdas que permitan depositar los residuos de manera controlada y segura. Su aspecto es idéntico al de un relleno sanitario. La principal diferencia es que solo acepta residuos de carácter industrial, por lo que no se produce una biodegradación de estos residuos (como en los residuos domésticos), solo se deben capturar los líquidos lixiviados. Para realizar esto, cada celda posee una membrana que recoge el líquido lixiviado de la celda para tratarlo como residuo líquido, además poseen tuberías que permiten medir el nivel de líquido en cada celda. La ubicación de estos procesos en la planta se puede apreciar en la Figura 5.4



Figura 5.4 Esquema de Planta Pudahuel Hidronor y ubicación de Áreas de Procesos. Fuente: Planta Pudahuel, Hidronor S.A.

5.2 Estado actual del mantenimiento en la planta

A continuación se describe la estructura operativa que realiza el mantenimiento, el organigrama de la planta, la administración de los datos de mantenimiento y la programación de los trabajos. Finalmente se hace un diagnóstico del estado actual del mantenimiento.

5.2.1 Organigrama de la Planta

El área de mantenimiento forma parte del “Organigrama Gerencia Operaciones” de Hidronor Pudahuel, el cual se muestra en la Figura 5.5.



Fig. 5.5 Organigrama Gerencia Operaciones. Fuente: Planta Pudahuel, Hidronor S.A.

El área de mantenimiento de Planta Pudahuel fue resaltada en la Figura 5.5. En esta área se pueden identificar los siguientes cargos:

Ingeniero Jefe de Planta: Las responsabilidades de este puesto consisten en liderar los grupos de mantención supervisando la operación técnica, económica y legal de la planta, para así maximizar la producción y asegurar el uso eficiente de activos, recursos humanos, materiales y los insumos de producción. Debe asegurar un mantenimiento adecuado y el servicio permanente de las líneas de tratamiento y parque de activos, además debe asegurarse del cumplimiento de normas del Medio Ambiente, Higiene y Seguridad, entre otras políticas de la empresa.

Supervisor de Mantenimiento: Las responsabilidades de este puesto consisten en controlar los índices energéticos de la planta, realizar las reparaciones correctivas de emergencia, llevar a cabo los planes de mantención y responder a los compromisos ambientales y de seguridad y salud ocupacional atinentes a su puesto de trabajo.

Operador de Mantención: Es un profesional de carácter técnico que está encargado de realizar las actividades de mantenimiento a los equipos de planta. Tienen las competencias básicas del mantenimiento industrial para intervenir bombas, motores, maquinaria pesada, equipos móviles entre otros equipos. Este debe responder a los compromisos ambientales y de seguridad y salud ocupacional atinentes a su puesto de trabajo.

5.2.2 Grupo de mantenimiento y método de trabajo

En la planta existe un área de mantenimiento que se encarga de todos los equipos. Esta área cuenta con un taller y oficinas en donde se desarrollan las actividades de mantención. Además, en esta área se encuentra la bodega donde se coordinan las solicitudes de repuestos y materias primas.

El grupo de trabajo está formado por cinco mantenedores con especialidades mecánica y eléctrica mas el supervisor de mantenimiento. Este grupo se encarga de realizar mantenimientos regulares de lubricación, limpieza, búsqueda de fallas y sustitución de componentes de todos los equipos de la planta.

Todos los trabajos que involucran conocimientos específicos de seguridad, o conocimientos técnicos específicos sobre los equipos, se realizan por empresas externas. Estos trabajos incluyen el mantenimiento de equipos para la red de incendio, compresores, grupos electrógenos, limpieza y verificación del revestimiento de estanques, y los trabajos de termofusión de las líneas. Además existen otros trabajos de mantenimiento realizados por empresas externas que trabajan al interior de la planta, estos se ocupan principalmente del correcto funcionamiento de camiones que van al sector Depósito y la máquina retroexcavadora utilizada en Inertización.

Los trabajos de mantenimiento se reportan en el documento “Trabajos Mantención Planta”, y consiste en una hoja en la que se identifica el equipo que fue intervenido, las actividades realizadas y los repuestos que fueron utilizados.. Esta hoja se guarda en los archivadores correlativos al sector de la planta (Físico-Químico, Blending, Inertización). Toda la información que contienen estos archivadores es auditada.

El supervisor de mantenimiento se encarga de verificar tanto la realización del plan de mantención, además, debe de que se realice el mantenimiento a los equipos móviles de la planta (grúas horquillas, cargadores y maquinaria pesada).

5.2.3 Administración de los datos de mantenimiento

Los datos que se manejan en el área de mantenimiento corresponden a un registro físico en papel que cada trabajador reporta por medio del documento “Trabajo Mantención Planta”. Los trabajos que se realizan fuera de la planificación no siempre son reportados, aunque las intervenciones correctivas mayores sí se registran, y las intervenciones correctivas menores como ser cambios en el piping o reemplazo de elementos menores no se registran. El documento “Trabajo Mantención Planta” se encuentra en el Anexo C, este documento es la única fuente de datos para determinar el desempeño real de los equipos en su operación actual.

Otro tipo de información que se administra es la de carácter técnico, como son los manuales de mantenimiento de los equipos adquiridos. Esta información fue recopilada en terreno con ayuda de los mantenedores. Actualmente, los manuales disponibles no cubren la totalidad de los equipos

de la planta. Los manuales que existentes sirven como base para el mantenimiento de los equipos de mayor complejidad. Estos manuales son administrados por el supervisor de mantenimiento.

La información técnica disponible es incompleta para algunos equipos, y el personal técnico se basa en la experiencia para identificar los materiales que se deben utilizar en los trabajos de mantenimiento.

El plan de mantenimiento actual fue definido durante la puesta en marcha de la planta, en el año 1997 y a la fecha no se ha modificado.

Actualmente la planta cuenta con una plataforma en línea para la administración de los datos, Sistema de Gestión Integrado (SGI). Este sistema provee acceso a los documentos relacionados con el giro de la empresa y sus contratos y es utilizado principalmente por el grupo administrativo de compras y contratos. Su uso con fines de mantenimiento esta limitado a compartir el archivo que contiene el plan de mantenimiento.

5.2.4 Programación y ejecución de los trabajos de mantenimiento

Actualmente el grupo de mantenimiento sigue una planificación anual, en la cual se consideran 52 equipos a los que se les realizan trabajos de mantenimiento programado durante el año. En general, los equipos poseen una frecuencia de mantenimiento (según el plan actual) no mayor a tres intervenciones anuales. En el plan también se indica si el mantenimiento debe ser efectuado por personal de Hidronor o externo.

Las tareas de mantenimiento del día se coordinan durante las reuniones diarias del equipo de mantención.

Los costos de los trabajos de mantenimiento son asignados al centro de costos del área en que fueron utilizados los repuestos e insumos, por lo que no se puede obtener información sobre el costo de mantenimiento de cada equipo en particular. Las solicitud de repuestos e insumos se hace a través de la oficina de bodega.

El control sobre el mantenimiento efectuado por las empresas externas se realiza con ordenes de trabajo que luego se archivan indicando si la mantención fue realizada o no.

5.2.5 Turnos de mantenimiento

En la empresa la jornada laboral es de 2 turnos de 8 horas, uno de día y otro de noche. El grupo de mantenimiento trabaja solo en el turno de día de lunes a viernes (45 horas semanales), por algún requerimiento especial pueden trabajar un turno el día sábado (horas extras). El patio físico-químico y Blending operan solo en el turno de día de lunes a viernes y el área Inertización es la única que opera en turnos de día y de noche. En el caso de ocurrir alguna falla durante el turno de noche, se cuenta con el personal de la empresa externa encargada de la operación y mantenimiento de camiones y de la retroexcavadora

5.2.6 Diagnóstico del mantenimiento actual

Las principales observaciones que podemos identificar en el mantenimiento actual de la empresa son:

- Existen equipos a los que se les realiza mantenimiento y no forman parte del plan.
- El mantenimiento que realiza el grupo de trabajo interno de Hidronor es mayoritariamente correctivo.
- No se lleva un historial de fallas de cada equipo.
- No se informa sobre los tiempos de intervención de los equipos.

- No se posee información actualizada sobre los repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos. Los repuestos se solicitan al momento de intervenir los equipos, este proceso afecta en gran medida a la disponibilidad, ya que el tiempo para realizar los trámites administrativos de la solicitud de compra de repuestos puede variar de semanas a meses.
- En bodega se encuentran repuestos para piping, rodamientos, sellos y repuestos eléctricos, de los cuales no se tiene conocimiento para que equipos son compatibles.
- El trabajo del grupo de mantenimiento no cuenta con indicadores de desempeño para evaluar la eficacia de las actividades de mantención.

La gestión actual del mantenimiento de Hidronor es de una segunda generación (orientada a la prevención). Su planificación no esta sustentada en bases técnicas ni en información histórica, y para su ejecución no se indican los materiales que son necesarios para las tareas, las funciones que debe desempeñar cada trabajador no están bien definidas y además no existe un control de la mantención. Por lo demás, no existen métricas de desempeño, ni datos que indiquen si las tareas que hacen son efectivas y aumentan la disponibilidad de los equipos, o los perjudica. No se tiene una ficha con los elementos de repuesto necesarios para cada equipo, para optimizar el número de repuestos en bodega. Todo lo anterior aumenta los tiempos de reparación y los costos.

6. DISEÑO DEL NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR

Para el diseño de este plan de mantenimiento el primer paso fue recopilar toda la información sobre los diferentes equipos que existen en la planta Hidronor, registrar sus parámetros nominales de operación, los parámetros de diseño, frecuencias de fallas, modos de falla y sus posibles causas. Los datos recopilados fueron la base para construir la matriz AMFEC y elaborar los documentos en los que se sustenta el plan de mantención.

El plan de las actividades a considero las siguientes actividades:

- Clasificación e Identificación de Equipos
- Priorización en base a Análisis de Criticidad
- Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFEC)
- Árbol de Decisión
- Confección del Plan de Mantenimiento

El objetivo de este plan de actividades es diseñar el nuevo plan de mantenimiento basado en riesgo para la planta Hidronor.

A continuación se describe de que manera se desarrollo cada etapa de este plan de actividades..

6.1 Clasificación e identificación de equipos de Hidronor

Se realizó un catastro de todos los equipos existente en la Planta. Las áreas consideradas en el catastro fueron “Sector Blending”, “Sector Físico-Químico”, “Sector Inertización” y “Sector Servicio”. El “Sector Servicio” reúne a los equipos utilitarios de la Planta, como compresores de aire, red de incendio, bombas de agua de regadío y agua potable. El sector “Depósito de Seguridad” (definido en los tratamientos) no fue considerado en el catastro, ya que contempla únicamente equipos de iluminación y extracción que no participan en los tratamientos.

El catastro recopiló información de 89 equipos existentes en la planta. La Figura 6.1 muestra gráficamente la distribución de los equipos analizados agrupados por familias, dentro de las familias consideradas encontramos bombas, estanques con agitación, estanques sin agitación, filtros, silos, equipos de conminución, compresores, extractores y equipos especiales. El grupo “Equipos Especiales” incluye dos codos amortiguadores de flujo (confeccionados por Hidronor), un calentador de aire, un condensador, dos cilindros lavadores de gases y una máquina Inertizadora.

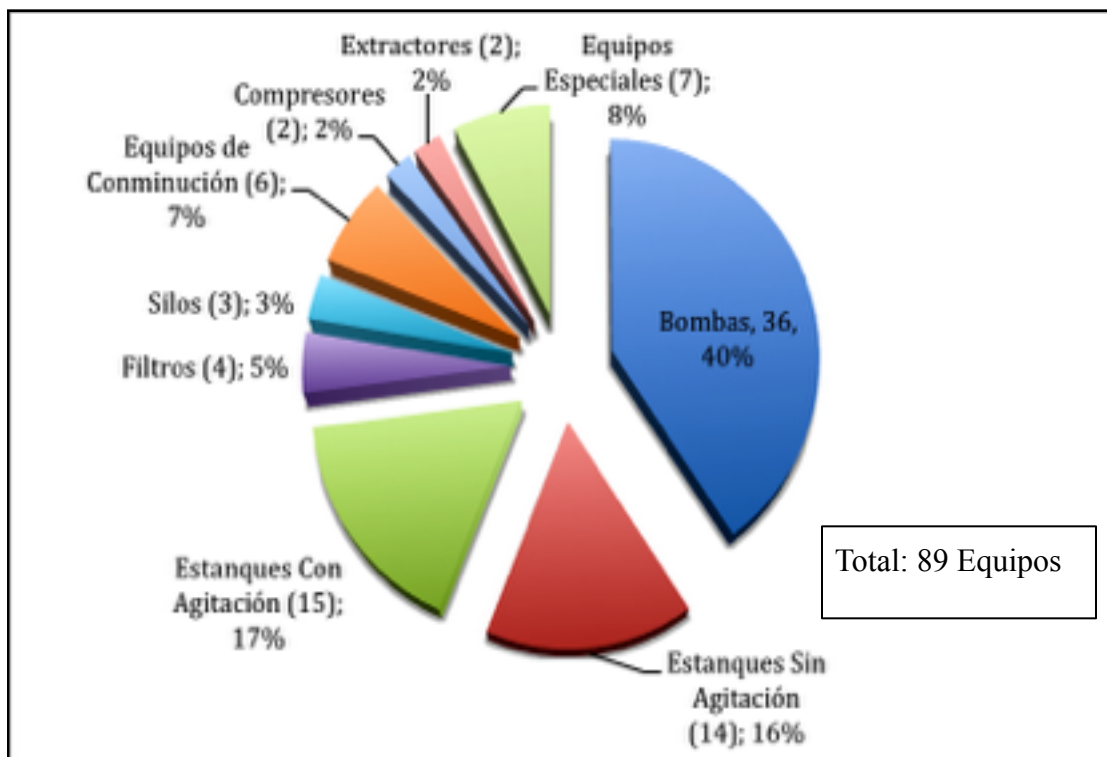


Figura 6.1 Distribución según “Familia de Equipos”

Esta agrupación por “Familia de Equipos” fue utilizada para confeccionar las fichas técnicas que se muestran en el Anexo F. En estas fichas se incluyeron los datos recopilados sobre las condiciones operacionales de diseño de los equipos, la frecuencia de mantenimiento y los componentes para repuestos.

Para la captura de datos se le asignó un TAG que identifica cada equipo de la siguiente forma:

SECTOR-FAMILIA-TIPO DE EQUIPO-CORRELATIVO

Por ejemplo: PB-BBA-DFGMA-001

- PB: Sector Blending
- BBA: Familia Bombas
- DFGMA: Tipo de Equipo Bomba de Diafragma
- 001: Correlativo de Bomba de Diafragma

En el Anexo G, se adjunta el listado general de equipos con sus respectivos TAG asignados.

6.2 Evaluación de riesgo para los equipos de Hidronor

La elaboración del estudio de evaluación de riesgo se realizó a partir de una campaña de captura de datos con la ayuda de ingenieros, técnicos, mantenedores y operarios de la planta.

Para esta campaña se confeccionó una ficha de captura de datos que se adjunta en el Anexo I. En esta ficha se incluyeron los siguientes factores para el cálculo del índice de criticidad:

- Impacto Operacional (IP)
- Impacto a la Calidad (IC)
- Impacto en el Mantenimiento (IM)
- Impacto en Seguridad y Medio Ambiente (ISM)
- Frecuencia de Falla (FF)

Impacto Operacional

Para esta categoría se definieron los criterios que se muestran en la Tabla 6.1.

Donde el índice de Impacto Operacional corresponde a la sumatoria de los criterios:

- Tasa de Utilización del Equipo
- Equipo Auxiliar
- Influencia en la prestación del servicio

Tabla 6.1 Criterios del factor Impacto Operacional

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	NIVEL
Tasa de Utilización del Equipo	> 80%	4
	Entre 80% y 50%	2
	< 50%	1
Equipo Auxiliar	Sin Posibilidad de Reemplazo (Única Existencia)	4
	Equipo de la misma Clase en el Servicio	2
	Equipo con Redundancia	1
Influencia en la Prestación del Servicio	Paro del Proceso de Servicio	5
	Influencia Importante: Indisponibilidad	4
	Influencia Relativa: Posee Alternativa Temporal	2
	No Interviene en el Servicio Principal	1

La “Tasa de Utilización de Equipos” se determino en base a las horas de servicio semanales del equipo. El criterio “Equipo Auxiliar” está directamente relacionado con la redundancia, de esta manera un equipo sin redundancia ni posibilidad de reemplazo se le asigna un nivel 4, mientras que un equipo con redundancia se le asigno un nivel 1, los equipos que poseen equivalentes de la misma clase en servicio se les asigna un valor 2. La “Influencia en la Prestación de Servicio” tiene relación con la influencia que tiene el equipo sobre la capacidad de las líneas de tratamiento, si la falla del equipo provoca una detención de planta se le asigna el nivel máximo 5, mientras que aquellos equipos que reduzcan la capacidad de tratamiento o simplemente no la afecten se le asigna un nivel menor de 5.

Impacto a la Calidad

Para esta categoría se considero el criterio de la Calidad Final del Servicio. Asignando un rango de tres valores según su importancia.

Tabla 6.2 Criterios del factor Impacto a la Calidad

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	NIVEL
Influencia en la Calidad Final del Servicio	Importante	4
	Sensible	2
	Nula	1

Un nivel alto indica que la falla del equipo impacta a la eficiencia del tratamiento, por ejemplo: utilizar mayor materia prima de la necesaria, mayor energía, o aumentando los costos de tratamiento y sus tiempos.

Impacto en el Mantenimiento

Para esta categoría se consideraron los criterios que se describen en la Tabla 5.3.

El índice de Impacto en el Mantenimiento se obtiene con la sumatoria de los tres criterios:

- Costo Preventivo Mensual
- Número de horas paradas por averías al mes
- Grado de complejidad del equipo

Tabla 6.3 Criterios del factor Impacto en el Mantenimiento

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	NIVEL
Costo Preventivo Mensual	> \$800.000	4
	Entre \$800.000 y \$200.000	2
	< \$200.000	1
Número de Horas Paradas por Averías al Mes	> 5 horas	4
	Entre 2 a 5 horas	2
	< 2 horas	1
Grado de Complejidad del Equipo	Alta	4
	Media	2
	Baja	1

Todos los criterios de mantenimiento fueron establecidos por el grupo de mantenedores. El rango “Costo Preventivo Mensual” considera un nivel alto de costo preventivo para aquellos equipos que gastan sobre \$800.000 CLP mensuales, y un nivel bajo para equipos que gastan menos de \$200.000 CLP mensuales. El rango de “Número de Horas Paradas por Averías al Mes” representa la indisponibilidad causadas por fallas, un índice alto indica que el equipo presenta una indisponibilidad superior a las 5 horas producto de fallas al mes. El “Grado de Complejidad” indica el nivel de conocimiento técnico con el que se debe contar para realizar el mantenimiento del equipo

Impacto en Seguridad y Medio Ambiente

En la categoría Seguridad y Medio Ambiente se consideraron los criterios que se muestran en la Tabla 6.4.

Tabla 6.4 Criterios del factor Impacto en Seguridad y Medio Ambiente

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	NIVEL
Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente	Riesgo Mortal y/o Daño Ambiental Severo	5
	Riesgo para la Instalación y/o Personas	4
	Daño Leve a Personas y/o reversible al Ambiente	2
	Sin Influencia	1

En el criterio “Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente” se considera el nivel máximo para aquellos equipos cuya falla representen un riesgo mortal a los trabajadores y/o un daño ambiental severo e irreversible. Un nivel 1 ó 2 representan daños leves a las personas, reversibles al medio ambiente o sin influencia alguna.

Frecuencia de Falla

En la categoría Frecuencia de Falla se consideraron los criterios que se muestran en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5 Criterios del factor Impacto en el Mantenimiento

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	NIVEL
Frecuencia de Aparición de una Falla	Muy Alta (1-2 semanas)	5
	Alta (1 mes)	4
	Moderada (3-4 meses)	2
	Baja (6 meses - 1 año)	1

El rango de niveles de “Frecuencia de aparición de una Falla” fue determinado según la experiencia del grupo de mantenedores. El grupo determinó que aquellos equipos que presenten fallas semanales corresponden a una frecuencia alta de fallas, mientras que aquellos equipos que presenten fallas semestralmente se los considere con una frecuencia baja de fallas.

En la Planta se han identificado 89 equipos, una gran parte de ellos se encuentra trabajando en función stand-by, redundancia parcial, redundancia total o en fraccionamiento. Por este motivo el número de equipos considerados en el análisis de criticidad se redujo a 44, agrupando aquellos equipos que trabajen en las configuraciones nombradas, el factor redundancia está considerado en el criterio “Equipo Auxiliar” para el análisis de criticidad.

En la tabla 6.6 se muestra el listado de los equipos agrupados para el análisis de criticidad de la planta. La tabla 6.7 muestra el índice de criticidad con intensidad de color.

Una vez determinadas las consecuencias de falla de cada equipo y su frecuencia de falla, en base a los criterios definidos se procede a calcular su índice de criticidad.

La Figura 6.2 muestra una gráfica con los resultados de la evaluación de los índices de criticidad obtenidos, indicando el aporte de cada criterio evaluado con un color diferente, además se han separado los equipos según el sector de tratamiento.

Este gráfico muestra que los equipos con mayor índice de criticidad se encuentran en el Sector Inertizadora, mientras que en el Sector Físico-Químico hay una mayor cantidad de equipos con índices de criticidad relevantes.

Tabla 6.6 Equipos Seleccionados para Analisis de Criticidad

Sector	Equipo	Cantidad de Equipos
Patio Blending	Bombas de Diafragma PB	3
	Bombas de Tornillo PB	2
	Estanque PB sin Agitacion	3
	Estanque PB con Agitacion	2
	Volteador Bending	1
	Amortiguadores de Flujo	2
	Maceradores	2
	Lavador de Gases PB	1
Patio Fisico-Quimico	Bombas de Diafragma FQ	4
	Bombas de Tornillo FQ	2
	Bomba Centrifuga Soda	1
	Bomba Centrifuga Acido	1
	Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	1
	Bombas Centrifuga FQ Moviles	2
	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	1
	Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	1
	Bomba Centrifuga Agua Limpia	1
	Bomba Abel	1
	Lavador de Gases FQ	1
	Reactor 1	1
	Reactores 2 y 3	2
	Homogenizador	1

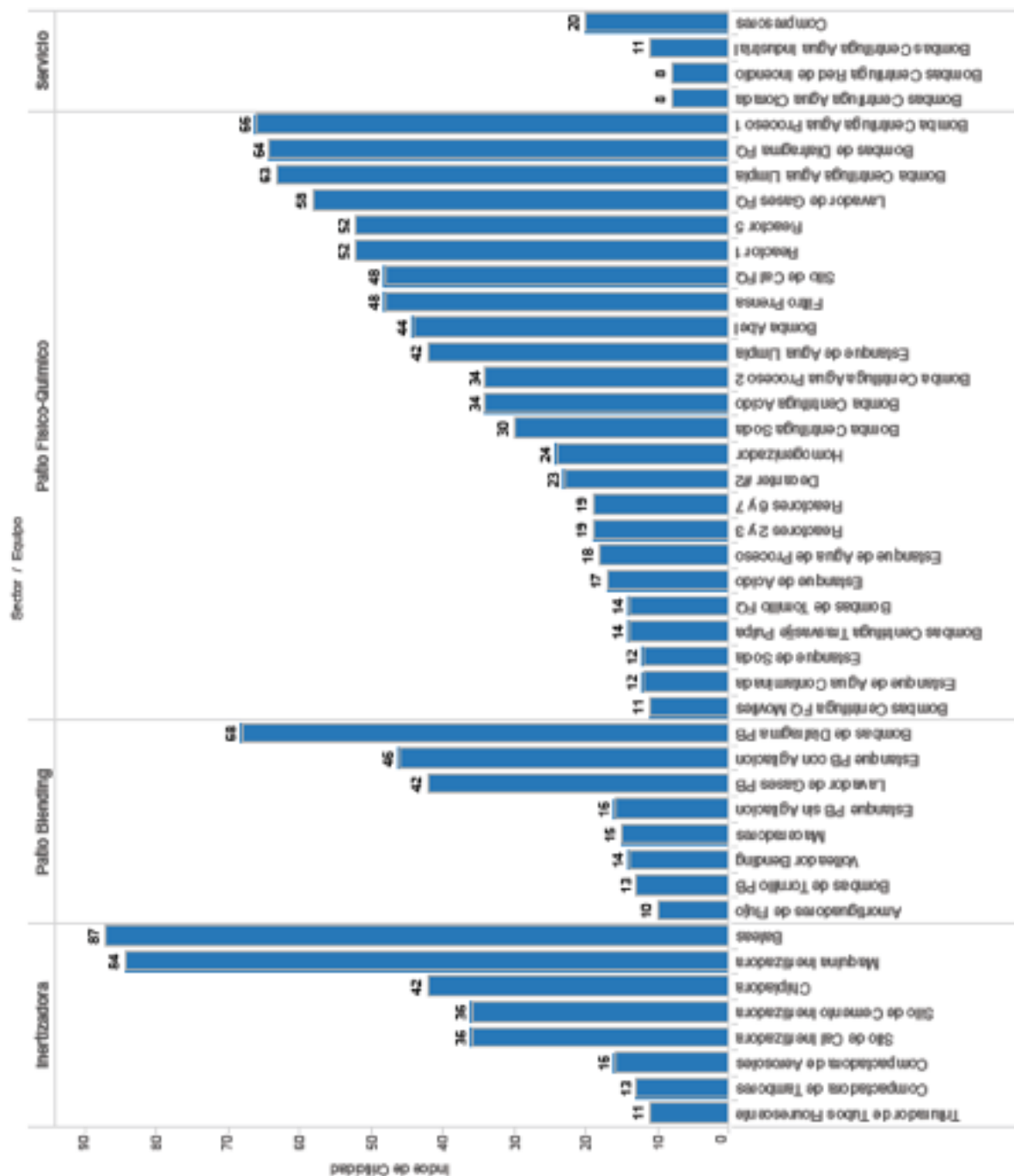
ID Equipo as an attribute broken down by Sector, Equipo and Cantidad de Equipos.

Tabla 6.6 Equipos Seleccionados para Analisis de Criticidad

Sector	Equipo	Cantidad de Equipos
Patio Fisico-Quimico	Reactor 5	1
	Reactores 6 y 7	2
	Estanque de Acido	1
	Estanque de Soda	2
	Estanque de Agua Contaminada	4
	Estanque de Agua de Proceso	2
	Estanque de Agua Limpia	1
	Silo de Cal FQ	1
	Decanter #2	1
	Filtro Prensa	1
Inertizadora	Chipiadora	1
	Compactadora de Aerosoles	1
	Compactadora de Tambores	1
	Triturador de Tubos Fluorescente	1
	Batcas	2
	Maquina Inertizadora	1
	Silo de Cal Inertizadora	1
	Silo de Cemento Inertizadora	1
	Bombas Centrifuga Agua Industrial	3
	Bombas Centrifuga Agua Clorada	2
Servicio	Bombas Centrifuga Red de Incendio	2
	Compresores	2

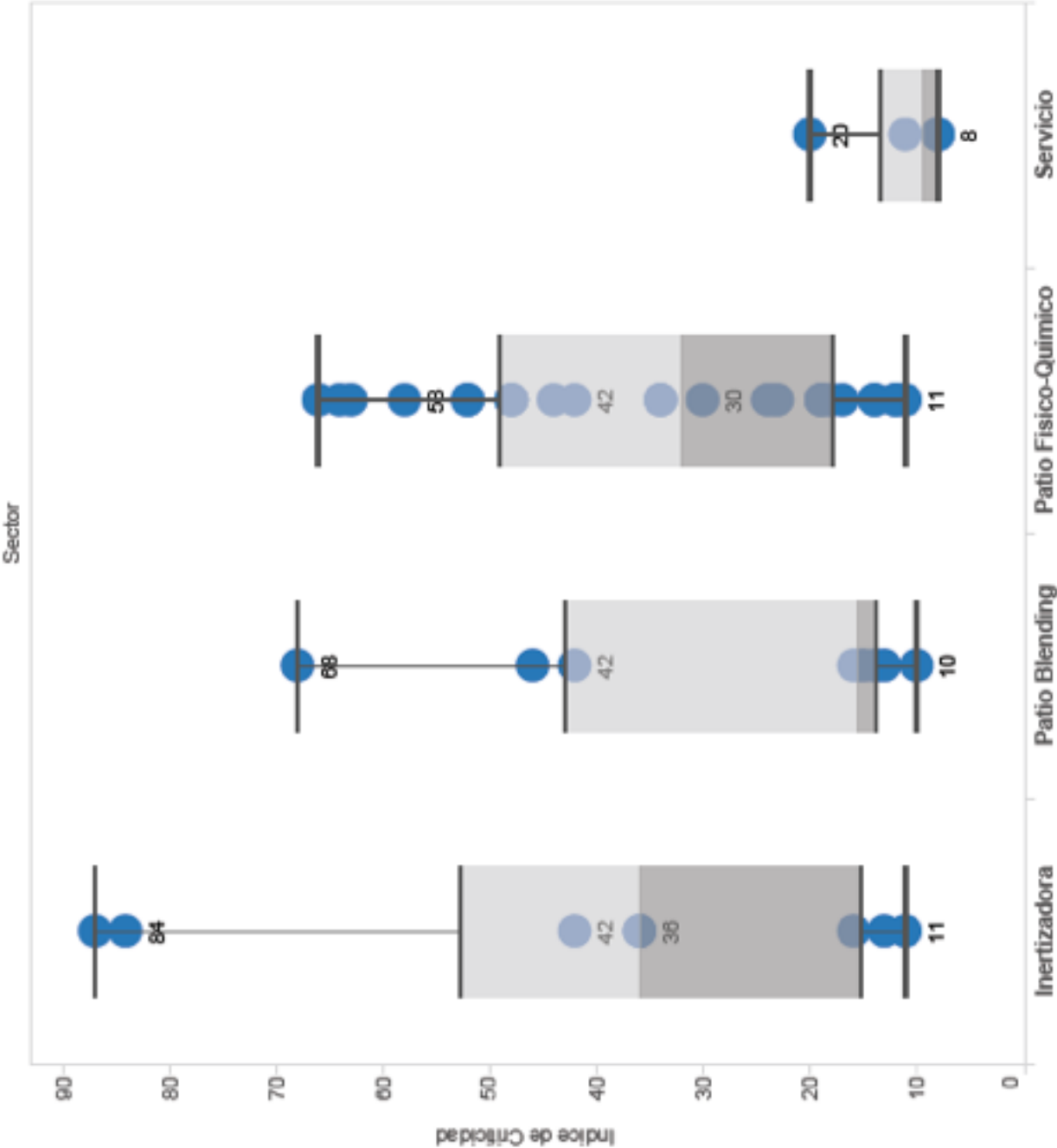
ID Equipo as an attribute broken down by Sector, Equipo and Cantidad de Equipos.

Figura 6.2 Valor Total Índice de Criticidad Equipos Hidronor



Sum of Criticidad for each Equipo broken down by Sector. Details are shown for Equipo.

Figura 6.3 Diagrama de Caja Índice de Criticidad Equipos Hidronor



Sum of Criticidad for each Sector. Details are shown for Equipo.

Tabla 6.7 Índice de Criticidad Equipos Aporte por Criterio

Criterio

Sector	Equipo	Costo Preventivo Mensual	Equipo Auxiliar	Grado de Complejidad del Equipo	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	Influencia en la Calidad Final del Servicio	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	Tasa de Utilización de Equipos
Inertizadora	Triturador de Tubos Fluorescente	1	5	1	1	1	1	1
	Compactadora de Tamboreis	1	6	2	1	1	1	1
	Compactadora de Aerosoles	1	8	1	1	2	1	2
	Silo de Cal Inertizadora	2	10	4	4	4	4	2
	Silo de Cemento Inertizadora	2	10	4	4	4	4	2
	Chipladora	4	18	4	2	8	2	4
	Maquina Inertizadora	12	27	12	6	12	12	3
	Baleas	12	24	6	12	15	6	12
Patio Blending	Amortiguadores de Flujo	1	3	1	1	1	1	2
	Bombas de Tornillo PB	2	4	1	1	2	1	2
	Voleador Bending	1	6	1	2	1	2	1
	Maceradores	1	6	1	1	4	1	1
	Estanque PB sin Agitación	1	6	1	4	1	1	2
	Lavador de Gases PB	4	16	4	4	8	2	4
	Estanque PB con Agitación	4	12	4	8	8	2	8
	Bombas de Diafragma PB	8	20	4	4	8	8	16
Patio Fisico-Quimico	Bombas Centrífuga FQ Móviles	1	3	1	1	1	2	2
	Estanque de Agua Contaminada	1	2	1	4	1	1	2
	Estanque de Soda	1	2	1	4	1	1	2
	Bombas Centrífuga Trasvasaje Pulpa	1	6	1	2	1	1	2
	Bombas de Tornillo FQ	2	4	1	2	2	1	2
	Estanque de Acido	1	5	1	4	1	1	4

Sum of Criticidad broken down by Criterio vs. Sector and Equipo. Color shows sum of Criticidad. The marks are labeled by sum of Criticidad.

Criticidad



Tabla 6.7 Índice de Criticidad Equipos Aporte por Criterio

Criterio

Sector	Equipo	Costo Preventivo Mensual	Equipo Auxiliar	Grado de Complejidad del Equipo	Influencia a la Seguridad y Medio Mes	Influencia en la Calidad Final del Servicio	Numero de Horas Paradas por Averías al Mes	Tasa de Utilización de Equipos
Pais Físico-Químico	Estanque de Agua de Proceso	1	5	1	2	4	1	4
	Reactores 2 y 3	2	5	2	5	2	1	2
	Reactores 6 y 7	1	5	2	4	4	1	2
	Decanter #2	2	8	4	1	4	2	2
	Homogenizador	1	8	2	4	4	1	4
	Bomba Centrífuga Soda	2	12	2	4	4	2	4
	Bomba Centrífuga Acido	2	16	2	4	4	2	4
	Bomba Centrífuga Agua Proceso 2	2	16	2	4	2	4	4
	Estanque de Agua Limpia	2	16	2	4	8	2	8
	Bomba Abel	4	10	4	4	8	4	4
	Filtro Prensa	8	16	8	2	8	2	4
	Silo de Cal FQ	4	10	4	4	8	4	8
	Reactor 1	4	16	4	10	8	2	8
	Reactor 5	4	18	4	8	8	2	8
	Lavador de Gases FQ	4	18	8	8	8	4	8
	Bomba Centrífuga Agua Limpia	8	24	3	3	12	3	12
	Bombas de Diafragma FQ	8	20	4	4	8	4	10
	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	6	24	3	6	12	3	12
Servicio	Bombas Centrífuga Agua Clorada	1	2	1	1	1	1	1
	Bombas Centrífuga Red de Incendio	1	2	1	1	1	1	1
	Bombas Centrífuga Agua Industrial	1	2	1	1	1	1	4
	Compresores	2	6	2	1	4	1	4

Sum of Criticidad broken down by Criterio vs. Sector and Equipo. Color shows sum of Criticidad. The marks are labeled by sum of Criticidad.

Criticidad



1

27

Los valores obtenidos se representan en la matriz de criticidad que se muestra en la Figura 6.4, donde se segregan los equipos que serán considerados de alta criticidad con los de baja criticidad. En esta matriz cada número dentro de las celdas corresponde a la identificación de un equipo, según la Tabla 5.6. La distribución de los equipos dentro de esta matriz permite distinguir las fallas potencialmente graves con una baja probabilidad de ocurrencia, fallas con consecuencias menores con una alta probabilidad de ocurrencia, fallas con leves consecuencias y baja probabilidad de ocurrencia, y fallas de consecuencias graves y alta probabilidad de ocurrencia consideradas las más críticas.

FRECU- ENCIA DE FALLA	Muy Alta (4)		1; 9		
	Alta (3)		39; 40	15; 17	37; 38
	Moderada (2)		11; 12; 16	4; 8; 18; 29; 30; 32; 33	19; 20; 23; 32
	Baja (1)	6; 14; 26; 27; 36; 41; 42; 43	2; 3; 5; 7; 10; 13; 25; 28; 34; 35	21; 22; 24; 31; 44	
		(8-12)	(13-18)	(19-24)	(25-34)
		CONSECUENCIA			

Figura 6.4 Matriz de Criticidad de Equipos

El plan de mantenimiento que se propone considera el siguiente criterio (según lo indicado en diagrama de la Figura 4.5 “Proceso RCM”):

- Los equipos considerados de criticidad alta y media-alta estarán afectos a un plan de mantenimiento según matriz AMFEC.
- Los equipos considerados de criticidad baja y media baja tendrán un mantenimiento genérico.

En la tablas 6.8 y 6.9 se muestran los equipos considerados para el análisis AMFEC.

Tabla 6.8 Equipos considerados de Alta Criticidad para la Planta

ALTA CRITICIDAD	
19	Lavador de Gases FQ
20	Reactor 1
23	Reactor 5
37	Bateas
38	Máquina Inertizadora

Tabla 6.9 Equipos considerados de Criticidad Media-Alta para la Planta

CRITICIDAD MEDIA-ALTA	
4	Estanques PB Con Agitación
8	Lavador de Gases PB
9	Bombas de Diafragma FQ
1	Bombas de Diafragma PB
15	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1
17	Bomba Centrífuga Agua Limpia
18	Bomba Abel
21	Reactor 2 y 3
22	Homogenizador
24	Reactor 6 y 7
29	Estanque Agua Limpia
30	Silo de Cal FQ
31	Decanter N°2
32	Filtro Prensa
33	Chipiadora
44	Compresores
39	Silo de Cal Inertizadora
40	Silo de Cemento Inertizadora

En el Anexo E se presenta el listado de equipos en grupos de alta criticidad, media-alta, media-baja y baja criticidad para la Planta Pudahuel, Hidronor.

En la Tabla 6.10 se resumen los 23 grupos que serán considerados en el análisis AMFEC, su número de identificación y sistema al que pertenecen.

Tabla 6.10 Resumen de grupo de equipos considerados en el AMFEC

Identificación de Equipos AMFEC		
Sistema	Equipo (Grupo)	ID del Grupo
Tratamiento de Ácidos	Lavador de Gases FQ	19
	Reactor 1	20
	Bombas de Diafragma FQ	9
	Reactor 6 y 7	24
Tratamiento Óxido-Reducción	Reactor 2 y 3	21
	Homogenizador	22
Tratamiento de Aceites	Estanques PB con Agitación	4
	Bombas de Diafragma PB	1
	Lavador de Gases PB	8
Tratamiento de Bateas	Bateas	37
	Máquina Inertizadora	38
	Chipiadora	33
	Silo de Cal Inertizadora	39
	Silo de Cemento Inertizadora	40
Suministro de Agua para Procesos	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	15
	Bomba Centrífuga Agua Limpia	17
	Bomba Abel	18
	Decanter N°2	31
	Filtro Prensa	32
	Estanque Agua Limpia	29
Preparación de Lechada	Reactor 5	23
	Silo de Cal FQ	30
Servicios	Compresores	44

6.3 AMFEC de equipos críticos de Hidronor

Para el análisis AMFEC se estudiaron las fallas funcionales y modos de falla dominantes de aquellos equipos considerados de alta criticidad y criticidad media-alta. Este estudio se encuentra documentada en el Anexo H, que corresponde a la “Base de datos AMFEC con Índice de Criticidad”. En este documento se divide la información de los modos de falla y criticidad de equipos según los siguientes sistemas.

- Sistema Tratamiento de Ácidos
- Sistema Tratamiento de Óxido-Reducción
- Sistema Tratamiento de Aceites
- Sistema Tratamiento en Bateas
- Sistema Suministro de Agua
- Sistema Preparación de Lechada
- Sistema Servicios

Para el cálculo de criticidad de los modos de falla se utilizaron los mismos criterios expuestos en la sección 5.2 con distintos niveles de ponderación por criterio, a estos criterios la metodología incluye “Detectabilidad del Modo de Falla” (D). Por lo que el cálculo del índice de criticidad de modos de falla sería:

$$\text{Criticidad MF} = \text{Frecuencia MF} + \text{Consecuencia MF} \times D$$

La tabla de descripción de niveles para cada criterio se muestra en el Anexo K.

A su vez los datos recopilados del AMFEC fueron registrados según el formato RCM en la denominada “Hoja de Información RCM”, mostrada en el Anexo H. Este formato hace más fácil el cruce de información con la etapa de Árbol de Decisión, y facilita el registro de nuevos datos y equipos por parte de los trabajadores.

En la captura de datos se registró un total de 171 modos de falla para 23 equipos críticos de la Planta. En la Figura 6.5 se muestra la distribución de modos de falla por sistema según su nivel de criticidad en diagramas de caja.

De este diagrama se puede ver que el 50% de los modos de falla del sistema de Tratamiento en Bateas corresponden a los modos de falla más críticos de la Planta, estos poseen una distribución asimétrica en donde la tendencia de los modos de falla es hacia un alto índice de criticidad. El sistema Suministro de Agua para Procesos es el segundo en media de criticidad de modos de falla. Este sistema presenta una mayor dispersión en sus datos y alcanza en su límite superior el modo de falla más crítico de la Planta, el cual está asociado a la pérdida de la función “Bombeo de Agua Limpia” que resulta ser una de las funciones con mayor impacto sobre la calidad de los tratamientos.

El sistema Tratamiento de Ácidos es el que acumula la mayor cantidad de modos de falla producto de la gran cantidad de equipos y funciones que se deben cumplir en el sector. Aunque el 75% de sus modos de falla se encuentra por debajo de la media de criticidad de Tratamiento de Bateas, se puede observar que algunos datos en su límite superior son de muy alta criticidad, estos modos de falla están asociados al reactor principal de la Planta, el Reactor 1.

El resto de los sistemas posee una distribución asimétrica con tendencia a una menor criticidad de modos de fallas, estos tienen en común que algunos de sus datos son considerados como anómalos o fuera de la tendencia estos son modos de falla de ruptura de líneas, los cuales poseen consecuencias muy graves pero tienen una frecuencia muy baja de falla o nunca han ocurrido.

Este tipo de información entregada por el AMFEC permite a los trabajadores enfocar sus esfuerzos de mantenimiento sobre aquellos equipos cuyas fallas representan los mayores riesgos para la empresa, además de entregarles una herramienta que les permitirá fundamentar sus decisiones entorno a la gestión de materiales, mano de obra, políticas de repuestos y políticas de mantenimiento.

Figura 6.3 Índice de Criticidad de Fallas Funcionales de Equipos

Sistema	Equipos	Fallas Funcionales	
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	Preparación toma un tiempo superior a 20 min	12
		Bombeo de 5000 a 7000 kg de lechada demora sobre 60 minutos	36
		Pérdida de contención en R5	61
		Incapacidad de realizar agitación	129
		Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	205
	Sto de Cal FQ	Bombeo de cal a reactor 5 supera tiempo promedio	102
		Incapacidad de bombear cal a R5	172
SERVICIOS	Compresores	Incapacidad de suministrar aire comprimido entre 7 a 4 bar	63
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Abel	Incapacidad de bombear pulpa de homogenizador	7
		Incapacidad de bombear agua filtrada de filtro prensa a estanques	77
	Bomba Centrífuga Agua Limpia	Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	12
		Bombeo de agua para procesos a R2 y/o R3 supera tiempo promedio	48
		Incapacidad de suministrar agua de proceso a bateas	30
		Incapacidad de bombear agua para procesos a reactores 2 y/o 3	132
		Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	336
		Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	30
	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	Incapacidad de suministrar agua de proceso a bateas	84
		Incapacidad de transportar agua por tuberías de bateas	171
		Incapacidad de transportar agua por tuberías	242
		Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	132
		Incapacidad de filtrar material Inertizado con decanter n°2	136
	Decanter #2	Incapacidad de descargar agua filtrada	270
		Pérdida de contención en Estanque de Agua Limpia	60
	Filtro Prensa	Incapacidad de filtrar material Inertizado con filtro prensa	95
TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	Bombeo de contenedores supera el tiempo promedio	8
		Incapacidad de transportar aceites y grasas por tuberías	48
		Incapacidad de bombear desde contenedores de aceite a estanques de al.	124
	Estanque PB con Agitación	Incapacidad de evitar sobrepresiones	120
		Incapacidad de agitar contenido para evitar deposiciones	144
	Lavador de Gases PB	Incapacidad de extraer gases de estanques	34
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	Bombeo de contenedores supera 5 minutos	48
		Incapacidad de bombear residuos contenidos en IBC	178
		Incapacidad de transportar ácido por tuberías	352

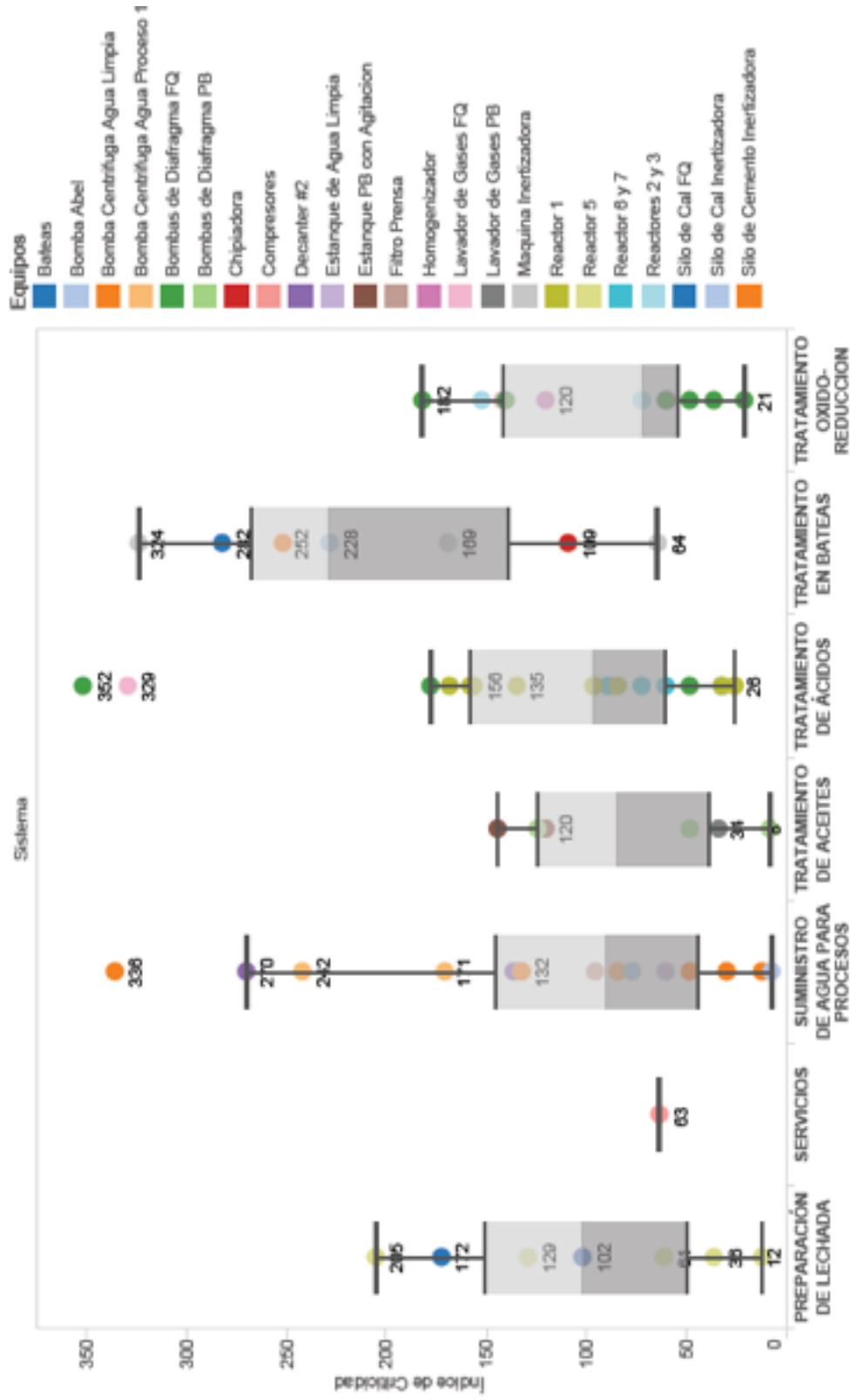
Sum of Índice de Criticidad broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

Figura 6.3 Índice de Criticidad de Fallas Funcionales de Equipos

Sistema	Equipos	Fallas Funcionales	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	Incapacidad de tratar gases liberados en Inertización	329
	Reactor 1	Incapacidad de bombear residuo Inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga	26
		Bombear residuo Inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma supera l...	32
		Incapacidad de obtener Ph entre 8 y 9	84
		Incapacidad de bombear residuo Inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba dia...	96
		Incapacidad realizar agitación	96
		Incapacidad de pesar reactor n°1	135
		Incapacidad de transportar pulpa Inertizada por tuberías	156
		Bombear residuo Inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga supera los 40 min	158
		Incapacidad de contener mezcla en el reactor	168
	Reactor 6 y 7	Bombear pulpa Inertizada a camiones supera los 30 min	32
		Incapacidad de agitar pulpa	60
		Incapacidad de bombear pulpa Inertizada a camiones	72
		Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	89
TRATAMIENTO EN BATEAS	Bateas	Pérdida de contención en bateas	282
	Chipladora	Incapacidad de realizar la conminución de sólidos a tratar	109
	Máquina Inertizadora	Incapacidad de realizar pesaje	64
		Incapacidad de descargar residuo Inertizado a camiones	169
		Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	324
	Silo de Cal Inertizadora	Incapacidad de suministrar cal a máquina Inertizadora	228
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Silo de Cemento Inertizadora	Incapacidad de suministrar cemento a máquina Inertizadora	252
	Bombas de Diafragma FQ	Bombeo de lechada a reactores 2 y/o 3 supera tiempo promedio	21
		Incapacidad de bombear residuos a reactores 2 y/o 3	36
		Bombeo de pulpa a homogenizador supera tiempo promedio	48
		Incapacidad de bombear pulpa a camiones	60
		Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	140
		Incapacidad de transportar ácido por tuberías	182
	Homogenizador	Incapacidad de contener mezcla en homogenizador	59
		Incapacidad de agitar mezcla en homogenizador	120
	Lavador de Gases FQ	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	142
	Reactores 2 y 3	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	72
		Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	152

Sum of Índice de Criticidad broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

Figura 6.4 Distribución de Máximos Índices de Criticidad en Modos de Falla Equipos



Sum of Índice de Criticidad for each Sistema. Color shows details about Equipos. Details are shown for Fallas Funcionales.

6.4 Árbol de decisión aplicado a Hidronor

Como se explica en el Capítulo 4.5 existe una relación directa entre la Hoja de Información RCM y la Hoja de Decisión RCM. Esta última posee un formato que permite decidir para cada modo de falla una tarea apropiada que mitigue o elimine las consecuencias de las posibles fallas.

Las tareas propuestas fueron seleccionadas con la ayuda de mantenedores, operadores e ingenieros de la Planta. Cada tarea propuesta tiene asociada una periodicidad y la especialidad del encargado, la cual puede variar entre Mecánico, Eléctrico, Operador y Mantenedor si no es necesaria una especialidad.

Para facilitar la lectura del Plan de Mantenimiento en la Hoja de Decisión RCM se ingresaron tanto equipos críticos de la planta como equipos ordinarios aprovechando el formato de estas tablas. Los equipos críticos siguen el formato original de Árbol de Decisión, mientras que para el resto de los equipos se detalla un mantenimiento genérico de limpieza, inspección, engrase y sustitución de elementos principalmente (Nivel de mantenimiento 1 y 2 de Tabla 4.1).

Estas Hojas de Decisión RCM se encuentran en el Anexo J.

6.5 Confección del plan de mantenimiento propuesto

Para la confección del Plan de Mantenimiento se agruparon todas las tareas propuestas por el Árbol de Decisión ordenándolas de acuerdo a su frecuencia. Ver Anexo L.

Cada una de las tareas definidas contiene la siguiente información:

- Frecuencia de Ejecución
- Equipo Involucrado
- Componente Específico del Equipo Involucrado
- Acción a realizar por el Mantenedor

- Especialidad del Mantenedor: Mecánico, Eléctrico, Operador
- Si el equipo necesita estar detenido
- Si el equipo posee respaldo
- Tiempo medio requerido para la actividad
- Columna de Observaciones

En la Figura 6.4 se representa la distribución de los tipos de tareas de mantenimiento sobre el total de tareas propuestas por el Plan de Mantenimiento.

De acuerdo con la lógica del Árbol de Decisión las tareas propuestas pueden corresponder a Mantenimiento a Condición, Reacondicionamiento y Sustitución Cíclica, Búsqueda de Fallas, Mantenimiento a la rotura, o en los casos en que sea necesario un rediseño.

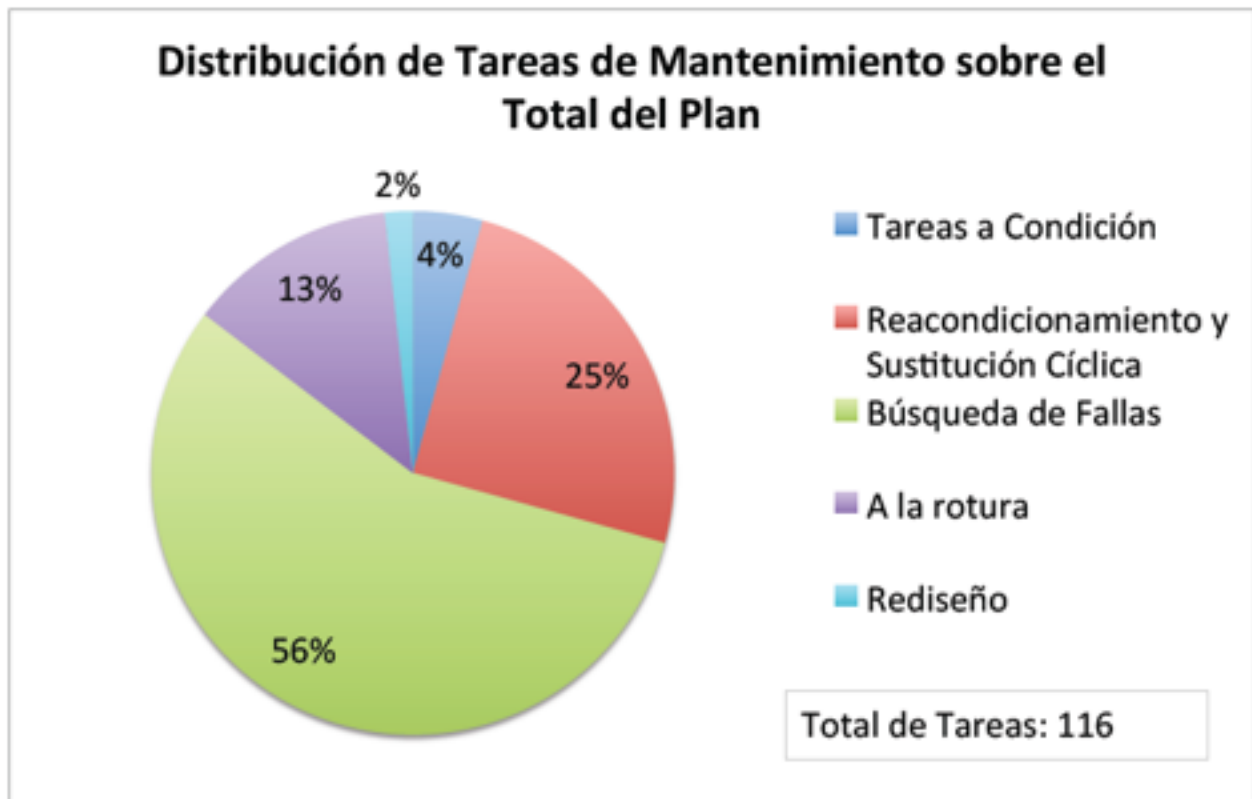


Figura 6.4 Distribución de Tareas de Mantenimiento en Porcentaje sobre total del Plan

Del total de 116 tareas propuestas por el plan 65 corresponden a tareas de búsqueda de fallas, de las cuales 18 corresponden a actividades que debe realizar el operador (nivel 1 de mantenimiento). Estas tareas normalmente son las más costo-efectivas, ya que ayudan a mantener la función del equipo y a mitigar las consecuencias de las fallas o prevención de fallas tempranas no deseadas. El resto de las tareas consiste en inspecciones visuales, de ruido, verificaciones en terreno del funcionamiento de equipos, chequeos del nivel de corrosión, nivel de desgaste, prueba de válvulas, en su mayoría fallas detectables por los mantenedores en terreno.

De la estrategia a la falla, el mayor volumen corresponde a modos de falla asociados con el trasvasije y pérdida de estanqueidad en el transporte, modos de falla relacionados con el piping de equipos, debido a que este modo de falla tiene la característica de ser aleatorio en la longitud de la cañería una tarea pro-activa resulta técnicamente compleja de realizar. Las consecuencias de este tipo de fallas son mitigadas mediante pretilos de contención en caso de derrames.

De las estrategias pro-activas, el mayor volumen corresponde al reacondicionamiento y sustitución cíclica con 29 tareas, versus 5 de tareas a condición. Las tareas de reacondicionamiento y sustitución corresponden al reemplazo de elementos de equipos como sellos, empaquetaduras, limpieza de filtros, cambio de aceite, cambio de válvulas, limpieza de volutas, cambio de rodetes, retenes, etc., en general elementos de alta rotación para este tipo de industria en donde se trabaja con residuos altamente corrosivos y abrasivos.

Las tareas a condición están asociadas a la intervención de bombas que en su inspección presenten un consumo eléctrico fuera del 10% del rango de consumo nominal y para estanques de almacenamiento que posean un espesor de pared inferior al espesor mínimo de pared indicado en el estándar API 653 (“Inspección, Reparación, Alteración y Reconstrucción de Tanques”).

Las dos tareas de rediseño fueron propuestas por los mantenedores, operadores y técnicos del área. Estas tareas propuestas tienen el objetivo de mejorar la operación y seguridad de la planta, por lo que debiesen ser discutidas y evaluadas por el Jefe de Planta y el grupo de mantenimiento.

Para apoyar la tarea de los mantenedores se crearon las fichas técnicas de los equipos de planta. Estas fichas entregan información sobre los componentes de los equipos, además de una pequeña

descripción de su funcionamiento, información de fabricante y parámetros de operación de diseño. El formato de las fichas se muestra en el Anexo F.

La Figura 6.6 muestra la distribución de las horas y frecuencia anual de las tareas de mantenimiento, clasificadas según su nivel y el equipo al que pertenecen. Esto nos entrega información sobre la carga del Plan de Mantenimiento Propuesto al equipo de mantenedores, y permite prever el nivel de conocimiento técnico necesario para el mantenimiento de los equipos.

La Figura 6.7 resume el total de horas anuales de mantención asignada a los siguientes grupos:

1. Operadores
2. Mecánicos
3. Grupo de Mecánicos
4. Grupo de Mecánicos mas Taller
5. Grupo Mecánicos mas Especialistas

Figura 6.6 Distribución de Tareas Anuales por Nivel de Mantenimiento

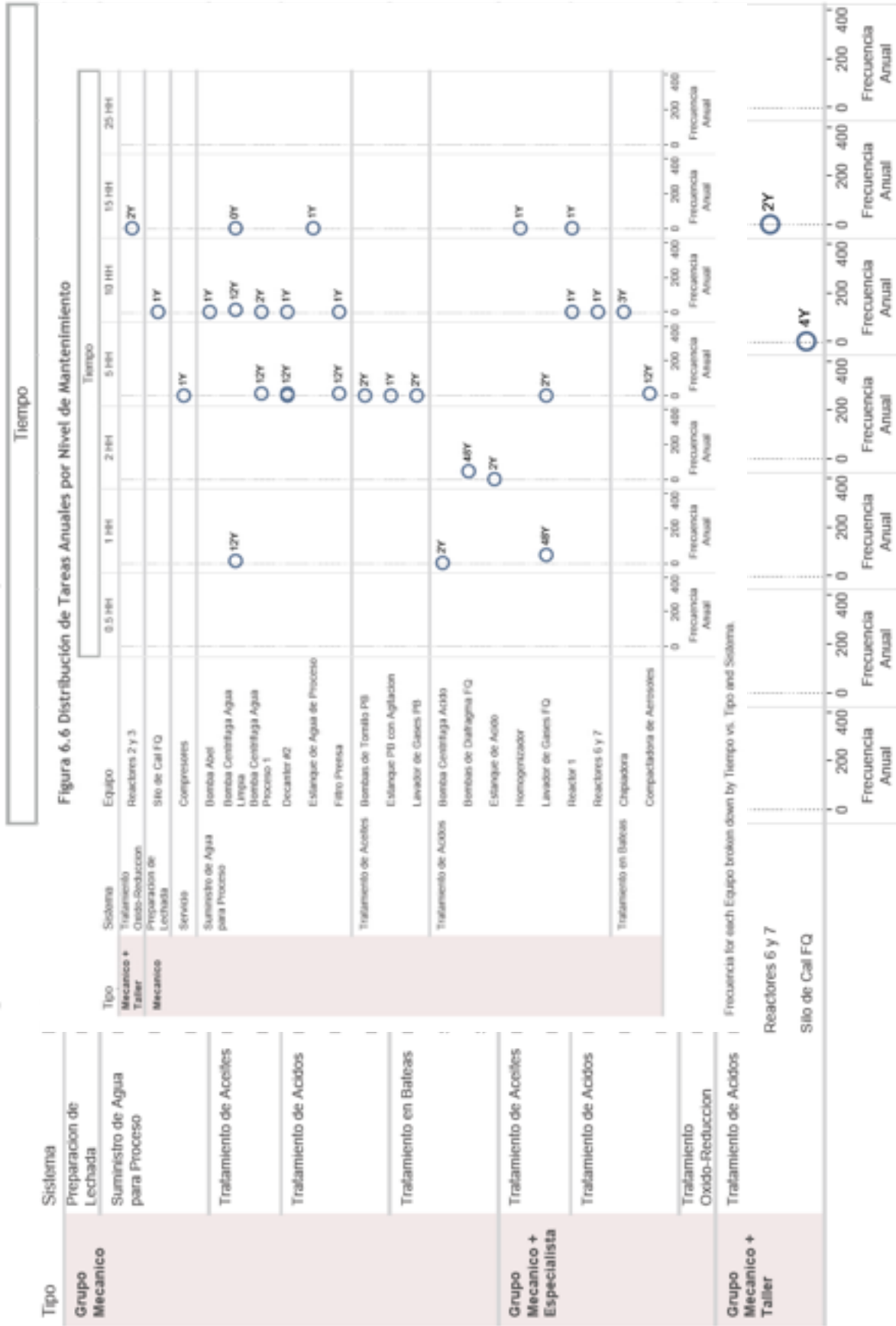


Figura 6.6 Distribución de Tareas Anuales por Nivel de Mantenimiento

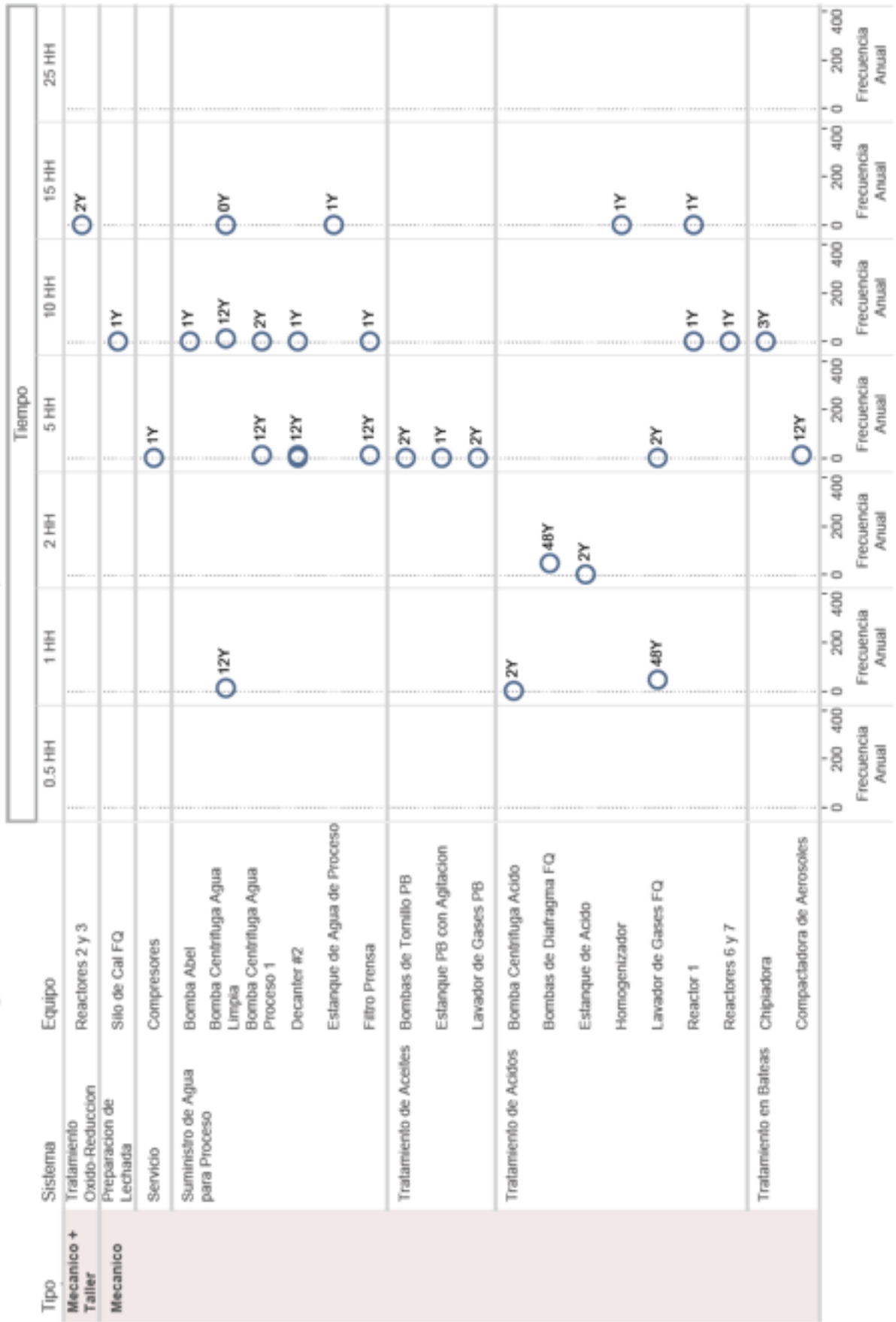
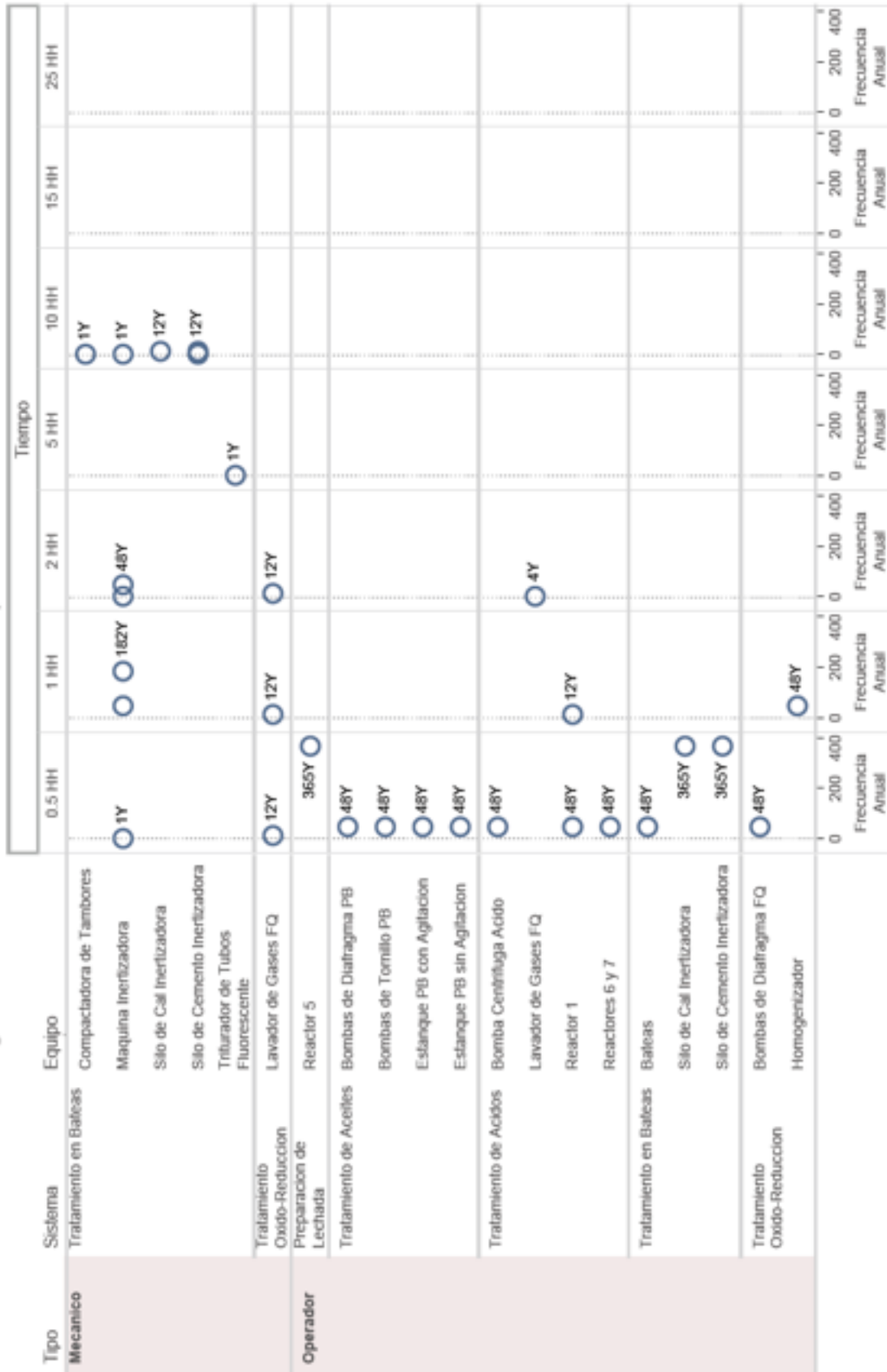


Figura 6.6 Distribución de Tareas Anuales por Nivel de Mantenimiento



Frecuencia for each Equipo broken down by Tiempo vs. Tipo and Sistema.

Figura 6.7 Total Horas Anuales de Mantencion por Nivel de Mantenimiento

Sistema	Equipo	Tipo / Nivel				
		Operador	Mecanico	Grupo Mecanico	Grupo Mecanico + Taller	Grupo Mecanico + Especialista
		1	2	3	4	5
Preparacion de Lechada	Reactor 5	183		90		
	Silo de Cal FQ		10			
Servicio	Compresores		10			
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Abel		10			
	Bomba Centrifuga Agua Limpia		135			
	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1		80			
	Decanter #2		75	25		
	Estanque de Agua de Proceso		30			
	Estanque de Agua Limpia			30		
	Filtro Prensa		70	15		
Tratamiento de Aceites	Bombas de Diafragma PB	24				
	Bombas de Tornillo PB	24	10	20		
	Estanque PB con Agitacion	72	15			23
	Estanque PB sin Agitacion	48				15
	Lavador de Gases PB		10	10		
Tratamiento de Acidos	Bomba Centrifuga Acido	24	2	10		
	Bombas de Diafragma FQ		96			
	Estanque de Acido		4			
	Homogenizador		15	15		8
	Lavador de Gases FQ	8	58	40		
	Reactor 1	108	55		45	45
	Reactores 6 y 7	96	10		60	60
	Silo de Cal FQ				120	
Tratamiento en Bateas	Bateas	24		100		
	Chipiadora		60			
	Compactadora de Aerosoles		60			
	Compactadora de Tambores		10			
	Maquina Inertizadora		811			
	Silo de Cal Inertizadora	183	120	5		
	Silo de Cemento Inertizadora	183	130	5		
	Triturador de Tubos Fluorescente		5			
Tratamiento Oxido-Reduccion	Bombas de Diafragma FQ	24				
	Homogenizador	48				
	Lavador de Gases FQ		54			
	Reactores 2 y 3				60	60

En base a lo que se representa en la Figura 6.6 se puede apreciar fácilmente que la Máquina Inertizadora utilizara la mayor parte de las horas hombre del grupo de mantenedores, esto debido a la gran cantidad de tareas preventivas y rondas de búsqueda de fallas que tiene asociado este equipo. Su criticidad en el proceso y su complejidad tecnológica son la principal razón por la cual se le asignan mas tareas de mantenimiento de nivel 2. Se debe tener en consideración que la Máquina Inertizadora se utiliza de manera intermitente durante el año, luego existen periodos de tiempo en los que este equipo esta ocioso.

Una opción para este caso sería elegir a una persona que se haga responsable de su mantenimiento durante la recepción de residuos arsenicales, esto con el fin de balancear la carga de trabajo del grupo y así evitar que otros equipos críticos queden sin atención.

Para las tareas de nivel 5 se debe evaluar la presencia de técnicos especialistas en recubrimiento de material FRP (Polímero Reforzado) cuando se considere apropiado por el grupo de mantenedores, con el fin de asegurar una inspección de calidad en el interior de estanques y reactores.

Se debe tomar en consideración la capacidad del recurso humano para la implementación del plan. La Planta actualmente cuenta con cinco mantenedores que trabajan 45 horas semanales, lo que significa aproximadamente 10.000 HH al año disponibles. El plan propuesto considera 2700 HH de mantenimiento proactivo, si ademas consideramos las horas de mantenimiento correctivo que se muestran en la tabla 5.11, da un total de 4500 HH anuales. Para el cálculo de los tiempos correctivos, se consideraron tres escenarios posibles de tiempos de reparación, un óptimo, un promedio y el peor escenario, luego su probabilidad de ocurrencia se obtiene a partir de la frecuencia de falla (información proporcionada por el AMFEC).

El plan propuesto para la Planta Pudahuel es un plan basado en riesgo, en donde los documentos que lo sustentan entregan una gran cantidad de información al equipo de mantenedores y a la jefatura sobre las funciones que se deben cumplir en la Planta, esto les permitirá fundamentar las múltiples decisiones que se deben tomar entorno a la gestión del mantenimiento.

Figura 6.11 Tabla de Horas Anuales de Mantenimiento no Programadas

Evento	Tiempo Estimado Reparación Mayor HH	Tiempo Estimado Reparación Menor HH	Tiempo Estimado Reparación Promedio HH	Tiempo Estimado Reparación Esperanza HH	Frecuencia Falla Anual HH	Número de Trabajadores HH	Total HH Anuales
Bloqueo línea 2" de ácido	50	15	25	30	1	2	60
Bloqueo válvulas estanques ácido	70	15	25	37	1	1	37
Compactación de ca inertizadora	25	10	15	17	6	2	200
Compactación de cemento inertizadora	25	10	15	17	3	2	100
Compactación silo de cal FQ	25	10	15	17	6	2	200
Obstrucción bomba tornillo aceites	90	40	70	67	1	2	133
Obstrucción bomba tornillo R1	90	40	70	67	1	2	133
Obstrucción bombas de diafragma aceite	5	1	2	3	48	1	128
Obstrucción línea 4" ácido	50	15	25	30	1	2	60
Obstrucción línea cal FQ	50	15	25	30	3	2	180
Obstrucción manguera línea 4" ácido	3	1	1	2	96	1	144
Obstrucción manguera succión FQ	3	1	1	2	48	1	72
Obstrucción voluta bomba ácido	10	2	5	6	2	1	11
Perforación diafragma bba FQ	5	1	2	3	48	1	128
Rotura Impulsor bomba ácido	70	25	50	48	1	1	48
Rotura línea agua a bateas	25	5	10	13	6	1	80
Rotura manguera bomba sumergible	25	10	15	17	1	1	8
Rotura suministro de agua FQ	70	25	45	47	1	2	93

Frecuencia Falla Anual HH, Número de Trabajadores HH, Tiempo Estimado Reparación Esperanza HH, Tiempo Estimado Reparación Mayor HH, Tiempo Estimado Reparación Menor HH, Tiempo Estimado Reparación Promedio HH and Total HH Anuales broken down by Evento.

7. CONTROL DEL NUEVO PLAN DE MANTENIMIENTO

Se le recomienda a la empresa asignar a un encargado de planificación de mantenimiento para hacer un seguimiento a la implementación y control del plan propuesto. De acuerdo a la labor que desempeña el planificador resulta imprescindible que haga uso del soporte SGI de la empresa para generar una base de datos sobre las actividades de mantenimiento que se realizan, de tal manera que se genere una información transparente para todos y de fácil acceso. Se deben definir claramente los documentos que facilitarán la captura de datos y su almacenamiento, se debe indicar de qué forma será procesada la información de tal manera que se pueda analizar fácilmente para la toma de decisiones.

Los documentos propuestos por este trabajo incluyen:

- Listado de Equipos con TAG
- Ficha Técnica de Equipos
- Hoja de Análisis de Criticidad
- Base de Datos AMFEC
- Hoja de Información RCM
- Hoja de Decisión RCM
- Plan de Mantenimiento Propuesto

Estos documentos son el pilar en el que se fundamentan las actividades de mantenimiento de la planta, por lo que deben ser revisados periódicamente por el encargado, se deben agregar, de ser necesario, nuevos modos de fallas dominantes, actualizar el parque de equipos, incluir nuevas líneas de tratamiento y estudiar nuevos rediseños.

Para mejorar la gestión en torno al mantenimiento las funciones del jefe de mantenimiento deben quedar acotadas y ser precisas, este debe cumplir las funciones de organizar, planificar y controlar, no la de ejecutar el mantenimiento. Se le debe proveer al jefe de mantenimiento con los documentos técnicos y herramientas de gestión que le permita efectuar su labor. Se recomienda que dentro de sus obligaciones esté la de generar informes mensuales sobre el mantenimiento efectuado en la planta, estos informes deben incluir información sobre rotación de repuestos,

insumos, actividades realizadas, porcentaje de apego al plan, tiempos de trabajos, observaciones de comportamiento anómalo de equipos, etc.

Se debe asegurar que todas las tareas definidas en el plan que deban ser ejecutadas por el personal de producción, sean incluidas e implementadas como rondas estructuradas de los trabajadores, es decir, incluir las inspecciones como procedimientos de operación.

La plataforma on-line “Sistema de Gestión Integrado” de Hidronor, debe permitir hacer seguimiento a la implementación de las estrategias de mantenimiento definidas por el plan y a las tareas de acción definidas en él. Además, debe mostrar acceso a los documentos necesarios para implementar nuevos equipos y nuevas tareas de mantenimiento al plan, siguiendo la misma lógica del proceso RCM.

Para la Planta, la estrategia principal de mantenimiento es por búsqueda de fallas, por lo cual se debe asegurar las rutas de inspección y que sus análisis se hagan efectivos de acuerdo a los modos de falla. Su ejecución debe ser oportuna para poder evitar las fallas múltiples e indisponibilidades de líneas. Es importante realizar una planeación detallada, y una programación adecuada de estas tareas, con el objetivo de minimizar el tiempo de parada de los equipos, un ejemplo sería agrupar las tareas de la misma frecuencia que dejan indisponible un equipo.

Para el caso de las tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas de equipos que no son considerados de alta criticidad, es necesario manejar información sobre los costos por indisponibilidad de equipos. La elaboración de una fórmula que permita el cálculo de estos costos debe estar orientada hacia la generación de información para la toma de decisiones, con el fin de asignar las tareas de mantenimiento que generen un mayor beneficio a la operación. Debido a que esta es una empresa orientada hacia el servicio de tratamiento habrá que evaluar el costo de la incapacidad de entregar dicho servicio.

Finalmente con la información proporcionada por los documentos entregados se recomienda definir claramente las políticas de mantenimiento para los distintos sistemas y equipos críticos de la Planta, además se deben definir sus políticas de repuestos. Esto permitirá fundamentar de mejor manera la destinación del recurso humano, los materiales utilizados y las actividades realizadas por el grupo.

CONCLUSIONES

El proceso de diseño de un plan de mantenimiento basado en riesgo para la planta Pudahuel, Hidronor fue exitoso, el plan propone un total de 116 tareas de mantenimiento para 23 equipos considerados críticos en los procesos de tratamientos de residuos. Este plan de mantenimiento se encuentra fundamentado en el control de los principales riesgos que se pueden encontrar en la operación de Hidronor, atendiendo a la problemática de la empresa sobre la falta de bases para sostener su plan de mantenimiento actual. Las ventajas del plan propuesto incluyen al flexibilidad en la integración de nuevas actividades, la correlación directa entre los posibles modos de fallas de los equipos críticos y las tareas que se proponen para su control, la rápida identificación de los distintos tipos de mantenimientos a realizar para cada equipo y la utilización de una secuencia lógica de decisión para la asignación de tareas de mantenimiento.

En la elaboración del plan se siguió un esquema de trabajo bajo las pautas preestablecidas de la metodología RBM en conjunto con la ayuda de planillas de trabajo del mantenimiento basado en confiabilidad, bajo la norma SAEJA1012 [4], gracias a este material fue posible recopilar la información necesaria sobre el total de modos de fallas dominantes de los equipos más críticos para la empresa y de esta manera se pudieron identificar los principales riesgos en la operación de la planta. Estos riesgos se encontraban asociados a la pérdida de funciones esenciales para la seguridad y calidad de los tratamientos realizados por la empresa, por lo que un plan de mantenimiento enfocado en el control del riesgo resulta una herramienta que traerá, sin duda, una gran cantidad de beneficios para la seguridad de los trabajadores y la confiabilidad operacional de la empresa.

El proceso de identificación de riesgos, en el que participó el grupo de mantenedores, fue en gran medida educativo, y les permitió hacer un análisis sistemático sobre la forma en que actúan los equipos, entregándoles nuevas herramientas de análisis para la toma de decisiones con el objetivo de enfocar sus esfuerzos sobre los equipos que generan los mayores riesgos a la operación.

Posterior a este proceso de identificación se logró realizar una evaluación comparativa entre los distintos modos de fallas de los equipos de la planta, lo cual fue posible gracias a la participación del conjunto de trabajadores de Hidronor en la selección de criterios de criticidad acordes al rubro

y realidad de la empresa. Trabajando de manera conjunta se facilitaron las tareas de describir los diferentes procesos de tratamiento que se realizan en la planta, búsqueda de información existente sobre los equipos y búsqueda de material de apoyo sobre características técnicas, entre otras tareas. Dentro de las principales dificultades encontradas al momento de comenzar a hacer el análisis de los equipos de la planta, se encuentra la falta de información histórica de fallas y las diferencias encontradas entre el catastro de equipos con el que se encontraban realizando mantenimiento y los equipos identificados en terreno, 89 equipos identificados versus 52 que existían en el plan actual.

A pesar de la dificultad de falta de información, se utilizó el documento “Trabajo Mantenimiento Planta” en conjunto con la experiencia del grupo de mantenedores para establecer las frecuencias medias de aparición de fallas, las cuales se ven registradas en la matriz de criticidad de equipos. Esta información fue utilizada como referencia al momento de definir las frecuencias de inspecciones, limpiezas y sustituciones.

El plan propuesto requiere de un total aproximado de 4500 HH anuales para desarrollarse, lo que significa casi un 50% de la capacidad de trabajo del grupo de mantenedores, el resto de su carga de trabajo estaría enfocada al mantenimiento genérico de equipos no críticos, por este motivo se hace énfasis en la integración de un planificador de mantenimiento para no afectar las horas hombre efectivamente disponibles.

De la gestión actual del mantenimiento de la empresa se debe rectificar la ambigüedad en el conocimiento de las funciones de cada trabajador, la manera en que se solicitan los materiales e insumos para realizar las tareas de mantenimiento, definir un centro de costos del mantenimiento, y establecer un mejor control, planificación y organización en torno a las tareas de mantenimiento con la ayuda del plan propuesto.

Cabe destacar las mejoras propuestas al sistema de gestión de mantenimiento de la empresa las que apuntan a generar un sistema de apoyo al plan de mantenimiento que le permita ser sustentable en el tiempo, además de facilitar su implementación y control. Estas modificaciones en el sistema de gestión son altamente recomendadas, ya que sin ellas el plan solo tendrá el efecto de haber “aumentado” las responsabilidades de los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MONCHY, François. Teoría y práctica del mantenimiento industrial. Masson, 1990. 367p. ISBN: 8431105240.
- (2) KHAN F.I., Haddara M.M. Risk-based maintenance (RBM): A quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning. Journal of loss prevention in the process industries 16 (2003) 561-573.
- (3) AMERICAN Petroleum Institute (API), United States. Risk-Based Inspection, API Recommended Practice 580, 2ªed. Noviembre 2009. 1-24p.
- (4) SAE 2002. The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space, United States, SAEJA1012 Issued JAN2002 (Traducción), Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment, U.S. Naval Air Systems Command, MIL-HDBK 2173 (AS). (NOTE: cancelled without replacement, August 2001). 62p.
- (5) MATERÁN, L. Elisaúl de J., [et al]. Aplicación de la tecnología basada en riesgo (IBR) para la generación de planes óptimos de inspección a equipos estáticos en la industria de petróleo y gas. Reliability and Risk Management S.A C.V. Villa Hermosa, Tabasco-Mexico, 2014. 14p. Disponible: <http://www.reliarisk.com/PT/Paper_Aplicacion_Tecnologia_Inspeccion_Basada_en_Riesgo_IBR.pdf>
- (6) MOUBRAY, Jhonn. Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Aladon LLC, North Carolina, 2004. 425p. ISBN: 09539603-2-3.
- (7) BOUCLY, Francis. Gestión del mantenimiento. AENOR, 1999. 310p. ISBN: 8481431605.
- (8) DIAZ-CONCEPCIÓN Armando, [et al]. Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. Ingeniería Mecánica. Vol. 15. No. 1, enero-abril, 2012. 34-43p. ISSN 1815-5944. Disponible: <<http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/viewFile/399/741>>

- (9) AGUILAR-OTERO José R, [et al]. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. México. Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ). Vol. 25. No. 1, 2010. 15-26p.

ANEXOS

- Anexo A: Formato Hoja de Información RCM
- Anexo B: Formato Hoja de Decisión RCM
- Anexo C: Reporte de Trabajo Manutención Plante
- Anexo D: Hoja de Criticidad de Equipos
- Anexo E: Agrupación por Criticidad de Equipos de Planta
- Anexo F: Formato Fichas Técnicas de Equipos
- Anexo G: Inventario de Equipos por TAG
- Anexo H: Bases de Datos AMFEC Planta Pudahuel
- Anexo I: Base de Datos Hojas de Información RCM Planta Pudahuel
- Anexo J: Base de Datos Hojas de Decisión RCM Planta Pudahuel
- Anexo K: Criterios de Índice de Criticidad AMFEC
- Anexo L: Plan de Mantenimiento Propuesto para Planta Pudahuel
- Anexo M: Base de Datos Diseño Plan de Mantenimiento

ANEXO A

HOJA DE INFORMACIÓN RCM

Hoja de Información RCM	SISTEMA		Sistema N°	Facilitador:		Fecha	Hoja N° de
	SUBSISTEMA			Auditor:			
FUNCIÓN	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)				

ANEXO B

HOJA DE DECISIÓN RCM

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA										Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
	SUBSISTEMA										Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de
Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acciones a Falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
								H4	H5	S4				
	F	FF	FM	H	S	E	O							

ANEXO C

REPORTE DE TRABAJO MANTENCIÓN PLANTA

	REGISTRO	Versión: 01
	REPORTE DE TRABAJO MANTENCION PLANTA	Pagina 1 de 1

Fecha		Equipo / Inst.	
Unidad		Código Interno	

I.- TRABAJO REALIZADO

II.- INSUMOS EMPLEADOS		
DESCRIPCION	CANTIDAD	Nº PARTE

TRABAJO EJECUTADO AL 100%	SI	NO
---------------------------	----	----

OBSERVACIONES

TRABAJO EJECUTADO POR:

VºBº ENC. AREA	VºBº JEFE MANTENCIÓN

ANEXO D: HOJA DE CRITICIDAD DE EQUIPOS

CATEGORÍA	CRITERIO		PATIO BLENDING										PATIO FÍSICO-QUÍMICO										INERTIZADORA						SERVICIO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
IMPACTO OPERACIONAL	Tasa de Utilización del Equipos	CARACTERÍSTICA	NIVEL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

ANEXO E

AGRUPACIÓN POR CRITICIDAD DE EQUIPOS DE PLANTA

ALTA CRITICIDAD	
19	Lavador de Gases FQ
20	Reactor 1
23	Reactor 5
37	Bateas
38	Máquina Inertizadora

CRITICIDAD MEDIA-BAJA	
1	Bombas de Diafragma PB
2	Bombas de Tornillo PB
3	Estanques PB Sin Agitación
5	Volteador Blending
7	Maceradores
10	Bombas de Tornillo FQ
11	Bomba Centrífuga Soda
12	Bomba Centrífuga Ácido
13	Bomba Trasvasije Pulpa
16	Bomba Centrífuga Agua Proceso 2
25	Estanques de Ácido
28	Estanques Agua de Proceso
34	Compactadora de Aerosoles
35	Compactadora de Tambores
39	Silo de Cal Inertizadora
40	Silo de Cemento Inertizadora

CRITICIDAD MEDIA-ALTA	
4	Estanques PB Con Agitación
8	Lavador de Gases PB
9	Bombas de Diafragma FQ
15	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1
17	Bomba Centrífuga Agua Limpia
18	Bomba Abel
21	Reactor 2 y 3
22	Homogenizador
24	Reactor 6 y 7
29	Estanque Agua Limpia
30	Silo de Cal FQ
31	Decanter N°2
32	Filtro Prensa
33	Chipiadora
44	Compresores

CRITICIDAD BAJA	
6	Amortiguadores de Flujo
14	Bombas Centrífugas Móviles FQ
26	Estanques de Soda
27	Estanques de Agua Contaminada
36	Trituradora de Tubos Fluorescentes
41	Bombas Centrífugas Industriales
42	Bombas Agua Clorada
43	Bombas Red de Incendio

ANEXO F

FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

FICHA TÉCNICA DE REACTORES Y AGITADORES



FICHA TÉCNICA REACTORES Y AGITADORES

EQUIPO	REACTOR N°1
TAG	FQ-RCTOR-001



Estanque de acero al carbono con recubrimiento FRP-PVDF en manto interno y en su agitador. En este reactor se tratan riles ácidos y alcalinos en un rango de Ph de 2 a 12. La temperatura de reacción no debe superar los 90°C.

Frecuencia de Mantenimiento: 4 Meses

Sub-sistemas: Agitador, Estanque, Válvulas, Control

Equipos Relacionados: FQ-BBA-R1-001; FQ-BBA-TOR-001

Material: Ácidos (sulfúrico, nítrico, clorhídrico)

Agitador		Componentes
Moto-Reductor	Motor Eléctrico 7,5 kw SEW Eurodrive 380/220V@1450 rpm	Rod. Eje _____
	Posición M1 Lubricación Aceite Omala 220	Aceite Omala 220 _____ [L] Retén Moto-reductor _____
Eje Agitador	Eje superior de acero macizo Eje inferior revestido FRP Centrador de Eje Paletas Velocidad de Giro: 30 rpm	Rod. Eje Inferior <u>6220zz</u> Rod. Eje Superior <u>6310zz</u> Rod. Doble polin <u>22309 EAE4C3</u> Retén Eje Inferior <u>Sab.100-130-12</u>

Válvulas	
Muestreo	Banjo 2"
Trasvasije	Mariposa 4" Asiento Vitón

Estanque	
Características	Diámetro <u>3.24</u> [m]
	Altura <u>4.08</u> [m]
	Volumen <u>33.8</u> [m³]
	Material: <u>Acero al carbono</u>
	Revestimiento interno: <u>FRP-PVDF</u>
	Fondo: <u>Plano</u>

Control	
Pesaje	Tablero de Control Capacidad: 40 Ton
Temperatura	Termómetro

FICHA TÉCNICA DE ESTANQUES



FICHA TÉCNICA ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO

EQUIPO	ESTANQUE N°2 BLENDING
TAG	PB-TK-002



Estanque de Acero Carbono, utilizado principalmente para trasvasije de aceites, taladrinas, y almacenamiento.

Frecuencia de Mantenimiento: Anual

Sub-sistemas: Estanque, Válvulas

Equipos Relacionados:

Material: Aceites, Grasas, Taladrinas

Válvulas	
Muestreo	
Trasvasije	

Estanque	
Características	Diámetro <u>3.8</u> [m]
	Altura <u>4.6</u> [m]
	Volumen <u>52</u> [m³]
	Capacidad de Aceite <u>49</u> [Ton]
	(Para Aceite 935 Kg/m³)
	Material: <u>Acero Carbono</u>
	Revestimiento interno: _____
	Fondo: <u>Plano</u>

Operaciones de Mantenimiento		✓
1	Verificación estado interno del estanque	
2	Realizar una limpieza de la borra que posea el estanque	
3	Verificación del estado de válvula de carga	
4	Verificación del estado de válvula de descarga	
5	Verificación del estado del piping del estanque	
6	Verificación estructural, estado del pretil y escaleras del estanque	
7	Revisión de empaquetaduras de tapas del estanque	

FICHA TÉCNICA DE BOMBAS



FICHA TÉCNICA BOMBAS

EQUIPO	BOMBA AGUA DE PROCESOS 1
TAG	FQ-BBA-AP-001



Bomba centrífuga con impulsor de acero carbono, su función es bombear el agua almacenada en los estanques de agua de proceso hacia distintos procesos de la planta físico-químico.

Frecuencia de Mantenimiento: Semestral

Sub-sistemas: Moto-reductor, Voluta

Equipos Relacionados:

Material: Agua de Procesos

Moto-reductor		Componentes
Moto-Reductor	Motor Eléctrico WEG 11 kw	Rod. Eje _____
	Posición _____	Aceite Omala 220 _____ [L]
	Lubricación Aceite Omala 220	Retén Moto-reductor _____
Voluta		Observaciones
Impulsor	VOGT 2 1/4" 3 Material: Acero al Carbono	
Sello	VOGT 2 1/4" 5	CBN/CER
Válvulas	Entrada: Salida:	

Características de Fábrica	
Fabricante	<u>VOGT</u>
Modelo	_____
Nº Serie	_____

Estándar de Operación	
Caudal	<u>60 m³/hr</u>
Potencia	<u>11 kW</u>
Condición óptima de operación	<u>Bombear agua de proceso desde estanques de agua de procesos hacia reactores en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de Agua.</u>

FICHA TÉCNICA DE FILTROS



FICHA TÉCNICA FILTROS

EQUIPO	FILTRO PRENSA
TAG	PB-FLTPREN-001



El filtro prensa es un equipo que permite la deshidratación de pulpa inertizada mediante el uso de telas filtrantes, un cilindro hidráulico y una cinta transportadora. Los sólidos son cargados a un camión y enviados a depósito, mientras que el agua es reutilizada como agua de proceso.

Frecuencia de Mantenimiento: Anual

Sub-sistemas: Sistema hidráulico, Cilindro, Cinta y Placas.

Equipos Relacionados: Bomba Abel, Homogenizador

Material: Pulpa inertizada de residuos.

Sistema Hidráulico		Observaciones
Válvulas	Válvula de Seguridad Válvula de Retención Electroválvula	Presión Máx: 390 [Bar]
Motor Equipo Hidráulico	Motor 5,5 kW @ 1500 rpm 220/380 V Llenado Depósito Aceite: 110 [L]	Brida Ø250 Aceite de Lubricación: _____ Retén: _____ Aceite de circuito: ISO-3448, 32HM
Filtros	Filtro de Retorno Filtro de Aspiración	Código: D0L3-56 Código: AS010-00
Cilindro y Placas		Componentes
Placas	Dimensiones: 1200x1200 mm Unidades: 85 Superficie: 362 m ²	
Motoreductor Placas	Motor _____ kW @ _____ rpm 220/380 V; _____ A	Aceite de Lubricación: _____ Retén: _____
Cilindro	Piezas de Recambio: • Rasquetes • Junta Tórica (x2) • Collarín (x3) • Cinta Guía (x2)	Referencia: Manual del Equipo Tipo de Grasa para cadenas y partes móviles: _____

Características de Fábrica	
Fabricante	TEFSA
Modelo	PEH-1200/6
Nº Serie	

Estándar de Operación	
Volúmen de Torta	4617 [L]
Presión Máx	390 [Bar]
Condición óptima de operación	

FICHA TÉCNICA DE SILOS



HIDRONOR
GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS

FICHA TÉCNICA SILOS

EQUIPO	SILO CAL IN
TAG	IN-SILOCAL



El Silo de Cal de la inertizadora está encargado de suministrar cal granulada para preparar una mezcla de residuo, cal, cemento y agua, con el fin de inertizar el residuo sólido.

Frecuencia de Mantenimiento: Mensual

Sub-sistemas: Sopladores, Tornillo, Cajón de Filtros

Equipos Relacionados: Inertizadora

Material: Cal Granulada

Equipos del Silo		Observaciones
Tornillo Alimentador	Sifón Tubular 25 T/h Tipo: ES168/0620/4 Industrias Leblan, S.L.	Tipo de Grasa en Manual de Mto.
Motoreductor	Motor ____ kW @ ____ rpm 220/380 V; ____ A	
Cajón de Filtros	Filtros de cartuchos 13 m2 Tipo ACFCRC2V13	Presión sistema neumático: 8 bar

Silo	
Dimensiones Cilindro	Diámetro ____ [m] Altura ____ [m] Capacidad ____ [m3] Material: <u>Acero-Carbono</u>

Silo	
Dimensiones Cono	Altura ____ [m] Base ____ [m] Capacidad ____ [m3] Material: <u>Acero-Carbono</u>

Operaciones de Mantenimiento		✓
1	Revisión Nivel de Aceite Motoreductor Tornillo Alimentador	
2	Verificar Sellos Tornillo Silo: Mantener o Reemplazar	
3	Verificar funcionamiento de sopladores neumático Silo	
4	Eliminar fugas de aire si es que las hay	
5	Limpieza Cajón de Filtros y a mangas del filtro	
6	Verificar el estado de las mangas	
7	Lubricar descansos del filtro de mangas	

FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS PARA TRABAJO EN BATEAS

FICHA TÉCNICA EQUIPOS PARA TRABAJO EN BATEAS

EQUIPO	INERTIZADORA
TAG	IN-INRT



La máquina inertizadora permite la inertización de residuos sólidos de un menor tamaño de partícula (Ej: polvo filtro de mangas), para esto el residuo es vaciado en la tolva receptora, pesado y transportado al mezclador, inertizado y descargado en camiones con un elevador de capacho. Posee muchas piezas móviles por lo que su mantenimiento es frecuente.

Frecuencia de Mantenimiento: Semanal

Sub-sistemas: Tolva, Cinta Transportadora, Mezclador, Elevador de Capacho, grúa puente y sistema neumático.

Material: Residuo sólido particulado

Elementos del Equipo		Observaciones
Mezcladora	Motor Eléctrico 55 kw 380/220V@_____ rpm; _____ A Protección: IP55, Ventilación superficial: IEC34-6 Rango Tº Reductor: 10-40 °C Tº máx rodamientos: 70°C Lubricante para reductor: Recomendado en manual	Rodamiento SKF tipo B: Rodamiento 22222 EK Manguito de fijación H-322 Anillo de fijación FRB-10/200 Rodamiento SKF tipo A Rodamiento 22222 EK Manguito de fijación H-322
Elevador de Capacho	Motor Eléctrico _____ kw 380/220V@_____ rpm; _____ A Ruedas: Cable de Acero/Poleas: Cadena/Piñones:	
Cinta Transportadora TRSU	Motor Eléctrico: Motovario 4 kw c/antirretorno Protección: IP55, Ventilación superficial: IEC34-6 Longitud: 12,6 m Producción: 51 Tm/h DE Ancho útil: 0,65 m Diá. Tambor Motor: 315 mm Inclinación: 0º-19º Diá. Eje Tambor Motor: 70 mm Velocidad: 0,5 m/s Relación motoreductor: 46,8 Diá. Tambor Tensor: 297 mm Diá. Eje tambor tensor: 45 mm	Banda: Lisa 650 3EP-125-3015 Acrilonitrilo; L=25200 Lubricación motoreductor: Manual Mito.
Control		
Sistema de Pesaje		

Características de Fábrica

Fabricante	LEBLAN
Modelo	_____
Nº Serie	_____

FICHA TÉCNICA SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES



FICHA TÉCNICA SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE GASES

EQUIPO	LAVADOR DE GASES
TAG	FQ-LAVG



El equipo lavador de gases permite neutralizar el pH de los gases emanados por los procesos de neutralización en FQ. El lavador consiste en una recirculación cerrada de NaOH con aspersores que permiten neutralizar una mayor área del gas contaminante.

Frecuencia de Mantenimiento: Trimestral

Sub-sistemas: Aspersores, Red de Ductos, Válvulas, Control

Equipos Relacionados: Reactores Área FQ

Material: Gases de Ph Ácido

Elementos del Equipo		Observaciones
Aspersores : 9 por Lavador	Marca:	SUBSOLE
	Modelo:	LGSS-12.250
	Tipo aspersores:	Espiral/Polipropileno
	Capacidad:	12.250 CFM
	Caída de presión:	6 [pulg. c. a.]
Lavador : 2 (Lavador 1 y 2)	Área de lavado:	8.7 [m ²]
	Diámetro:	2,3 [m]
Red de Ductos	Alto:	6,3 [m]
	Diámetro < 450 [mm] →	Espesor: Vinilester de 3 [mm]
	Diámetro > 450 [mm] →	Espesor: Vinilester de 4 [mm]
Campanas para captura de Gases → Material: Vinilester		
Control		
Tablero Eléctrico	Gabinete Metálico	
	Interruptor general Ventilador	
	Partidor indirecta para motor de 7.5 HP, de bomba	
	Luces Piloto	
	Botonera Partir-Parar	
Cables, terminales, regleta, bases y amarras		
Armado y conexionado		

Características de Fábrica	
Fabricante	Subsole Servicios Limitada
Orden de Compra	Nº 971
Manuales	Operación y Mantenimiento Disponibles

Estándar de Operación	
Capacidad	12.250 CFM
Ph para recambio de Agua	3
Material de Relleno	2,49 m3 (0,83 m3/etapa) de PP

ANEXO G

TAG DE EQUIPOS

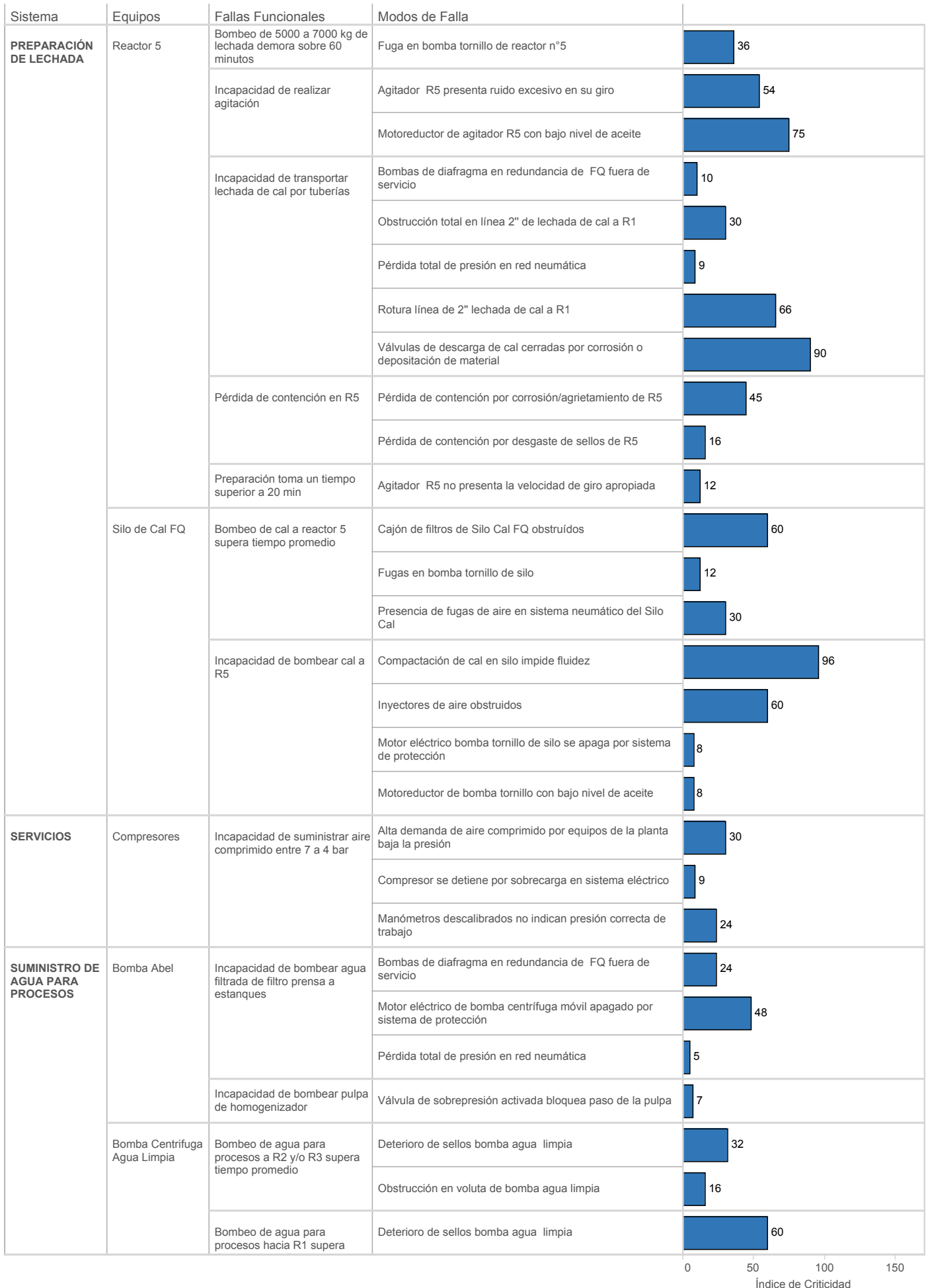
Conjunto	Servicio	Localización	Familia	Máquina	TAG
PLANTA					
	TRATAMIENTO				
	1000	BLENDING			
			1100 BOMBAS	Bomba de Diafragma B1	PB-BBA-DFGMA-001
				Bomba de Diafragma B2	PB-BBA-DFGMA-002
				Bomba de Diafragma B3	PB-BBA-DFGMA-003
				Bomba de Tornillo B1	PB-BBA-TOR-001
				Bomba de Tornillo B2	PB-BBA-TOR-002
			1200 ESTANQUES AGITADORES	Estanque N°1 Blending	PB-TK-001
				Estanque N°2 Blending	PB-TK-002
				Estanque N°3 Blending	PB-TK-003
				Estanque N°4 Blending	PB-TK-004
				Estanque N°5 Blending	PB-TK-005
			1300 TOLVA RECEPTORA	Decantador Blending	PB-DCTDOR-001
			1400 AMORTIGUADORES DE FLUJO	Amortiguador B1	PB-AMRTG-001
				Amortiguador B2	PB-AMRTG-002
			1500 MACERADORES	Macerador B1	PB-MCRDOR-001
				Macerador B2	PB-MCRDOR-002
			1600 TRATAMIENTO DE GASES	Extractor B1	PB-EXTRC-001
				Filtro Carbón Activado B1	PB-FLTCAR-001
	2000	FÍSICO-QUÍMICO			
			2100 BOMBAS	Bomba de Diafragma FQ 1	FQ-BBA-DFGMA-001
				Bomba de Diafragma FQ 2	FQ-BBA-DFGMA-002
				Bomba de Diafragma FQ 3	FQ-BBA-DFGMA-003
				Bomba de Diafragma FQ 4	FQ-BBA-DFGMA-004
				Bomba de Tornillo R1	FQ-BBA-TOR-001
				Bomba de Tornillo R5	FQ-BBA-TOR-002
				Bomba de Tornillo Decanter	FQ-BBA-TOR-003
				Bomba Centrífuga Soda	FQ-BBA-SDA-001
				Bomba Centrífuga Ácido Sulfúrico	FQ-BBA-ASUL-001
				Bomba Centrífuga Ácido Clorhídrico	FQ-BBA-ACLO-001
				Bomba Centrífuga R1	FQ-BBA-R1-001
				Bomba Centrífuga FQ 1	FQ-BBA-001
				Bomba Centrífuga FQ 2	FQ-BBA-002
				Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	FQ-BBA-AP-001
				Bomba Centrífuga Agua Proceso 2	FQ-BBA-AP-002
				Bomba Centrífuga Agua Limpia	FQ-BBA-AL-001
				Bomba Centrífuga Lavado Gases 1	FQ-BBA-LAVG-001
				Bomba Centrífuga Lavado Gases 2	FQ-BBA-LAVG-002
				Bomba de Pistón Abel	FQ-BBA-ABEL-001
			2200 REACTORES	Reactor 1	FQ-RCTOR-001
				Reactor 2	FQ-RCTOR-002
				Reactor 3	FQ-RCTOR-003
				Reactor 4	FQ-RCTOR-004
				Reactor 5	FQ-RCTOR-005
				Reactor 6	FQ-RCTOR-006
				Reactor 7	FQ-RCTOR-007
			2300 ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO	Estanques Ácido Sulfúrico	FQ-TK-ACIDO
				Estanques Ácido Clorhídrico	FQ-TK-ACIDO
				Estanque Soda 1	FQ-TK-SDA-001
				Estanque Soda 2	FQ-TK-SDA-002
				Estanques Agua Contaminada 1	FQ-TK-ACON-001
				Estanques Agua Contaminada 2	FQ-TK-ACON-002
				Estanques Agua Contaminada 3	FQ-TK-ACON-003
				Estanques Agua Contaminada 4	FQ-TK-ACON-004
				Estanques Agua Proceso 1	FQ-TK-AP-001
				Estanques Agua Proceso 2	FQ-TK-AP-002
				Estanques Agua Limpia	FQ-TK-AL-001
				Silo de Cal FQ	FQ-SLOCAL-001
			2400 TRATAMIENTO DE GASES	Expansor 1	FQ-EXPNS-001
				Expansor 2	FQ-EXPNS-002
				Estanque Agitadores de NaOH 1	FQ-NAOH-001
				Estanque Agitadores de NaOH 2	FQ-NAOH-002
				Condensador	FQ-COND-001
				Filtro Carbón Activado FQ1	FQ-FLTCAR-001
				Calentador de Aire	FQ-CLTDOR-001
				Extractor FQ1	FQ-EXTRC-001
			2500 FILTROS	Decanter N°2	FQ-DCNTER-002
				Filtro Prensa	FQ-FLTPREN-001

3000	INERTIZACIÓN				
		3100	TRITURADORAS Y COMPACTADORAS	Chipiadora	IN-CHP-001
				Compactadora de Aerosoles	IN-AEROSLES-001
				Compactadora de Tambores	IN-TMBORES-001
				Triturador de Tubos Fluorescentes	IN-FLUORCNT-001
		3200	BATEAS	Batea 4	IN-BATEA-004
				Batea 5	IN-BATEA-005
				Batea 1	IN-BATEA-001
				Batea 2	IN-BATEA-002
		3300	INERTIZADORA	Máquina Inertizadora	IN-INRT-001
		3400	SILOS	Silo de Cal Inertizadora	IN-SLOCAL-001
				Silo de Cemento	IN-SLOCEM-001
4000	ÁREA DE SERVICIOS				
		4100	BOMBAS	Bomba Centrífuga Agua Industrial 1	SER-BBA-AIND-001
				Bomba Centrífuga Agua Industrial 2	SER-BBA-AIND-002
				Bomba Centrífuga Agua Industrial 3	SER-BBA-AIND-003
				Bomba Centrífuga Agua Clorada 1	SER-BBA-ACLR-001
				Bomba Centrífuga Agua Clorada 2	SER-BBA-ACLR-002
				Bomba Centrífuga Agua Clorada 3	SER-BBA-ACLR-003
				Bomba Centrífuga Red de Incendio 1	SER-BBA-RDINC-001
				Bomba Centrífuga Red de Incendio 2	SER-BBA-RDINC-002
				Bomba Centrífuga Red de Incendio 3	SER-BBA-RDINC-003
				Bomba Sumergible	Bomba Sumergible
		4200	COMPRESORES	Compresor Atlas Copco	SER-COMPR-001
				Compresor Puska	SER-COMPR-002
		4300	ESTANQUES	Estanque de Agua Principal	Estanque de Agua Principal
5000	PLANTA Y DEPÓSITO				
		5100	ILUMINACIÓN	Iluminación Laboratorio	PD-ILMLAB-001
				Iluminación Bodega 6-15-16	PD-ILMBOD-001
				Iluminación Depósito	PD-ILMDEP-001
				Iluminación Planta	PD-ILMPLNT-001
		5200	ENERGÍA	Transformadores planta	PD-TRNSF-001
		5300	VENTILACIÓN	Extractor Gases Laboratorio	PD-EXTLAB-001
		5400	BOMBAS	Bomba de Lixiviados	Bomba de Lixiviados

ANEXO H

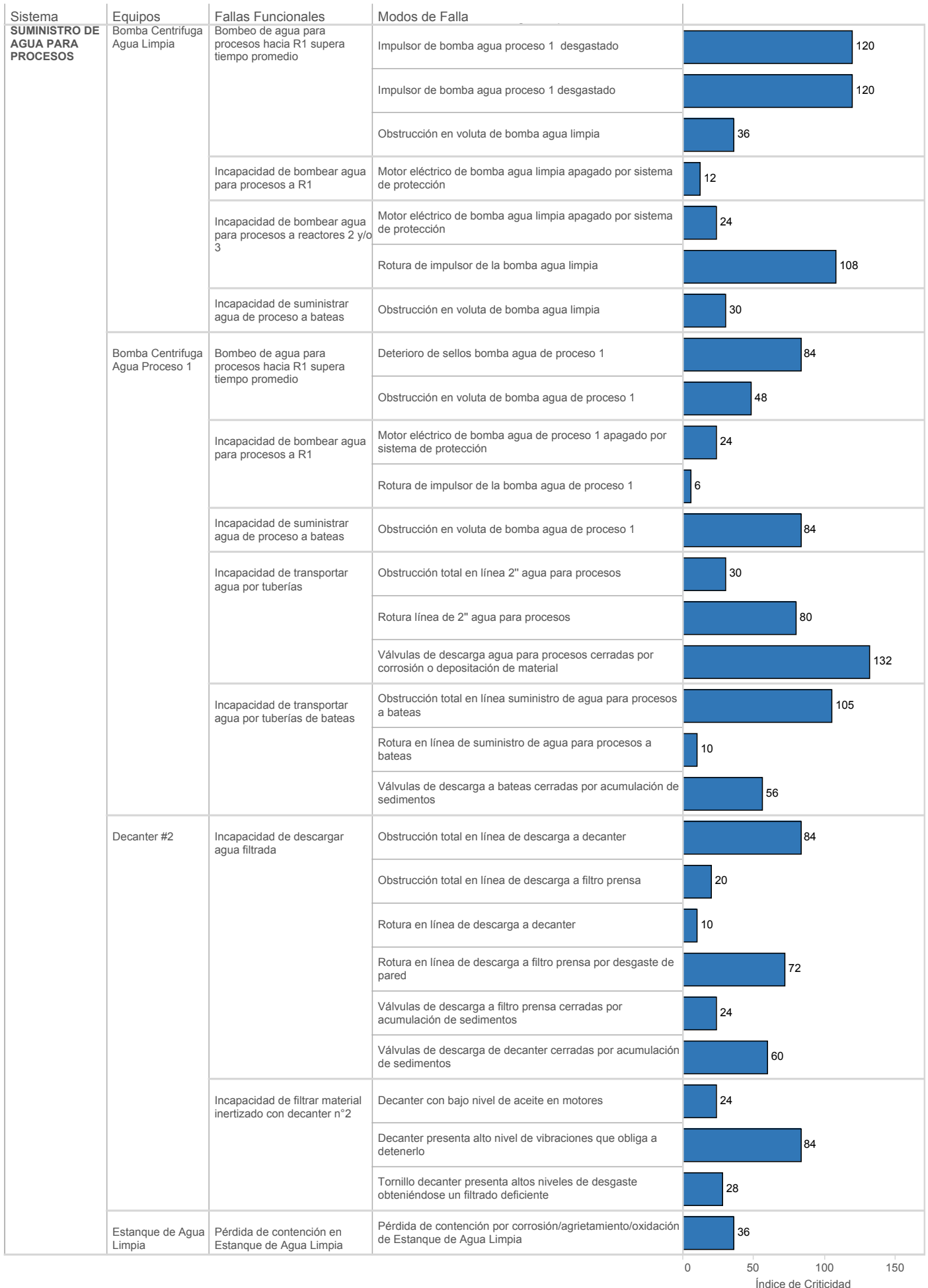
BASE DE DATOS AMFEC

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



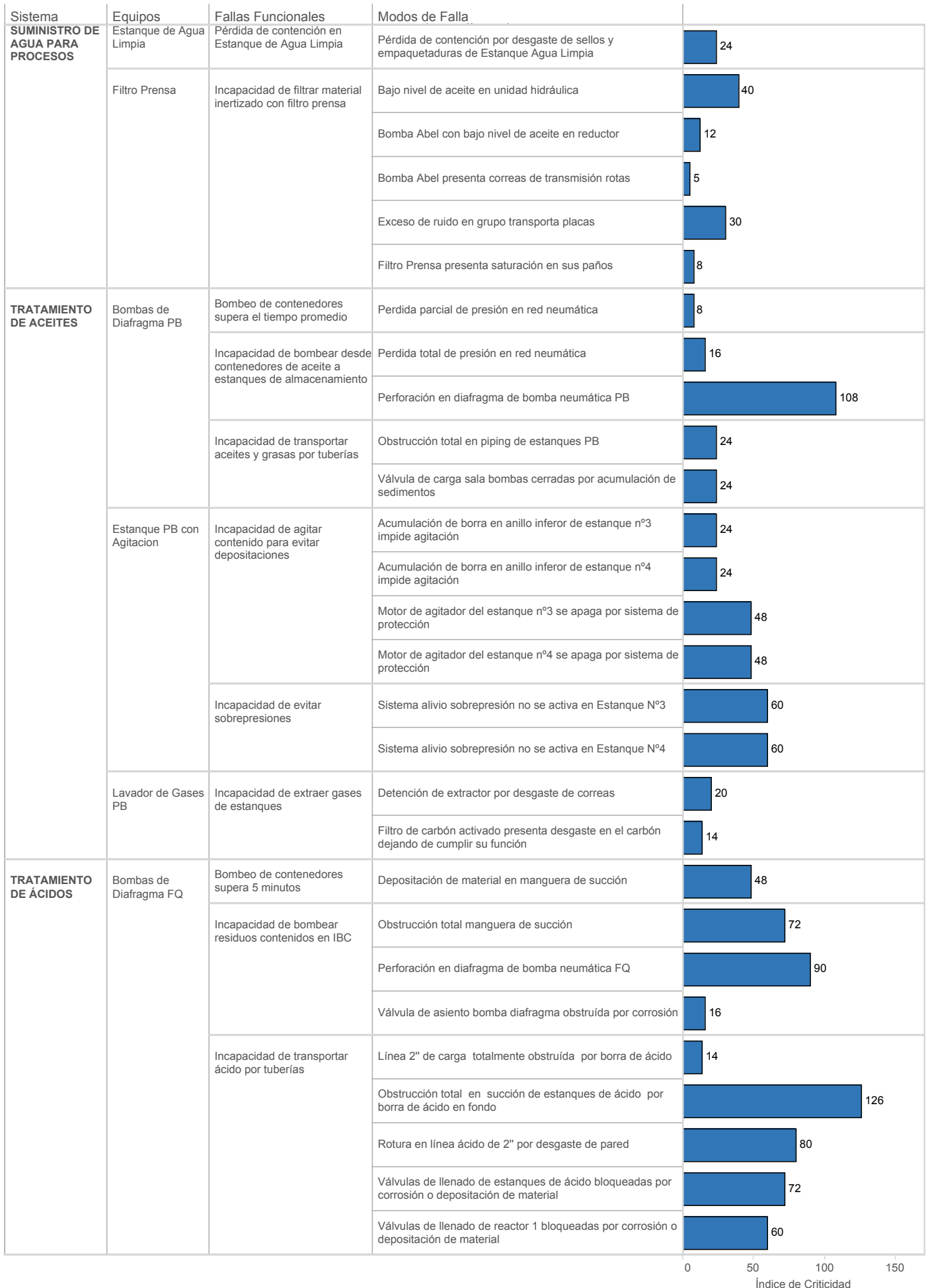
Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



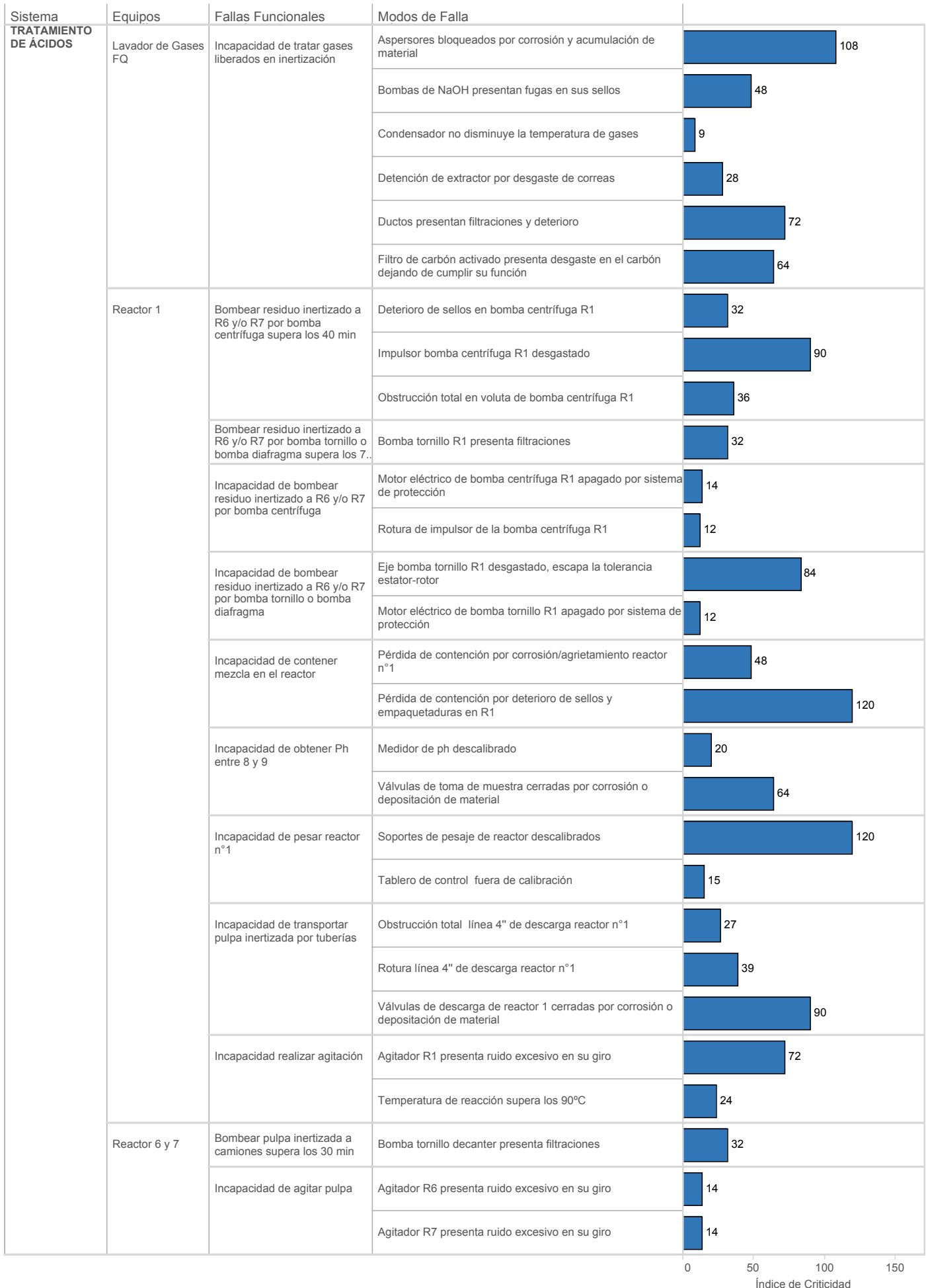
Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



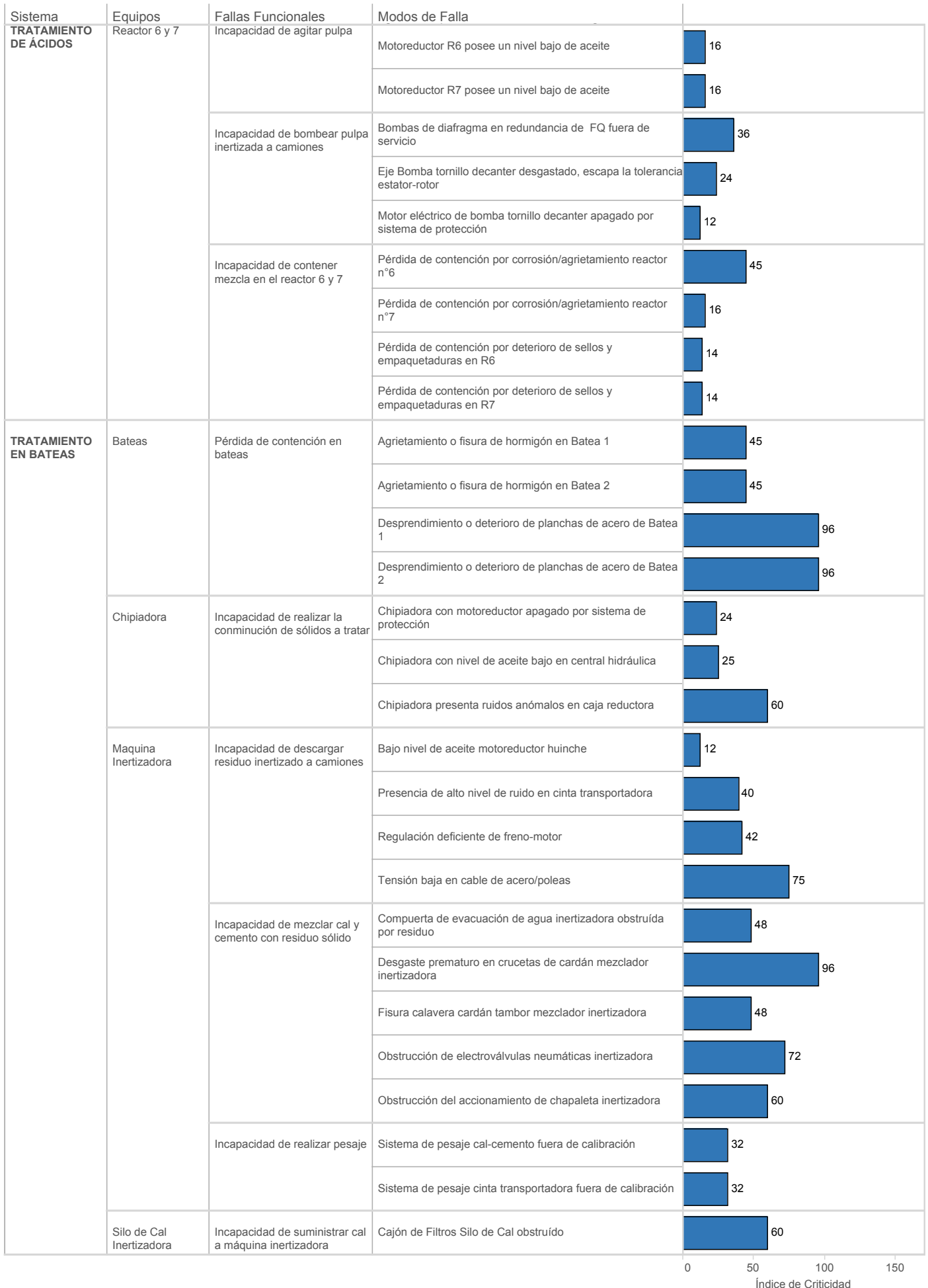
Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



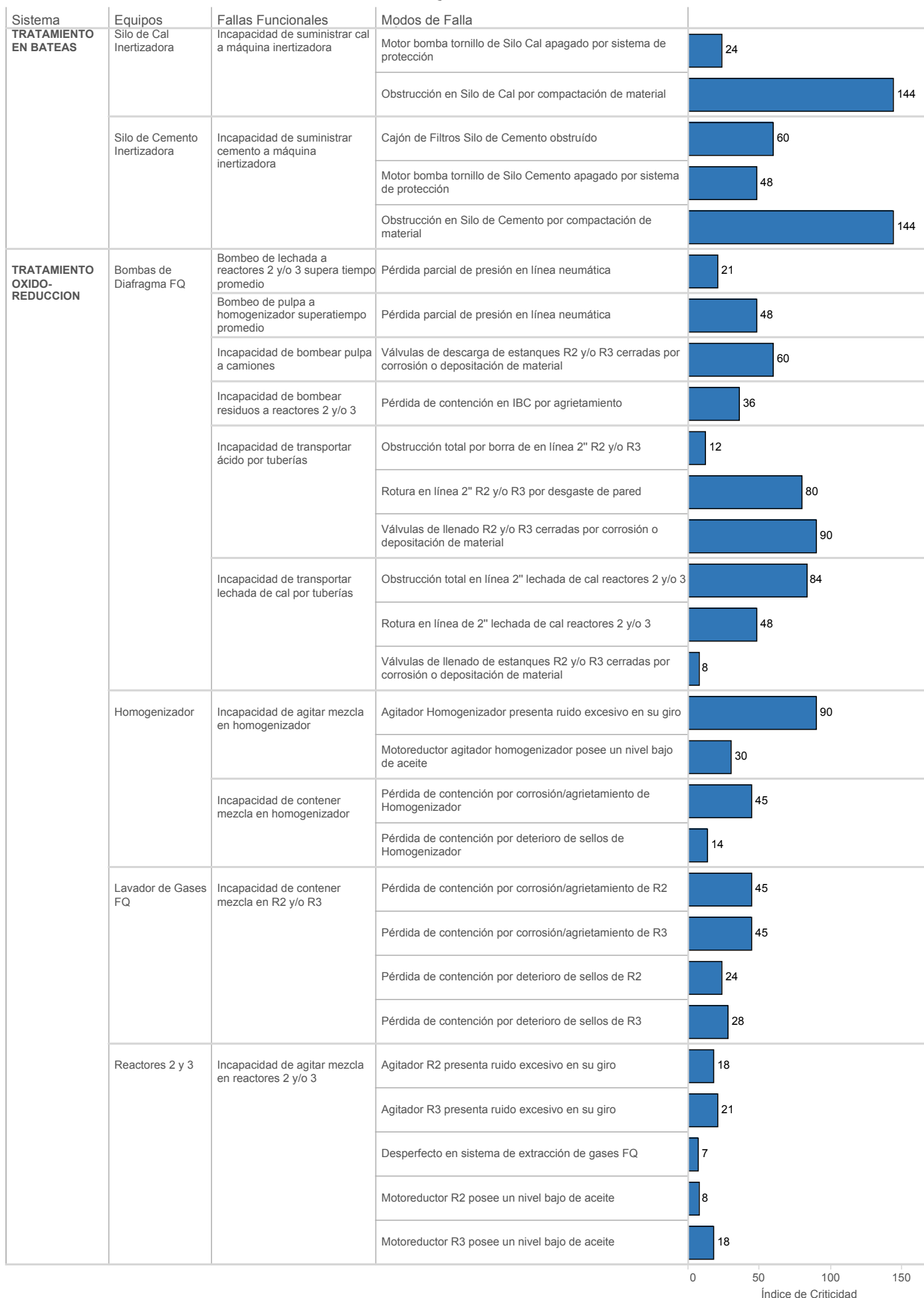
Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



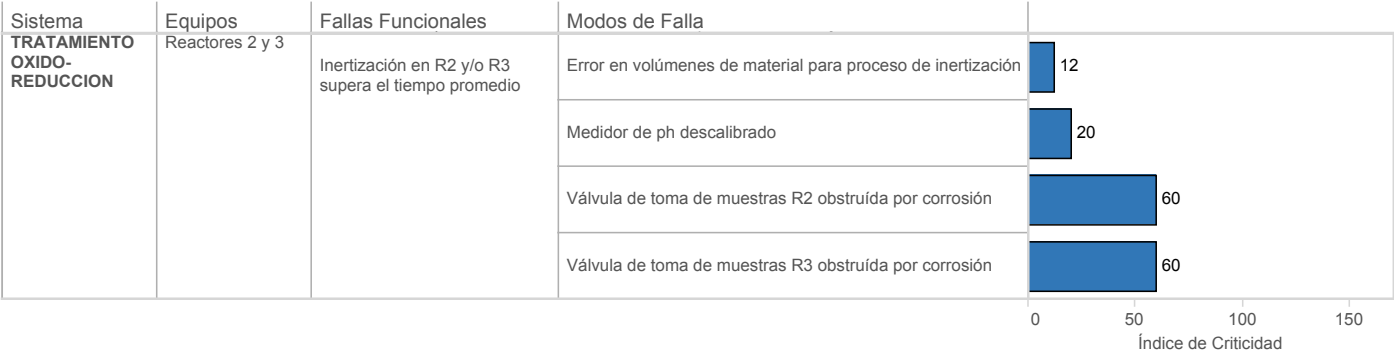
Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

INDICE DE CRITICIDAD EQUIPOS EN PLAN DE MANTENCION



Sum of Índice de Criticidad for each Modos de Falla broken down by Sistema, Equipos and Fallas Funcionales.

ANEXO I

BASE DE DATOS HOJA DE

INFORMACIÓN RCM

Hoja de Información RCM	SISTEMA Tratamiento de Ácidos				Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA Almacenamiento de Ácido y Carga Reactor 1				Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN	Falla Funcional (Pérdida de Función)	Modo de Falla	EFFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)					
1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A Incapacidad de transportar ácido por tuberías	1 Línea 2" de carga totalmente obstruida por borra de ácido	Modo de falla poco creíble de suscitarse				
			2 Rotura en línea ácido de 2" por desgaste de pared	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de ácido riesgoso para el personal. Tipo de falla por desgaste de pared.				
			3 Válvulas de llenado de estanques bloqueadas por corrosión o deposición de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de ácido en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba, presencia de corrosión en válvulas.				
2	Bombar ácido sulfúrico desde camión (20-22 ton) hacia estanques de almacenamiento (14 ton ácido C/U) en un tiempo no superior a 2 hrs	A Incapacidad de bombear ácido a estanques	1 Rotura de impulsor de teflón de la bomba ácido	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba				
			2 Motor eléctrico de bomba ácido apagada por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita				
		B Bombeo a estanques en un tiempo superior a 2hrs por camión	1 Desgaste impulsor de bomba de ácido	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba				
			2 Deterioro de sello de bomba de ácido	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de ácido riesgosas para el personal				
			3 Obstrucción parcial en voluta de teflón de bomba ácido sulfúrico	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.				
3	Contener ácido sulfúrico en el interior de estanque de ácido	A Incapacidad de contener ácido en estanques	1 Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanque de ácido	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.				
			2 Pérdida de contención por deterioro de sellos estanques de almacenamiento	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.				

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
SUBSISTEMA		Almacenamiento de Ácido y Carga Reactor 1				Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFECTO DE FALLA			
1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	1	Obstrucción total por borra de ácido en línea 2" carga reactor	Modo de falla poco creíble de suscitarse			
				2	Rotura línea 2" de ácido carga a reactor 1 por desgaste de pared	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de ácido riesgoso para el personal. Tipo de falla por desgaste de pared.			
				3	Obstrucción total en succión de estanques por borra de ácido en fondo	Imposibilidad de realizar trasvasije, saltan sistemas de protección eléctricos para bomba. Tipo de falla recurrente.			
				4	Válvulas de llenado de reactor 1 con problemas en el cierre y abertura	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de ácido en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba			
2	Bombear ácido sulfúrico desde estanques hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 18 min para 2000 kg de ácido	A	Incapacidad de bombear ácido a R1	1	Motor eléctrico de bomba ácido apagada por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita			
				2	Rotura de impulsor de la bomba ácido	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba			
				3	Desgaste impulsor de bomba de ácido	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba			
				4	Deterioro de sello de bomba	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de ácido riesgosas para el personal			
3	Bombear ácido sulfúrico desde contenedores hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 5 min por 1 m3 (IBC) de ácido	B	Bombeo de 2000 kg de ácido en un tiempo superior a 18 minutos	1	Pérdida de contención por deterioro de sellos estanques de almacenamiento	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.			
				2	Pérdida de contención en IBC por agrietamiento	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácidos y gases riesgosos para personal			
				1	Perforación en diafragma de bomba neumática FQ	Imposibilidad de realizar trasvasije, bomba queda inhabilitada. Tipo de falla por presencia de sedimentos sólidos acumulables en bomba.			
				2	Pérdida total de presión en red neumática	Imposibilidad de realizar trasvasije con bombas neumáticas, detención de línea de tratamiento blending, activación de alertar en compresores. Tipo de falla ha ocurrido pocas veces durante operación de la planta, equipos en stand-by.			
4	Pesar reactor n°1 con una precisión de 1 kg	B	Bombeo de contenedores supera 5 minutos	3	Obstrucción total manguera de succión	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, evidencia de ruido en bomba de diafragma. Tipo de falla común por diversidad de residuos y procedencia.			
				1	Pérdida parcial de presión en línea neumática	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, instrumentos en acumuladores indican caída de presión. Tipo de falla común al conectar múltiples equipos a la red neumática.			
				1	Soportes de pesaje de reactor descalibrados falsean mediciones	Evidencias de deterioro por corrosión. El tipo de falla no ha ocurrido en la planta, empresa de calibración se encarga del mantenimiento.			
				2	Tablero de control fuera de calibración	Cambios en tiempos de trasvasije y posibles rebases de estanques, mayores tiempos de inertización por mala mezcla, rebases son un posible riesgo para el personal y el ambiente.			

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1		Facilitador:		Fecha		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Neutralización de Ácidos		Modo de Falla		Subsistema N°2		Auditor:		Fecha		de 3	
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFFECTO DE FALLA							
1	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" de lechada de cal a R1	2	Rotura línea de 2" lechada de cal a R1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de lechada de cal representa un riesgo moderado. Tipo de falla poco común.	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación.				
				3	Válvulas de descarga de cal cerradas por corrosión o depositación de material								
				1	Motor eléctrico de bomba tornillo lechada apagado por sistema de protección								
				2	Eje bomba de tornillo R5 desgastado, escapa la tolerancia estator-rotor								
2	Bombear lechada de cal desde reactor n°5 hacia reactor n°1 en un rango de 45 a 60 min para 5000 a 7000 kg de lechada de cal, con la posibilidad de hacer uso de bombas en redundancia	A	Incapacidad de bombear lechada a R1, habiendo bombas en redundancia	3	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	4	Pérdida total de presión en red neumática	Imposibilidad de realizar trasvasijes en operaciones con el uso de bombas de diafragma, disponibilidad garantizada en 24 hrs por parte de la empresa de mantenimiento. Tipo de falla poco común.	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita				
				1	Fuga en bomba tornillo de reactor n°5								
				2	Pérdida parcial de presión en línea neumática								
				3	Obstrucción manguera de succión								
3	Agitar mezcla contenida en el reactor para homogenizar su contenido	A	Incapacidad realizar agitación	1	Agitador R1 presenta ruido excesivo en su giro	2	Temperatura de reacción supera los 90°C	Presencia de grandes volúmenes de vapores desprendidos de la reacción de neutralización, termómetro indica temperatura fuera del rango de operación, ruido excesivo al interior del reactor, vibraciones fuera de control del reactor.	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.				
				2	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor n°1								
				1	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R1								
				2	Válvulas de toma de muestra cerradas por corrosión o depositación de material								
4	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor hasta obtener un ph entre 8 y 9	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor	1	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R1	2	Medidor de ph descalibrado	Imposibilidad de realizar tratamientos, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.	Filtraciones visibles de pulpa, presencia de altos niveles de corrosión, la válvula no cierra o no abre completamente, en caso extremo imposibilidad de tomar muestra.				
				2	Alteraciones de tiempo en la operación de neutralización, mayor uso de materia prima al momento de neutralizar, mediciones no coinciden con la receta de neutralización.								
				1	Válvulas de toma de muestra cerradas por corrosión o depositación de material								
				2	Medidor de ph descalibrado								

SISTEMA		Tratamiento de Ácidos				Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
SUBSISTEMA		Neutralización de Ácidos				Subsistema N°2	Auditor:	Fecha	de 3
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla			EFECTO DE FALLA			
5	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	1	Detención de extractor por desgaste de correas	Gases liberados en proceso de inertización no son succionados por la campana, liberación peligrosa de gases contaminantes con riesgo al medio ambiente y al personal, luces piloto de tablero de control pueden indicar extractor apagado, evidencia visibles de deterioro de ductos y posibles	Efecto de falla	Efecto de falla	Efecto de falla
				2	Aspersores bloqueados por corrosión y acumulación de material				
				3	Filtro de carbón activado presenta desgaste en el carbón dejando de cumplir su función				
				4	Condensador no disminuye la temperatura de gases				
				5	Bombas de NaOH presentan fugas en sus sellos				
				6	Ductos presentan filtraciones y deterioro				
6	Transportar agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" agua para procesos hacia R1	Modo de falla poco creíble de suscitarse	Efecto de falla	Efecto de falla	Efecto de falla
				2	Rotura línea de 2" agua para procesos hacia R1				
				3	Válvulas de descarga agua para procesos cerradas por corrosión o depositación de material				
7	Bombear agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1, en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	1	Rotura de impulsor de la bomba agua de proceso 1	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba, caída en el consumo eléctrico de la bomba.	Efecto de falla	Efecto de falla	Efecto de falla
				2	Motor eléctrico de bomba agua de proceso 1 apagado por sistema de protección				
				3	Rotura de impulsor de la bomba agua limpia				
				1	Motor eléctrico de bomba agua limpia apagado por sistema de protección				

Hoja de Información RCM	SISTEMA	Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°3
	SUBSISTEMA	Neutralización de Ácidos		Subsistema N°2	Auditor:	Fecha	de 3
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA			
7	Bombear agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	1	Detención de extractor por desgaste de correas	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente		
			2	Deterioro de sellos bomba agua limpia	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente		
			3	Obstrucción en voluta de bomba agua de proceso 1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.		
			4	Obstrucción en voluta de bomba agua limpia	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.		
			5	Impulsor de bomba agua proceso 1 desgastado	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba		
			6	Impulsor de bomba proceso agua limpia desgastado	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba		

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1		Facilitador:		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Descarga de Material Neutralizado		Subsistema N°3		Auditor:		Fecha		de 2	
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFECTO DE FALLA					
1	Transportar pulpa inertizada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar pulpa inertizada por tuberías	1	Obstrucción total línea 4" de descarga reactor n°1	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación. Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de pulpa inertizada a alta temperatura con un riesgo para el personal e instalaciones. Tipo de falla por desgaste de pared, poco recurrente en esta línea. Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de pulpa inertizada en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al funcionar con la válvula semi cerrada o cercana al cierre. Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos: Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba, caída en el consumo eléctrico de la bomba. Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba. Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos: Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, evidencia de ruido en bomba, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.					
2		2		Rotura línea 4" de descarga reactor n°1							
3		3		Válvulas de descarga de reactor 1 cerradas por corrosión o deposición de material							
2	Bombear pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga	1	Motor eléctrico de bomba centrífuga R1 apagado por sistema de protección						
		2		Rotura de impulsor de la bomba centrífuga R1							
		B		1	Deterioro de sellos en bomba centrífuga R1						
				2	Obstrucción total en voluta de bomba centrífuga R1						
3	Bombear pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 60 a 75 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba tornillo o neumática	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma	3	Impulsor bomba centrífuga R1 desgastado						
				1	Motor eléctrico de bomba tornillo R1 apagado por sistema de protección						
				2	Eje bomba tornillo R1 desgastado, escapa la tolerancia estator-rotor						
				3	Perforación en diafragma de bomba neumática FQ						
				4	Pérdida total de presión en red neumática						
				5	Obstrucción total en manguera de succión						

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1		Facilitador:		Fecha		Hoja N°2	
SUBSISTEMA		Descarga de Material Neutralizado		Modo de Falla		Subsistema N°3		Auditor:		Fecha		de 2	
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFFECTO DE FALLA							
3	Bombear pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 60 a 75 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba tornillo o neumática	B	bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma supera los 75 min	1	Bomba tornillo R1 presenta filtraciones	Filtraciones visibles de pulpa inertizada, charcos de pulpa alrededor de la bomba a alta temperatura, peligro alto para el personal y moderado para el ambiente, dependiendo del tamaño de la fuga puede incurrir en un mayor tiempo de operaciones de trasvasije. Tipo de falla poco común por la							
4	Bombear pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática		Incapacidad de bombear pulpa inertizada a camiones	1	Pérdida total de presión en red neumática	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, instrumentos en acumuladores indican caída de presión. Tipo de falla común al conectar múltiples equipos a la red neumática.							
		2	Eje Bomba tornillo decanter desgastado, escapa la tolerancia estator-rotor			Imposibilidad de realizar trasvasije con bombas neumáticas, detención de línea de tratamiento blending, activación de alertar en compresores. Tipo de falla ha ocurrido pocas veces durante operación de la planta, equipos en stand-by.							
		3	Motor eléctrico de bomba tornillo decanter apagado por sistema de protección			Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, evidencia de ruido en bomba, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.							
		4	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio			Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita							
5	Contener pulpa inertizada en el interior del reactor n°6 y n°7	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor n°6	Modo de falla poco creible de suscitarse							
		2	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R6			Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.							
		3	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor n°7			Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.							
		4	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R7			Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.							
6	Agitar Pulpa para evitar depositación de material	A	Incapacidad de agitar pulpa	1	Agitador R6 presenta ruido excesivo en su giro	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.							
		2	Motoreductor R6 posee un nivel bajo de aceite			Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.							
		3	Agitador R7 presenta ruido excesivo en su giro			Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.							
		4	Motoreductor R7 posee un nivel bajo de aceite			Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.							

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos		Sistema N°1		Facilitador:		Fecha		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Inertizado de Ácidos Óxido-Reducción		Modo de Falla		Subsistema N°4		Auditor:		Fecha		de 2	
FUNCIÓN		Falla Funcional		EFFECTO DE FALLA									
1	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" lechada de cal reactores 2 y/o 3	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación.							
				2	Rotura en línea de 2" lechada de cal reactores 2 y/o 3	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de lechada de cal representa un riesgo moderado. Tipo de falla poco común.							
				3	Válvulas de llenado de estanques R2 y/o R3 cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de ácido en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al operar con válvulas semi cerradas o cercanas al cierre.							
2	Bombear lechada de cal hacia los reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 15 min para 500 a 3000 kg de lechada dependiendo del tratamiento	A	Incapacidad de bombear lechada a reactor 2 y/o 3	1	Motor eléctrico de bomba tornillo R5 apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita							
				2	Obstrucción total en carcasa de bomba tornillo R5	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.							
		B	bombeo de lechada a reactores 2 y/o 3 supera tiempo promedio	1	Fuga en bomba tornillo de reactor n°5	Bomba fuera de servicio, sin planes de reincorporarla							
				2	Pérdida parcial de presión en línea neumática	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, instrumentos en acumuladores indican caída de presión. Tipo de falla común al conectar múltiples equipos a la red neumática.							
3	Transportar agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	1	Obstrucción en línea 2" agua para procesos hacia R1	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación.							
				2	Rotura línea de 2" agua para procesos hacia R1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de agua con un riesgo para el personal e instalaciones. Tipo de falla por desgaste de pared.							
				3	Válvulas de descarga agua para procesos cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al funcionar con la válvula semi cerrada o cercana al cierre.							

Hoja de Información RCM		SISTEMA	Tratamientos de Ácidos		Facilitador:		Hoja N°2	
SUBSISTEMA		Inertizado de Ácidos Óxido-Reducción			Auditor:		Fecha	
FUNCIÓN		Falla Funcional			Modo de Falla		EFECTO DE FALLA	
5	Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	1	Agitador R2 presenta ruido excesivo en su giro	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.		
				2	Motoreductor R2 posee un nivel bajo de aceite	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.		
				3	Agitador R3 presenta ruido excesivo en su giro	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.		
				4	Motoreductor R3 posee un nivel bajo de aceite	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.		
				5	Desperfecto en sistema de extracción de gases FQ	Gases liberados en proceso de inertización no son succionados por la campana, liberación peligrosa de gases contaminantes con riesgo al medio ambiente y al personal, luces piloto de tablero de control pueden indicar extractor apagado, evidencia visibles de deterioro de ductos y posibles		
6	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor 2 y/o reactor 3	B	Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	1	Válvula de toma de muestras R2 obstruida por corrosión	Filtraciones visibles de pulpa, presencia de altos niveles de corrosión, la válvula no cierra o no abre completamente, en caso extremo imposibilidad de tomar muestra.		
				2	Válvula de toma de muestras R3 obstruida por corrosión	Filtraciones visibles de pulpa, presencia de altos niveles de corrosión, la válvula no cierra o no abre completamente, en caso extremo imposibilidad de tomar muestra.		
				3	Medidor de ph descalibrado	Alteraciones de tiempo en la operación de neutralización, mayor uso de materia prima al momento de neutralizar, mediciones no coinciden con la receta de neutralización.		
7	Agitar mezcla al interior de homogenizador hasta obtener un pH 8	A	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R2	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				2	Pérdida de contención por deterioro de sellos de R2	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.		
				3	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R3	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				4	Pérdida de contención por deterioro de sellos de R3	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.		
8	Contener mezcla neutralizada al interior de homogenizador	A	Incapacidad de agitar mezcla en homogenizador	1	Agitador Homogenizador presenta ruido excesivo en su giro	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.		
				2	Motoreductor agitador homogenizador posee un nivel bajo de aceite	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.		
				1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de Homogenizador	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de ácido y gases en grandes cantidades, daños a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				2	Pérdida de contención por deterioro de sellos de Homogenizador	Filtraciones visibles de ácido, presencia de olores y evidencias de corrosión en uniones.		

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento de Aceites		Sistema N°3		Facilitador:		Fecha		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Carga de Aceites a Estanques		Modo de Falla		Subsistema N°1		Auditor:		Fecha		de 1	
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFFECTO DE FALLA							
1	Transportar aceites y grasas por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar aceites y grasas por tuberías	1	Obstrucción total en piping de estanques PB	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación.							
2	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores (Tambores, envases, IBC) hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores, 8 a 12 min para bombas de diafragma	A	Incapacidad de bombear desde contenedores de aceite a estanques de almacenamiento, habiendo bombas de diafragma adicionales	2	Válvula de carga sala bombas cerradas por acumulación de sedimentos	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de aceites en válvulas, problemas de conexión entre mangueras y válvulas.							
3	Bombear (15-20 ton) de material hacia estanques de almacenamiento en un rango de 45 a 60 min con bomba de tornillo y de 60 a 90 min para bombas de diafragma	B	Bombear de contenedores toma un tiempo mayor al promedio	1	Perforación en diafragma de bomba neumática PB	Imposibilidad de realizar trasvasije con bomba neumática, presencia de ruido, bomba queda fuera de operación.							
				2	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	Imposibilidad de realizar trasvasijos en operaciones con el uso de bombas de diafragma, disponibilidad garantizada en 24 hrs por parte de la empresa de mantenimiento. Tipo de falla poco común.							
				3	Pérdida total de presión en red neumática	Imposibilidad de realizar trasvasije con bombas neumáticas, detención de línea de tratamiento blending, activación de alertar en compresores. Tipo de falla ha ocurrido pocas veces durante operación de la planta, equipos en stand-by.							
				1	Pérdida parcial de presión en línea neumática	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, instrumentos en acumuladores indican caída de presión. Tipo de falla común al conectar múltiples equipos a la red neumática.							
				1	Eje bomba tornillo 2 escapa de la tolerancia estator-rotor por acumulación de impurezas	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, evidencia de ruido en bomba, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba, activan protecciones eléctricas de motor eléctrico.							
				2	Motor eléctrico de bomba tornillo 2 apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita							
				3	Motor eléctrico de agitador volteador apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita							
				4	Volteador obstruido por acumulación de grasas	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección, en el caso de bombas neumáticas disminuye gradualmente el volumen bombeado, pudiendo perjudicar su operación.							
				5	Obstrucción total carcasa bomba tornillo 2 blending	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.							
				1	Fuga en bomba tornillo 2 blending	Filtraciones visibles de aceites y grasas, charcos de aceite alrededor de la bomba, dependiendo del tamaño de la fuga puede incurrir en un mayor tiempo de operaciones de trasvasije. Tipo de falla poco común por la hermeticidad estator-rotor de este tipo de bombas.							
				2	Obstrucción parcial en bomba tornillo 2	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.							

Hoja de Información RCM		SISTEMA	Tratamiento de Aceites		Facilitador:		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Almacenamiento de Aceites y Preparación de CAL			Auditor:		Fecha	
FUNCIÓN		Falla Funcional			EFFECTO DE FALLA		de 2	
1	Contener aceites y taladrinas en el interior de estanques y contenedores	A	Incapacidad de contener aceites al interior de estanques y contenedores	1	Fuga en contenedores de aceite	Charcos visibles de aceites y grasas, filtraciones y presencia de olores. Fallo poco común en la operación.		
				2	Pérdida de contención por filtraciones estanques PB N°1	Filtraciones visibles de aceites y grasas, presencia de olores y evidencias de fugas en uniones.		
				3	Pérdida de contención por agrietamiento de estanques PB N°1	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de aceites y grasas en grandes cantidades, daños severos al medio ambiente y a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				4	Pérdida de contención por filtraciones estanques PB N°2	Filtraciones visibles de aceites y grasas, presencia de olores y evidencias de fugas en uniones.		
				5	Pérdida de contención por agrietamiento de estanques PB N°2	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de aceites y grasas en grandes cantidades, daños severos al medio ambiente y a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				6	Pérdida de contención por filtraciones estanques PB N°3	Filtraciones visibles de aceites y grasas, presencia de olores y evidencias de fugas en uniones.		
				7	Pérdida de contención por agrietamiento de estanques PB N°3	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de aceites y grasas en grandes cantidades, daños severos al medio ambiente y a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				8	Pérdida de contención por filtraciones estanques PB N°4	Filtraciones visibles de aceites y grasas, presencia de olores y evidencias de fugas en uniones.		
				9	Pérdida de contención por agrietamiento de estanques PB N°4	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de aceites y grasas en grandes cantidades, daños severos al medio ambiente y a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
				10	Pérdida de contención por filtraciones estanques PB N°5	Filtraciones visibles de aceites y grasas, presencia de olores y evidencias de fugas en uniones.		
				11	Pérdida de contención por agrietamiento de estanques PB N°5	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de aceites y grasas en grandes cantidades, daños severos al medio ambiente y a las instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.		
2	Evitar rebaleses y sobrepresiones	A	Incapacidad de evitar sobrepresiones	1	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°1	Incremento del riesgo a explosiones por la acumulación de gases liberados del aceite,		
				2	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°2	Incremento del riesgo a explosiones por la acumulación de gases liberados del aceite,		
				3	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°3	Incremento del riesgo a explosiones por la acumulación de gases liberados del aceite,		
				4	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°4	Incremento del riesgo a explosiones por la acumulación de gases liberados del aceite,		
				5	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°5	Incremento del riesgo a explosiones por la acumulación de gases liberados del aceite,		

Hoja de Información RCM	SISTEMA	Tratamiento de Aceites		Sistema N°3	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
	SUBSISTEMA	Almacenamiento de Aceites y Preparación de CAL		Subsistema N°2	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA			
3	A	Agitar contenido del estanque evitando depositaciones y la formación de borras	Incapacidad de agitar contenido para evitar depositaciones	1	Motor de agitador del estanque n°3 se apaga por sistema de protección	Deposición de material, alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	
				2	Acumulación de borra en anillo inferior de estanque n°3 impide agitación	Alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	
				3	Motor de agitador del estanque n°4 se apaga por sistema de protección	Deposición de material, alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	
				4	Acumulación de borra en anillo inferior de estanque n°4 impide agitación	Alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	
				5	Motor de agitador del estanque n°5 se apaga por sistema de protección	Deposición de material, alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	
				6	Acumulación de borra en anillo inferior de estanque n°5 impide agitación	Alteraciones en el consumo eléctrico de agitadores, muestras de laboratorio indican una falta de homogeneidad en la mezcla, aumento en el consumo eléctrico de bombas, líneas tienden a obstruirse por mezcla altamente viscosa.	

Hoja de Información RCM		SISTEMA	Tratamiento en Bateas de Inertización		Sistema N°2		Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
		SUBSISTEMA	Carga de Material a Bateas		Subsistema N°2		Auditor:	Fecha	de 1
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla		EFECTO DE FALLA				
1	A Descargar residuos destinados a inertización en bateas (ej. Arsénico, polvo filtro de manga, cal agotada) utilizando un cargador frontal	Incapacidad de descargar residuos a bateas de inertización	1	Equipo cargador frontal no arranca	Evidencia de ruido en motor, problemas con la partida, evidencia visible en gases de combustión de funcionamiento anómalo del motor. Tipo de fallas comunes en equipos móviles de alto tonelaje, evitables con un mantenimiento por horómetro.				
			2	Indisponibilidad de camiones de cal	Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica				
			1	Chipiadora con motorreductor apagado por sistema de protección	Alteraciones en luces piloto de sistema de control, evidencia de fugas o niveles bajo de aceite en el sistema hidráulico, presencia de ruido y desgaste en motorreductores y sistema de transmisión.				
			2	Chipiadora con nivel de aceite bajo en central hidráulica	Atascamiento de chipiadora, incapacidad de lograr conminución deseada, indicaciones en luces piloto advierten bajo nivel de aceite, presencia de ruido y desgaste acelerado de ruedas dentadas.				
	B Incapacidad de realizar la conminución de sólidos a tratar		3	Chipiadora presenta ruidos anómalos en caja reductora	Chipiadora se paga por sistema de protección eléctrico, incapacidad de realizar conminución, presencia de piñones y engranajes desgastados.				
			4	Compactadora de Tambores con motorreductor apagado por sistema de protección	Alteraciones en luces piloto de sistema de control, evidencia de fugas o niveles bajo de aceite en el sistema hidráulico, presencia de ruido y desgaste en motorreductores y sistema de transmisión.				
			5	Compactadora de Tambores con nivel de aceite bajo en central hidráulica	Atascamiento de compactadora, incapacidad de lograr compactación deseada, indicaciones en luces piloto advierten bajo nivel de aceite, presencia de ruido y desgaste acelerado de guías del carro y engranajes.				
			6	Compactadora de Tambores presenta ruidos anómalos en guías del carro móvil o guías de elevador	Compactadora se paga por sistema de protección eléctrico, incapacidad de realizar compactación, presencia de piñones, guías y engranajes desgastados.				
		7	Compactadora de Aerosoles con ductos bloqueados por exceso de pintura de aerosol	Compactadora no posee la fuerza suficiente para compactar aerosoles.					
		8	Trituradora de Tubos con altos niveles de suciedad	Compactadora se atasca, compactadora no posee la fuerza para compactar.					
		1	Válvulas de descarga a bateas cerradas por acumulación de sedimentos	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, presencia de desgaste en uniones y sellos.					
		2	Obstrucción total en línea suministro de agua a bateas	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión.					
2	Transportar agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A Incapacidad de transportar agua por tuberías	3	Rotura en línea de suministro de agua a bateas	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de agua sin mayor riesgo para el personal o medio ambiente. Tipo de falla por desgaste de pared debido al sedimentación.				

Hoja de Información RCM	SISTEMA	Tratamiento en Bateas de Inertización				Sistema N°2	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
SUBSISTEMA		Inertizado de Material y Descarga a Camiones				Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFECTO DE FALLA			
1	Descargar sacos de cal y cemento en bateas utilizando grúas horquilla	A	Incapacidad de descargar sacos de cal y cemento en bateas	1	Grúas Horquilla fuera de servicio	Modo de falla poco creible de suscitarse			
2	Descargar agua para proceso en bateas proveniente de estanques de agua contaminada, estanques de agua de proceso o agua limpia con una capacidad	A	Incapacidad de suministrar agua de proceso a bateas	1	Obstrucción en voluta de bomba agua limpia	Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica			
				2	Obstrucción en voluta de bomba agua de proceso 1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.			
				3	Deterioro de sellos bomba agua limpia	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.			
3	Agitación de mezcla en bateas utilizando máquina excavadora	A	Incapacidad de mezclar bateas con excavadora	1	Excavadora se encuentra fuera de servicio por mantenimiento	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente			
4	Contener mezcla a inertizar evitando fugas y percolaciones de la batea	A	Pérdida de contención en bateas	1	Desprendimiento o deterioro de planchas de acero de Batea 1	Mantenimiento por empresa externa, Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica.			
				2	Agrietamiento o fisura de hormigón en Batea 1	Sin efectos sobre el tratamiento, tipo de falla oculta, evidencia visibles de un desprendimiento de plancha única forma de detección.			
				3	Desprendimiento o deterioro de planchas de acero de Batea 2	Sin efectos sobre el tratamiento, tipo de falla oculta, evidencia visibles de un desprendimiento de plancha única forma de detección.			
				4	Agrietamiento o fisura de hormigón en Batea 2	Sin efectos sobre el tratamiento, tipo de falla oculta, evidencia visibles de un desprendimiento de plancha única forma de detección.			
5	Descarga de material inertizado en bateas a camiones de 5 a 7 toneladas	A	Incapacidad de descargar material inertizado en camiones	1	Excavadora se encuentra fuera de servicio por mantenimiento	Mantenimiento por empresa externa, Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica.			
				2	Indisponibilidad de camión	Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica			

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Tratamiento en Bateas de Inertización		Sistema N°2		Facilitador:		Hoja N°2	
SUBSISTEMA		Inertizado de Material y Descarga a Camiones		Modo de Falla		Subsistema N°1		Auditor:		de 2	
FUNCIÓN		Falla Funcional		EFFECTO DE FALLA							
6	Descargar sacos de cal y cemento en bateas utilizando grúas horquilla	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	1	Obstrucción en Silo de Cal por compactación de material	Incapacidad de realizar proceso de inertización, salta sistema de protección eléctrico de bomba tornillo, incapacidad de suministrar cal a procesos, parada de maquina inertizadora.					
				2	Obstrucción en Silo de Cemento por compactación de material	Incapacidad de realizar proceso de inertización, salta sistema de protección eléctrico de bomba tornillo del silo, incapacidad de suministrar cemento a procesos, parada de maquina inertizadora.					
				3	Motor bomba tornillo de Silo Cal apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de suministrar cal. El tipo de falla es súbita					
				4	Motor bomba tornillo de Silo Cemento apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de suministrar cemento. El tipo de falla es súbita					
				5	Cajón de Filtros Silo de Cal obstruido	Alteraciones en los tiempos de preparación de la mezcla cemento-cal para el proceso de inertización, mayor presencia de obstrucciones en electroválvulas e instrumentos por depositación de impurezas.					
				6	Cajón de Filtros Silo de Cemento obstruido	Alteraciones en los tiempos de preparación de la mezcla cemento-cal para el proceso de inertización, mayor presencia de obstrucciones en electroválvulas e instrumentos por depositación de impurezas.					
				7	Obstrucción del accionamiento de chapaleta inertizadora	Incapacidad de realizar proceso de inertización, modificaciones en el consumo eléctrico de bombas tornillo, aumenta el tiempo de suministro de cal y cemento a procesos, maquina inertizadora trabaja lento.					
				8	Compuerta de evacuación de agua inertizadora obstruida por residuos	Mayor tiempo en operaciones de preparación de la mezcla cal-cemento, presencia de filtraciones, alteraciones en funcionamiento de electroválvulas.					
				9	Desgaste prematuro en crucetas de cardán mezclador inertizadora	Incapacidad de realizar proceso de inertización, modificaciones en el consumo eléctrico motor tambor, aumenta el tiempo de suministro de cal y cemento a procesos, maquina inertizadora trabaja lento.					
				10	Fisura calavera cardán tambor mezclador inertizadora	Incapacidad de realizar proceso de inertización, patrón de falla por desgaste predecible.					
				11	Obstrucción de electroválvulas neumáticas inertizadora	Modificaciones en el consumo eléctrico de bombas tornillo, aumenta el tiempo de suministro de cal y cemento a procesos, maquina inertizadora trabaja lento, obstrucción en líneas de cal y cemento peligroso por una posible compactación.					
7	Descargar residuo inertizado en inertizadora a camiones de 5 a 7 toneladas	B	Incapacidad de realizar pesaje	1	Sistema de pesaje cal-cemento fuera de calibración	Alteraciones de tiempo en la operación de neutralización, mayor uso de materia prima al momento de inertizar, mediciones no coinciden con la receta de inertización.					
				2	Sistema de pesaje cinta transportadora fuera de calibración	Alteraciones de tiempo en la operación de neutralización, mayor uso de materia prima al momento de inertizar, mediciones no coinciden con la receta de inertización.					
		A	Incapacidad de descargar residuo inertizado a camiones	1	Tensión baja en cable de acero/poleas	Presencia de desgaste acelerado en las uniones de cable por fatiga del material, poleas visiblemente deterioradas.					
				2	Regulación deficiente de freno-motor	Desgaste acelerado de cables y uniones del elevador, movimiento no uniforme del elevador al momento de descargar el material.					
				3	Bajo nivel de aceite motoreductor huinche	Presencia de ruido, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del motoreductor, degradación acelerada de ruedas dentadas.					
				4	Presencia de alto nivel de ruido en cinta transportadora	Inertizadora se paga por sistema de protección eléctrico, transporte de cal y cemento al tambor de mezcla, polines desgastados.					

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Suministro de Agua para Procesos		Sistema N°4		Facilitador:		Fecha		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Recirculación de agua de procesos		Subsistema N°1		Auditor:		Fecha		de 2			
FUNCIÓN		Falla Funcional		Modo de Falla		EFECTO DE FALLA							
1	Filtrar material inertizado proveniente de línea ácidos utilizando decanter n°2	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con decanter n°2	1	Decanter presenta alto nivel de vibraciones que obliga a detenerlo	Aumento en la presencia de sólidos de agua filtrada visible en el estanque de acumulación, presencia de ruido en el equipo, evidencia de altas vibraciones, alteraciones en el consumo eléctrico, presencia de fugas internas de aceite.							
				2	Tornillo decanter presenta altos niveles de desgaste obteniéndose un filtrado deficiente	Superación frecuente de los valores límites de la presión de trabajo, aumento de la humedad residual de los sólidos descargados, presencia visible de desgaste en sinfin.							
				3	Decanter con bajo nivel de aceite en motores	Presencia de ruido, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del motorreductor, degradación acelerada de ruedas dentadas y parte móviles.							
2	Transportar agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	1	Obstrucción total en línea de descarga a decanter	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección de bomba impulsora.							
				2	Rotura en línea de descarga a decanter	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de agua sin mayor riesgo para el personal o medio ambiente. Tipo de falla nunca ha ocurrido.							
				3	Válvulas de descarga de decanter cerradas por acumulación de sedimentos	Modo de falla poco creíble de suscitarse							
				4	Obstrucción total en línea de descarga a filtro prensa	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, activación de elementos eléctricos de protección.							
				5	Rotura en línea de descarga a filtro prensa por desgaste de pared	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente							
				6	Válvulas de descarga a filtro prensa cerradas por acumulación de sedimentos	Imposibilidad de realizar trasvasije, posibles filtraciones por aumentos de presión, filtraciones de agua en válvulas sin mayor riesgo para el personal.							
3	Bombear agua filtrada de decanter hacia estanques de agua de proceso	A	Incapacidad de bombear agua filtrada de decanter n°2 a estanques	1	Rotura impulsor de bomba centrífuga FQ	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba, caída en el consumo eléctrico de la bomba.							
				2	Deterioro de sello de bomba centrífuga FQ	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente							
				3	Obstrucción total en voluta de bomba centrífuga FQ	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.							
4	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	1	Filtro Prensa presenta saturación en sus paños	Alteraciones en luces piloto de sistema de control, evidencia de fugas o niveles bajo de aceite en el sistema hidráulico, alteración en color de pilotos de control de barrera fotoeléctrica de placas, presencia de ruido y desgaste en sistema motorreductor-cadena.							
				2	Bajo nivel de aceite en unidad hidráulica	Alerta en tablero de control de baja presión, incapacidad de lograr presión adecuada, indicaciones en luces piloto advierten bajo nivel de aceite, cilindro hidráulico no se mueve.							
				3	Exceso de ruido en grupo transporta placas	Desgaste en corredera de placas por falta de lubricación.							
				4	Bomba Abel presenta correas de transmisión rotas	Imposibilidad de utilizar el filtro prensa, tablero de control indica que no hay presión en la entrada, tipo de falla por desgaste predecible de correas.							
				5	Bomba Abel con bajo nivel de aceite en reductor	Presencia de ruido en reductor y desgaste de ruedas dentadas y partes móviles.							

Hoja de Información RCM	SISTEMA		Suministro de Agua para Procesos		Sistema N°4	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
	SUBSISTEMA		Recirculación de agua de procesos		Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN			Falla Funcional	Modo de Falla		EFECTO DE FALLA		
5	Bombear agua filtrada de filtro prensa hacia estanques de agua de proceso	A	Incapacidad de bombear agua filtrada de filtro prensa a estanques	1	Rotura de impulsor de la bomba centrífuga móvil	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba, caída en el consumo eléctrico de la bomba.		
				2	Motor eléctrico de bomba centrífuga móvil apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita		
				3	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	Imposibilidad de realizar trasvasijos en operaciones con el uso de bombas de diafragma, disponibilidad garantizada en 24 hrs por parte de la empresa de mantenimiento. Tipo de falla poco común.		
				4	Pérdida total de presión en red neumática	Imposibilidad de realizar trasvasije con bombas neumáticas, detención de línea de tratamiento blending, activación de alertar en compresores. Tipo de falla ha ocurrido pocas veces durante operación de la planta, equipos en stand-by.		
6	Bombear agua proveniente del lixiviado de depósito hacia estanques de agua de proceso	A	Incapacidad de bombear agua proveniente de lixivados	1	Bomba de lixiviado presenta sellos desgastados	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba		
				2	Motor eléctrico de bomba lixiviado apagado por sistema de protección	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita		

Hoja de Información RCM	SISTEMA	Suministro de Agua para Procesos		Sistema N°4	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA	Almacenamiento de Agua de Procesos		Subsistema N°2	Auditor:	Fecha	de 1
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA			
1	Contener agua para procesos en el interior de estanques sin fugas	A	Incapacidad de contener agua para procesos en estanques	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanques de agua limpia	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de agua en grandes cantidades, daños moderados al personal e instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.	
				2	Pérdida de contención por desgaste de sellos estanques de agua limpia	Filtraciones visibles de agua, presencia de fugas en uniones.	
				3	Válvulas de descarga agua limpia cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al operar con válvulas semi cerradas o cercanas al cierre.	
				4	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanques de agua para procesos 1	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de agua en grandes cantidades, daños moderados al personal e instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.	
				5	Pérdida de contención por desgaste de sellos estanques de agua para procesos 1	Filtraciones visibles de agua, presencia de fugas en uniones.	
				6	Válvulas de descarga agua para procesos 1 cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al operar con válvulas semi cerradas o cercanas al cierre.	
				7	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanques de agua para procesos 2	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de agua en grandes cantidades, daños moderados al personal e instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.	
				8	Pérdida de contención por desgaste de sellos estanques de agua para procesos 2	Filtraciones visibles de agua, presencia de fugas en uniones.	
				9	Válvulas de descarga agua para procesos 2 cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al operar con válvulas semi cerradas o cercanas al cierre.	
				10	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de estanques de agua principal	Imposibilidad de realizar trasvasije, liberación de agua en grandes cantidades, daños moderados al personal e instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.	
				11	Pérdida de contención por desgaste de sellos estanques de agua principal	Filtraciones visibles de agua, presencia de fugas en uniones.	
				12	Válvulas de descarga agua estanque principal cerradas por corrosión o depositación de material	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua en válvulas, alteraciones en consumo eléctrico de bomba al operar con válvulas semi cerradas o cercanas al cierre.	
2	Bombear agua proveniente de pozo hacia estanque principal de agua	A	Incapacidad de bombear agua desde pozo a estanque de agua	1	Bomba sumergible presenta filtraciones en sus sellos	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba	
				2	Obstrucción total manguera de succión	Imposibilidad de realizar trasvasije, activación de elementos eléctricos de protección de bomba impulsora.	
				3	Rotura de manguera de succión	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, liberación de agua sin mayor riesgo para el personal o medio ambiente. Tipo de falla poco común.	

Hoja de Información RCM		SISTEMA		Preparación de Lechada de Cal		Sistema N°5		Facilitador:		Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Almacenamiento de Cal y Preparación de Lechada		Modo de Falla		Subsistema N°1		Auditor:		Fecha	
FUNCIÓN		Falla Funcional		EFFECTO DE FALLA							
1	Descargar cal viva a granel desde camiones de cal hacia silo de cal FQ en un tiempo de 45 min aproximadamente para 23 ton	A	Incapacidad de cargar silo con cal	1	Indisponibilidad de camiones de cal	Modo de falla fuera del alcance de la instalación, no aplica					
2	Bombear cal desde silo hacia reactor n°5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	A	Incapacidad de bombear cal a R5	1	Motor eléctrico bomba tornillo de silo se apaga por sistema de protección	Incapacidad de bombear cal a reactor 5 desde silo, no hay presencia de ruido al interior de silo indicando que la bomba se encuentra trabajando, compactación de cal en silo, se decide preparar cal directamente de sacos.					
				2	Compactación de cal en silo impide fluidez	Incapacidad de trasvasijar cal a reactor, golpeteos en silo indican que se ha compactado la cal.					
				3	Injectores de aire obstruidos	Inyección de aire no mejora la fluidez, el retiro de los inyectores evidencian que estos se encuentran obstruidos.					
				4	Motoreductor de bomba tornillo con bajo nivel de aceite	Aumento del consumo eléctrico de bomba tornillo, degradación acelerada de ruedas dentadas.					
		B	Bombeo de cal a reactor 5 supera tiempo promedio	1	Pérdida total de presión en red neumática	Imposibilidad de realizar trasvasije con bombas neumáticas, detención de línea de tratamiento blending, activación de alertar en compresores. Tipo de falla ha ocurrido pocas veces durante operación de la planta, equipos en stand-by.					
				2	Pérdida parcial de presión en línea neumática	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, instrumentos en acumuladores indican caída de presión. Tipo de falla común al conectar múltiples equipos a la red neumática.					
				3	Fugas en bomba tornillo de silo	Tipo de falla poco común por la hermeticidad estator-rotor de este tipo de bombas.					
3	Bombear agua de proceso desde estanques hacia reactor n°5 en un rango de 15 a 20 min para 12.000 kg de agua de proceso y 30 a 40 min para 12.000 kg de agua limpia.	A	Incapacidad de bombear agua a R5	1	Rotura de impulsor de la bomba agua de proceso 1	Imposibilidad de realizar trasvasije, evidencia de ruido en bomba, caída en el consumo eléctrico de la bomba.					
				2	Motor eléctrico de bomba de proceso 1 apagado por sistema de protección eléctrico	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita					
				3	Motor eléctrico de bomba de agua limpia apagado por sistema de protección eléctrico	Alertas en tablero de control, activan elementos de protección eléctricos; Imposibilidad de trasvasijar a estanques. El tipo de falla es súbita					
				4	Obstrucción total en voluta de bomba agua limpia	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.					
				5	Obstrucción total en voluta de bomba agua de proceso 1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.					
		B	Bombeo de agua a R5 supera tiempos estimados de operación	1	Deterioro de sellos bomba agua limpia	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, filtraciones de agua sin mayor impacto al personal o ambiente					
				2	Deterioro de sellos bomba agua de proceso 1	Mayor tiempo en operaciones de trasvasije, presencia de ruido, alteraciones en consumo eléctrico de la bomba.					

Hoja de Información RCM	SISTEMA	Preparación de Lechada de Cal		Sistema N°5	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
	SUBSISTEMA	Almacenamiento de Cal y Preparación de Lechada		Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
FUNCIÓN		Falla Funcional	Modo de Falla	EFECTO DE FALLA			
4	Agitar mezcla de agua y cal al interior del reactor n°5 en un tiempo promedio de 20 min para preparar 15 a 20 ton de lechada de cal	A Incapacidad de realizar agitación	1 Agitador R5 presenta ruido excesivo en su giro	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada del aceite del reductor.			
5	Contener lechada de cal al interior de reactor n°5	A Pérdida de contención en R5	1 Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R5	Presencia de ruido en proceso de agitación, consumo eléctrico supera corriente nominal, activación de sistemas de protección eléctricos del motor del agitador, degradación acelerada de ruedas dentadas.			
			2 Pérdida de contención por desgaste de sellos de R5	Imposibilidad de realizar trasvasaje, liberación de lechada de cal en grandes cantidades, daños moderados al personal e instalaciones. Patrón de falla por desgaste predecible.			
				Filtraciones visibles de lechada de cal, presencia de fugas en uniones.			

ANEXO J

**BASE DE DATOS HOJA DE
DECISIÓN RCM**

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento de Ácidos					Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1				
SUBSISTEMA		Almacenamiento de Ácido y Carga Reactor 1					Subsistema N°1		Auditor:	Fecha	de 2				
F		FF		FM		Evaluación de Consecuencias			H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acciones a Falta de	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
						H	S	E							
Piping y Válvulas Tratamiento de Ácidos 2"															
1	A	1	N	N	S	N	N	N	N	N	N		Modo de Falla poco creible de suscitarse, sin mantenimiento para este tipo de fallas.		
1	A	2	N	S	S	N	N	N	N	S			Durante la descarga de camiones se debe realizar un chequeo visual de uniones, válvulas y acoples camlock en el proceso, en búsqueda de filtraciones y desgaste notorio de elementos. Lo mismo se debe hacer para el proceso de carga de reactores, y se deberán reemplazar los elementos que presenten filtraciones y alto nivel de desgaste, de ser necesario.	Mensual	Mecánico
1	A	3	N	N	S	N	N	N	N	S			Chequear el cierre correcto de válvulas en la descarga de estanques de ácido sulfúrico, asegurándose que la línea queda completamente cerrada.	Semanal	Operador
1	A	4	N	N	S	N	N	N	N	N			Evaluación de la costo-eficacia de un rediseño del procedimiento de succión de estanques de almacenamiento, el que puede contemplar la limpieza periódica de la borra de estanques.	Semanal	Operador
1	A	5	N	N	S	N	N	N	N	S			Los operadores deben informar a mantención cualquier tipo de filtraciones o problemas en el cierre y abertura de válvulas que ocurra durante la operación diaria.	Semanal	Operador
Bomba Acido Sulfúrico															
2	A	1	N	N	S	N	N	N	N	N			Modo de Falla poco creible de suscitarse por ser un material reforzado de teflón, sin mantenimiento para esta falla.		
2	A	2	N	N	S	S							Realizar lecturas del motores eléctrico, anotando el consumo eléctrico actual del motor y su potencia consumida, utilizando tester de tenaza y equipo de protección adecuado. Si no está dentro del 10% del consumo de placa de placa, revise el calibre del alambrado y el largo hasta el panel de la bomba, de persistir la alteración llevar bomba a taller para mantenimiento.	Semestral	Eléctrico
2	B	1	N	N	S	N	S						Desmontaje de bomba para analizar estado de desgaste del impulsor, canalización y conexión del motor eléctrico, estado de válvulas de carga y descarga, estado de sello y limpieza general.	Semestral	Mecánico y Eléctrico
2	B	2	N	S	N	N	N	N	N	S			Chequeo de posibles fugas en sello mecánico (chequeo de sello mecánico curling), con bomba en operación.	Semanalmente	Operador
2	B	3	S	N	N	N	N	N	N	N			Modo de Falla poco creible de suscitarse, sin mantenimiento para este tipo de fallas.		
Bombas de Diafragma FQ															
3	A	1	N	N	S	N	N	N	N	N			El modo de falla esta cubierto por un mantenimiento externo que asegura disponibilidad de bomba en menos de 24 hrs.	A la Falla	Alfa Delta
3	A	2	N	N	S	N	S						Se debe realizar una calibración periódica de manómetros de los estanques acumuladores, junto con una inspección visual del estado del acumulador y sus uniones.	Anualmente	Mecánico
3	A	3	N	N	S	N	N	N	N	N			Sin mantenimiento programado para este modo de falla.		
3	B	1	N	N	S	N	N	N	N	S			Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Puska por parte de la empresa externa. Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Atlas Copco por parte de la empresa externa. Rediseño en la línea neumática de la planta, para incorporar "Trampas de Agua" en la alimentación a bombas, con el fin de aumentar su disponibilidad y confiabilidad.	Anualmente	Atlas Copco
														Anualmente	Atlas Copco

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA Tratamiento de Ácidos										Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
SUBSISTEMA		Almacenamiento de Ácido y Carga Reactor 1										Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias				H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O2 O3 N1 N2 N3			Acciones a Falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
F FF FM H H S E O		H4 H5 S4													
4 A 1		N S S N				N N N			N N S			Rediseño Operacional para extender la vida útil de los estanques. Llenar estanques solo hasta un 70% de su capacidad total y realizar una limpieza de borra cuando la inspección visual del estanque lo indique.			
4 A 2		N S S N				N N N			N N S				Revisión periódica de tapas y juntas de estanques, verificar estado de corrosión en las uniones y sellos.	Semestral	Mecánico
5 A 1		S N S N				N N S						Adjuntar ficha de mantenimiento de calibración del sistema de pesaje del reactor 1 y 5, a carpeta de mantenimientos realizados en físico-químico	Anual	Precision	
5 A 2		S N S N				N N S									

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos										Facilitador:		Fecha	Hoja N°1	
		SUBSISTEMA		Inertizado de Ácidos										Auditor:		Fecha	de 3	
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias					H1	H2	H3	Acciones a Falta de			Tarea Propuesta			Intervalo Inicial	A realizarse por	
		F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4						H5
Piping y Válvulas Lechada de Cal FQ																		
1	A	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	El operador deberá lavar las líneas de cal después de haber sido usadas, utilizando la bomba de agua limpia, esto evitará que se produzcan obstrucciones en la línea (frecuencia de obstrucción actual: cada 2 meses)	Semanal	Operator
1	A	2	N	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	Sin mantenimiento programado para la rotura de las líneas de cal. Evento poco probable.		
1	A	3	N	N	N	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	Inspección visual de uniones, válvulas y acoples en busca de posibles filtraciones de elementos.	Semanal	Operator
																Rediseño: Incorporar válvulas de teflón en línea de lechada (3 válvulas), para disminuir la frecuencia de sustitución e inspección. (*si se implementa)	Semestral*	
Bomba Tornillo R5																		
2	A	1	N	N	N	S	N	S	N	N	S					Se debe revisar la canalización del motor eléctrico y su conexión al momento en que se realiza mantenimiento.	Anual	Mecánico
2	A	2	N	N	N	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	Se debe retirar la bomba del servicio para verificar el correcto estado de rodamientos, tolerancia estator-rotor, limpiar todas las piezas y renovar el engrase.	Anual	Mecánico
2	B	1	N	S	S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.	Semanal	Operator
Reactor N°1																		
3	A	1	N	N	N	S	N	S	N	N	S					Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, estado del eje y paletas, verificación de retenes, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador, revisar canalización y conexión. En caso de encontrarse deteriorado el buje del sistema centrador este se debe reemplazar por uno nuevo. Se debe chequear el estado en el que se encuentran los baffles del reactor y planificar su reemplazo en caso de ser necesario. Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento.	Cada 4 meses Cada 4 meses Cada 4 meses Cada 4 meses	Mecánico Mecánico Mecánico Mecánico
3	A	2	N	S	S	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	Chequear el estado de calibración del termómetro y reemplazar de ser necesario.	Anual	Mecánico
4	A	1	N	S	S	S	S	S	S							Realizar medición de espesor del estanque, intervención estructural en el caso que el espesor medido sea menor al espesor mínimo según norma API 653. Al concluir la medición realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque, deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Cada 4 meses	Mecánico
4	A	2	N	S	S	S	N	N	N	N	N	S	S	S	S	Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga	Semanal	Operator
4	B	1	N	N	N	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	Si en la inspección de válvulas de carga y descarga se advierte dificultades en el cierre y abertura se debe planificar el cambio de la válvula de muestra banjo, el operador debe informar sobre su mal funcionamiento.	Semanal	Operator
4	B	2	N	N	N	S	N	S	N	N	S					Se debe realizar una calibración del medidor de ph periódicamente por parte del operador.	Mensual	Operator

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento de Ácidos										Sistema N°1	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2
	SUBSISTEMA		Inertizado de Ácidos										Subsistema N°2	Auditor:	Fecha	de 3
	Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acciones a Falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por		
F		FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
5	A	1	N	S	S	S	N	S					Revisar tensión y desgaste de las correas para programar su posible cambio si fuere necesario, revisar el estado de rodamientos verificando que presente buena rodadura y engrase, que no exista desgaste. En caso de reemplazo de estos, deben ser rodamientos de bola a rotula, autoalineantes, tipo 1216 K, marca FAG, con cono para eje de diámetro 45 mm, y deben ser engrasados con grasa Grado 2.	Trimestral	Mecánico	
5	A	2	N	S	S	S	N	S					Inspección visual de lavadores 1 y 2, verificando estado de la estructura de fibra, serpentín, aspersores, estructura metálica, estado de la goma esponja y estado de los rellenos de polipropileno existentes al interior del equipo.	Mensual	Mecánico	
													El filtro de agua se debe limpiar una vez a la semana, de modo de sacar del canastillo toda impureza acarreada por el flujo de agua Se debe revisar e ir vaciando el estanque (ubicado debajo del lavador) periódicamente, de esta forma se limpiará todo el polvo acumulado, del mismo modo se debe determinar el grado de acidez del agua en dicho período y de esta forma determinar el tiempo de reposición del agua del sistema	Semanal	Mantenedor	
													Rediseño: Sustituir aspersores actuales por Aspersores tipo Spiral Jet conexión 3/8 ángulo de ataque 120° cono lleno, para una correcta aspersión del sistema.	Mensual	Mantenedor	
5	A	3	N	S	S	S	N	S					Sustituir carbón activado de filtro y verificar el correcto funcionamiento del calentador de gases.	Semestral	Mecánico	
5	A	4	N	N	S	N	N	N	S				Realizar lectura de termómetros anotando los valores en la hoja de trabajo.	Mensual	Mantenedor	
5	A	5	N	N	N	S	N	N	S				Revisar el estado de las tuberías (que no se presenten fugas), lubricación de ls motores de las bombas recirculadoras y un chequeo de la corriente de consumo del motor.	Mensual	Mecánico	
5	A	6	N	S	S	N	N	N	S				Se debe realizar una inspección visual del sistema de ductos y campanas, verificando el estado de uniones, sellos, soportación y chimenea.	Trimestral	Mantenedor	
													Realizar una inspección de las conexiones eléctricas al interior del tablero, al igual que se debe revisar el estado de las luces piloto, sellos, estado general, soportación, etc.	Trimestral	Eléctrico	
Piping y Válvulas Suministro de Agua FQ																
7	A	1	N	N	N	S	N	N	N	N			Sin mantenimiento para este modo de falla.			
7	A	2	N	N	S	S	N	N	N	S			Al momento de realizar mantenimiento a las bombas de agua se debe realizar una inspección al piping de suministro de agua en busca de filtraciones y señales de desgaste.	Semestral	Mecánico	
7	A	3	N	N	N	S	N	N	N	S			Se debe realizar una limpieza a las válvulas de suministro de agua (5 válvulas), lavándolas en detergente desincrustante de óxido, para eliminar el sarro. Rediseño: Incorporar válvulas de teflón en línea de agua (5 válvulas), para disminuir la frecuencia de sustitución e inspección. (*si se implementa)	Mensual	Mantenedor	
														Semestral*		

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA		Tratamiento de Ácidos										Sistema N°1		Facilitador:		Fecha		Hoja N°0			
		SUBSISTEMA		Inertizado de Ácidos										Subsistema N°2		Auditor:		Fecha		de 3			
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias						H1	H2	H3	Acciones a Falta de			Tarea Propuesta						Intervalo Inicial		A realizarse por	
		F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5										
Bomba Agua de Procesos N°1																							
8	A	1	N	N	N	S	N	S									Semestral		Mecánico				
8	A	2	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
8	B	1	N	N	S	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
8	B	3	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
8	B	5	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
Bomba Agua Limpia																							
8	A	3	N	N	N	S	N	S		S							Semestral		Mecánico y Eléctrico				
8	A	4	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico y Eléctrico				
8	B	2	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico y Eléctrico				
8	B	4	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
8	B	6	N	N	N	S	N	S	N	N	S						Semestral		Mecánico				
Observación: Esta bomba actualmente se encuentra fuera de servicio esperando un repuesto, este repuesto debe seguir el plan de mantención que se indicó.																							

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento de Ácidos					Sistema N°1		Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA		Descarga de Material Inertizado					Subsistema N°3		Auditor:	Fecha	de 2
Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias		H1 S1 O1 N1		H2 S2 O2 N2		H3 S3 O3 N3		Acciones a Falta de		Intervalo Inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4	
Piping y Válvulas Tratamiento de Ácidos 4"												
1	A	1	N	N	S	S	N	N	N	N		
1	A	2	N	S	S	S	N	N	N	S		
1	A	3	N	N	S	S	N	N	N	S		
Bomba Centrífuga Reactor 1												
2	A	1	N	N	S	S	N	N	N	S		
2	A	2	N	N	S	S						
2	B	1	N	S	S	S	N	N	S			
2	B	2	N	N	S	S	N	N	N	S		
2	B	3	N	N	S	S	N	N	N	S		
Bomba Tornillo Reactor 1												
3	A	1	N	N	S	S	N	N	N	S		
3	A	2	N	N	S	S	N	N	N	S		
3	B	1	N	S	S	S	N	N	N	S		
3	A	5	N	N	S	S	N	N	N	N		
Bomba Tornillo Reactores 6 y 7												
4	A	2	N	N	S	S	N	N	N	S		
4	A	3	N	N	S	S	N	N	N	S		
4	B	2	N	S	S	S	N	N	N	S		

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA Tratamiento de Ácidos										Facilitador:		Fecha	Hoja N°2
SUBSISTEMA		Descarga de Material Inertizado										Auditor:		Fecha	de 2
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias					H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acciones a Falta de		Intervalo Inicial	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5			S4	
Reactor N°6															
5	A	1	N	S	S	S	S						Semestral	Mecánico	
5	A	2	N	S	S	S	N	N	N	S			Semanal	Operador	
6	A	1	N	N	N	S	N	S					Semestral	Mecánico	
6	A	2	N	N	N	S	N	N	N	S			Semestral	Mecánico	
Reactor N°7															
5	A	3	N	S	S	S	S						Semestral	Mecánico	
5	A	4	N	S	S	S	N	N	N	S			Semanal	Operador	
6	A	3	N	N	N	S	N	S					Semestral	Mecánico	
6	A	4	N	N	N	S	N	N	N	S			Semestral	Mecánico	

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA										Tratamiento de Ácidos		Facilitador:	Fecha	Hoja N°1		
		SUBSISTEMA										Inertizado de Ácidos Óxido-Reducción					Sistema N°1	Fecha
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias					Acciones a Falta de					Tarea Propuesta				Intervalo Inicial	A realizarse por	
		F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3							H4
5		A	1	N	N	N	S	S	N	S	N	S				Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador	Semestral	Mecánico
5		A	2	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de retenes, revisar canalización y conexión del motor eléctrico, y chequear soporte estructural del motor eléctrico.	Semestral	Mecánico
6		A	1	N	S	S	S	S	S							Realizar medición de espesor del estanque, intervención estructural en el caso que el espesor medido sea menor al espesor mínimo según norma API 653. Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Semestral	Mecánico
6		A	2	N	S	S	S	S	N	S	N	N	S			Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga. Si en la inspección de válvulas de carga y descarga se advierte dificultades en el cierre y abertura se debe planificar el cambio de la válvula de muestra banjo, el operador debe informar sobre su mal estado.	Semestral	Mecánico
5		A	3	N	N	N	S	S	N	S	N	S				Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador	Semestral	Mecánico
5		A	4	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de retenes, revisar canalización y conexión del motor eléctrico, y chequear soporte estructural del motor eléctrico.	Semestral	Mecánico
6		A	3	N	S	S	S	S	S							Realizar medición de espesor del estanque, intervención estructural en el caso que el espesor medido sea menor al espesor mínimo según norma API 653. Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Semestral	Mecánico
6		A	4	N	S	S	S	S	N	S	N	N	S			Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga. Si en la inspección de válvulas de carga y descarga se advierte dificultades en el cierre y abertura se debe planificar el cambio de la válvula de muestra banjo, el operador debe informar sobre su mal estado.	Semestral	Mecánico
7		A	1	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador	Anual	Mecánico
7		A	2	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de retenes, revisar canalización y conexión del motor eléctrico, y chequear soporte estructural del motor eléctrico.	Anual	Mecánico
8		A	1	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación	Cada 2 años	Mecánico
8		A	2	N	N	N	S	S	N	S	N	N	S			Revisar el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga. Si en la inspección de válvulas de carga y descarga se advierte dificultades en el cierre y abertura se debe planificar el	Semanal	Operario

[illegible]

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA										Tratamiento de Aceites										Sistema N°3		Facilitador:		Fecha		Hoja N°1							
		SUBSISTEMA										Carga de Aceites a Estanques										Subsistema N°1		Auditor:		Fecha		de 1							
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias						H1		H2		H3		Acciones a Falta de				Tarea Propuesta										Intervalo Inicial		A realizarse por					
		F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	O2	S2	N3	O3	H4	H5	S4																		
Piping y Válvulas Blending																																			
1	A	1		N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	S				Se debe realizar una limpieza de los maceradores ubicados en la sala de bombas blending, verificar su estado de lubricación y funcionamiento, para evitar obstrucciones en la línea.										Semestral		Mecánico					
1	A	2		N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	S				Verificar el estado de cierre/abertura de las válvulas de la sala bombas, estado de limpieza y deterioros en el piping. Cualquier evidencia de deterioro se debe ser informada a mantención.										Semanal		Operador					
Bombas de Diafragma PB																																			
2	A	1		N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N				Rediseño en la línea neumática de la planta, para incorporar "Trampas de Agua" en la alimentación a bombas, con el fin de aumentar su disponibilidad y confiabilidad, para este tipo de fallas.																	
2	A	2		N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N				El modo de falla esta cubierto por un mantenimiento externo que asegura disponibilidad de bomba en menos de 24 hrs.										A la Falla		Alfa Delta					
2	A	3		N	N	N	S	N	N	S								Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Puska por parte de la empresa externa.										Anual		Atlas Copco					
																		Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Atlas Copco por parte de la empresa externa.										Anual		Atlas Copco					
2	B	1		N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N				Sin mantenimiento para este modo de falla.																	
2	B	2		N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	S				Sin mantenimiento para este modo de falla, diseño de la línea permite alimentar a las diferentes plantas.																	
Bomba Tornillo N°2																																			
3	A	1		N	N	N	S	N	N	S	N	S						Se debe retirar la bomba del servicio para verificar el correcto estado de rodamientos, tolerancia estator-rotor, limpiar todas las piezas y renovar el engrase.										Anual		Mecánico y Eléctrico					
3	A	2		N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	S				Se debe revisar la canalización del motor eléctrico y su conexión al momento en que se realiza mantenimiento.										Anual		Mecánico y Eléctrico					
3	A	3		N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	S				Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.										Semanal		Operador					
3	B	1		N	S	S	N	N	S	S	N	N	N	S																					
3	B	2		N	N	N	S	N	N	S	N	N	N	N				Sin mantenimiento para este modo de falla.																	
Volteador PB																																			
																		Se debe realizar una inspección del nivel de aceite del motoreductor del agitador, estado de sellos, canalización y conexión del motor.										Anual		Mecánico					
																		Se debe realizar una limpieza general del volteador y verificar el estado del piping.										Anual		Mecánico					

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA		Tratamiento de Aceites										Facilitador:		Fecha		Hoja N°1									
		SUBSISTEMA		Almacenamiento de Aceites y Preparación de CAL										Sistema N°3		Auditor:		de 2									
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias				H1		H2		H3		Acciones a Falta de		Tarea Propuesta				Intervalo Inicial		A realizarse por							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4															
Estanque PB N°1																											
1	A	2	N	S	S	N	N	N	N	N	S	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						Semanal		Operador							
1	A	3	N	S	S	S	N	S				Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.						Cada 2 años		Mecánico							
2	A	1	S	S	N	N	N	N	N	N	S	Sin mantenimiento para este modo de falla.															
Estanque PB N°2																											
1	A	4	N	S	S	N	N	N	N	N	S	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						Semanal		Operador							
1	A	5	N	S	S	S	N	S				Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.						Cada 2 años		Mecánico							
2	A	2	S	S	N	N	N	N	N	N	S	Sin mantenimiento para este modo de falla.															
Estanque PB N°3																											
1	A	6	N	S	S	N	N	N	N	N	S	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						Semanal		Operador							
1	A	7	N	S	S	S	N	S				Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.						Cada 2 años		Mecánico							
3	A	2	N	N	N	S	N	S				Chequear nivel de aceite del reductor, verificación de retenes, verificación de acople de reductor a eje agitador, verificar que no haya presencia de ruido excesivo, verificar canalización y conexión del motor.						Anual		Mecánico							
2	A	3	S	S	N	N	N	N				Sin mantenimiento para este modo de falla.															
Estanque PB N°4																											
1	A	8	N	S	S	N	N	N	N	N	S	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						Semanal		Operador							
1	A	9	N	S	S	S	N	S				Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.						Cada 2 años		Mecánico							
3	A	3	N	N	N	S	N	N	N	N	S	Chequear nivel de aceite de reductores, verificación de retenes, verificación de acople de reductor a eje agitador, verificar que no haya presencia de ruido excesivo, verificar canalización y conexión del motor.						Anual		Mecánico							
2	A	4	S	S	N	N	N	N	N	N	S	Sin mantenimiento para este modo de falla.															

Hoja de Decisión RCM		SISTEMA				Tratamiento de Aceites				Sistema N°3		Facilitador:		Fecha		Hoja N°2							
		SUBSISTEMA				Almacenamiento de Aceites y Preparación de CAL						Subsistema N°2		Auditor:		Fecha		de 2					
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias				Acciones a Falta de				Tarea Propuesta													
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	H2	S2	O2	H3	S3	O3	N3	H4	H5	S4	Intervalo Inicial		A realizarse por		
Estanque PB N°5																			Semanal		Operador		
1	A	10	N	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S							
1	A	11	N	S	S	S	N	S	N	S	N	N	N	N	N	S							
3	A	5	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S							
3	A	6	N	N	N	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S							
																				Cada 2 años		Mecánico	
2	A	5	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S							
Sistema de Tratamiento de Gases PB																			Semestral		Mecánico		
2	B	1	N	S	S	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S							
2	B	2	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S			Semestral		Mecánico		

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento en Bateas de Inertización				Sistema N°2		Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA		Carga de Material a Bateas				Subsistema N°2		Auditor:	Fecha	de 1
Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias			H1 H2 H3			Acciones a Falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial
	F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	
2	A	1		N	N	S		N	N	S	
2	A	2		N	N	S		N	N	N	
2	A	3		N	N	S		N	N	S	
Piping y Válvulas Suministro de Agua a Bateas											
Se debe realizar una inspección verificando el estado de válvulas y uniones de la línea de agua a bateas, e informar en caso de cualquier presencia de desgaste o rotura de los elementos de la línea.											
Sin mantenimiento para este modo de falla.											
Sin mantenimiento para este modo de falla.											
Chipiadora											
1	B	1		N	N	S		N	N	S	
1	B	2		N	N	S		N	N	S	
Revisar el nivel de aceite del motorreductor de la caja hidráulica, verificar estado del filtro de aceite, chequear presencia de fugas, estado de mangueras, estado de manómetro y presostato.											
Chequear nivel de aceite de caja reductora y de ruidos anómalos, chequear el nivel de aceite de descanso de tornillos, revisión de rodamientos y engranajes de tornillos. Medición del consumo de motores eléctricos de la máquina.											
1	B	3		N	N	S		N	N	S	
Operador debe informar sobre ruidos anómalos durante la operación de la máquina.											
Compactadora de Aerosoles											
1	B	3		N	N	S		N	N	S	
Realizar una limpieza de ductos, revisión de válvulas y mangueras neumáticas, inspeccionar pulmón y verificar si es necesario un recambio.											
Compactadora de Tambores											
1	B	4		N	N	S		N	N	S	
1	B	5		N	N	S		N	N	S	
1	B	6		N	N	S		N	N	S	
Revisar el nivel de aceite del motorreductor de la caja hidráulica, verificar estado del filtro de aceite, chequear presencia de fugas, estado de mangueras, estado de manómetro y presostato.											
Lubricar guías del carro móvil, chequear finales de carrera del carro, lubricar descansos elevador de tambores, así como piñones, cadenas y poleas del carro.											
Operador debe informar sobre la presencia de ruidos anómalos en la operación de la compactadora.											
Trituradora de Tubos Fluorescentes											
1	B	8		N	N	S		N	N	S	
Realizar una limpieza general, revisar las conexiones del motor y estado de rodamientos.											

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento en Bateas de Inertización										Sistema N°2	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1		
	SUBSISTEMA		Inertizado de Material y Descarga a Camiones										Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2		
	Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias						H1	H2	H3	Acciones a Falta de		Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por			
F		FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5				S4		
Batea N°1																Recuperación de soldaduras de planchas metálicas, recuperación de albañilería y reparación del piping, recuperación de cortinas de PVC.	Semestral	Mecánico
4	A	1	S	N	S	N	N	S										
4	A	2	S	N	S	N	N	N	N	N	S							
Batea N°2																Recuperación de soldaduras de planchas metálicas, recuperación de albañilería y reparación del piping, recuperación de cortinas de PVC.	Semestral	Mecánico
4	A	3	S	N	S	N	N	S										
4	A	4	S	N	S	N	N	N	N	N	S							
Silo de Cal IN																Rediseño: Evaluar otro sistema para evitar la compactación de cal, ya que el elemento que protege al soplador facilita que la cal se compacte, como por ejemplo sistema vibrador, golpe mecánico o modificaciones en la operación del silo.		
6	A	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N						
6	A	3	N	N	N	S	N	N	N	N	S							
6	A	5	N	N	N	S	N	N	S							Limpieza cajón de filtros, verificar estado de mangas y cambio de ser necesario	Anual	Mecánico
Silo de Cemento IN																Rediseño: Evaluar otro sistema para evitar la compactación de cal, ya que el elemento que protege al soplador facilita que la cal se compacte, como por ejemplo sistema vibrador, golpe mecánico o modificaciones en la operación del silo.		
6	A	2	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N						
6	A	4	N	N	N	S	N	N	N	N	S							
6	A	6	N	N	N	S	N	N	N	N	S					Limpieza cajón de filtros, verificar estado de mangas y cambio de ser necesario	Anual	Mecánico

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Tratamiento en Bateas de Inertización										Sistema N°2	Facilitador:	Fecha	Hoja N°2	
	SUBSISTEMA		Inertizado de Material y Descarga a Camiones										Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 2	
	Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias					H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones a Falta de		Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por			
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5				S4		
Inertizadora																	
6	A	7	N	N	N	S	N	N	N	S					Verificación del funcionamiento del pistón chapaleta de alimentación, limpieza de residuos que bloqueen su apertura	Diario	Operador
6	A	8	N	N	N	S	N	N	N	S					Verificar apertura y cierre de válvula de carga de agua industrial, descarga de agua industrial y descarga de estanque cemento y cal.	Semanal	Mecánico
6	A	9	S	N	N	S	N	N	N	S					Lubricación de rodamientos y polines de giro mezclador, engrasar soportes de extremos del árbol, chequear nivel de aceite motoreductor capacho, desincrustar restos de material adheridos a las palas y verificar estado de calavera cardán mezclador.	Semanal	Mecánico
6	A	10	S	N	N	S	N	N	N	S					Cambiar aceite de motoreductor capacho	Anual	Mantenedor
6	A	11	N	N	N	S	N	N	N	S					Inspección de válvulas de control neumática, líneas y conexiones neumáticas, mangueras y conexiones hidráulicas. Reemplazar, regular o reparar según el estado de funcionamiento.	Diario	Operador
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N	S					Verificar el estado de desgaste y tensión del cable acero/polea, chequear funcionamiento de cadena/piñones elevador de capacho y engrasar de ser necesario.	Semanal	Mecánico
7	A	2	N	N	N	S	N	N	N	S					Regular funcionamiento de freno-motor grúa puente	Semanal	Mecánico
7	A	3	N	N	N	N	N	N	N	S					Verificar nivel de aceite motoreductor Elevador de Capacho, lubricar e inspeccionar cojinetes de guía carro	Semanal	Mecánico
7	A	4	N	N	N	N	N	N	N	S					Lubricar tambor trasero y delantero de cinta transportadora, inspección de polines planear reemplazo de aquellos que no giren, ajustar cuchillas de los rascadores que presenten desgaste	Anual	Mecánico
6	B	1	N	N	N	N	N	N	N	S					Adjuntar ficha de mantenimiento de calibración del sistema de pesaje Inertizadora, a realizarse por la empresa PRECISION	Anual	Mecánico
6	B	2	N	N	N	N	N	N	N	S							

SISTEMA		Suministro de Agua para Procesos						Facilitador:		Fecha	Hoja N°1	
SUBSISTEMA		Recirculación de agua de procesos						Auditor:		Fecha	de 1	
Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acciones a Falta de	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
	F	FF	FM	H	S	E	O					H4
Decanter N°2										Observación: Este equipo actualmente se encuentra fuera de servicio por lo que estas actividades se deben realizar en un Verificación del estado y tensión de correas, estado de la estructura soporte del decanter, estado y tensión de la cadena del tornillo, verificación del estado del sinfín, verificación de canalización de bomba de traspaso, conexión bombas de traspaso, analizar desgaste del tornillo para programar su reparación, analizar su existe un nivel anómalo de vibración en el decanter	Anual	Mecánico
1	A	1	N	S	N	N	N	S				
1	A	2	N	N	N	S	N	S				
1	A	3	N	N	N	S	N	S			Trimestral	Mecánico
2	A	1	N	N	N	S	N	S				
2	A	2	N	S	N	N	N	S				
2	A	3	N	N	N	S	N	S				
Filtro Prensa												
4	A	1	N	N	N	S	N	S		Anual	Mecánico	
4	A	2	N	N	N	S	N	S				
4	A	3	N	S	N	S	N	S		Trimestral	Mecánico	
2	A	4	N	N	N	S	N	S				
2	A	5	N	S	N	S	N	S				
2	A	6	N	N	N	N	N	S				
Bomba Abel												
4	A	4	N	S	N	S	N	S		Anual	Mecánico	
4	A	5	N	N	N	S	N	S				
Bombas Centrifugas Móviles												
5	A	1	N	N	S	N	N	S		Anual	Mecánico	
5	A	2	N	N	S	N	N	S		Anual	Mecánico	
Bomba de Lixiviado												
6	A	1	N	N	S	N	S			Anual	Mecánico	
6	A	2	N	N	S	N	N	S		Anual	Mecánico	

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Suministro de Agua para Procesos										Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA		Almacenamiento de Agua de Procesos												
	SUBSISTEMA		Almacenamiento de Agua de Procesos										Subsistema N°2	Auditor:	Fecha
Referencia de Información		Evaluación de Consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Acciones a Falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5				S4
Estanque de Agua Limpia (Nº3)															
1	A	1	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	2	N	S	N	S	N	N	N	S					
1	A	3	N	N	N	S	N	N	N	S					
Estanque Agua de Procesos 1 (Nº2)															
1	A	4	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	5	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	6	N	N	N	S	N	N	N	S					
Estanque Agua de Procesos 2 (Nº4)															
1	A	7	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	8	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	9	N	N	N	S	N	N	N	S					
Estanque Principal de Agua															
1	A	10	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	11	N	S	S	S	N	N	N	S					
1	A	12	N	N	N	S	N	N	N	S					
Bomba Sumergible															
2	A	1	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N			
2	A	2	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N			
2	A	3	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N			
Se debe evaluar el reemplazo de la bomba sumergible periódicamente, de acuerdo a las condiciones de deterioro en las que se encuentre. Sin mantenimiento preventivo para este modo de falla Sin mantenimiento preventivo para este modo de falla												5 años	Mecánico		

Hoja de Decisión RCM	SISTEMA		Preparación de Lechada de Cal		Sistema N°5	Facilitador:	Fecha	Hoja N°1
	SUBSISTEMA		Almacenamiento de Cal y Preparación de Lechada		Subsistema N°1	Auditor:	Fecha	de 1
Referencia de Información	Evaluación de Consecuencias		H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
F FF FM	H	S	E	O	N1 N2 N3			
Silo de Cal FQ								
2 A 1	N	N	N	S	N	Realizar cambio de aceite del motoreductor de tornillo alimentador		
2 A 4	N	N	N	S	N	Verificar estado de sellos	Trimestral	Mecánico
2 B 3	N	N	N	S	N	Eliminar fugas de aire en silo, limpieza de cajón de filtros y mangas del filtro, verificar el estado de las mangas.	Trimestral	Mecánico
2 A 3	N	N	N	S	N	Verificar el estado de funcionamiento de los sopladores.	Trimestral	Mecánico
2 A 2	N	N	N	S	N	Sin mantenimiento para este modo de falla.		
Reactor N°5								
4 A 1	N	N	N	S	N	Verificación del nivel de aceite reductor del agitador, estado de retenes y revisión del acople del reductor al eje agitador.	Cada 4 Meses	Mecánico
4 A 2	N	N	N	S	N	Revisar el estado del eje y paletas, chequear estado del buje centrador, estado de la placa sacrificio, engrase de rodamientos del eje agitador, limpieza general del motoreductor y revisión de la canalización del motor eléctrico y su conexión.	Cada 4 Meses	Mecánico
5 A 1	N	S	S	S	S	Realizar medición de espesor del estanque, intervención estructural en el caso que el espesor medido sea menor al espesor mínimo según norma API 653. Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Cada 4 Meses	Mecánico
5 A 2	N	S	S	S	N	Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga.		

ANEXO K

Criterios de Índice de Criticidad AMFEC

Frecuencia de Falla			Consecuencias a la operación		
Muy Alta	Presenta Falla de 1 a 2 semanas o menos	6	Muy Alta	Parada de toda la planta, incumplimiento de contratos, pérdidas irreversibles por incapacidad de tratar residuos	4
Alta	Presenta Falla cada 1 mes	5	Alta	Parada de una línea de tratamiento, acumulación en stock; pérdidas por ineficiencia y presión sobre operaciones	3
Moderada	Presenta Falla cada 3 a 4 meses	4	Moderada	Impacto importante en la calidad de tratamiento (ej. pérdidas considerables de tiempo), abuso de recursos, aumento de costos operacionales, indisponibilidad de equipos	2
Baja	Presenta Falla cada 6 meses a 1 año	2	Baja	Genera un impacto menor en las operaciones de tratamiento, pequeñas detenciones e intervenciones permiten continuidad	1
Muy Baja	Presenta falla cada 1 año o más	1			
Consecuencia a las personas y su seguridad			Costo de reparación		
Muy Alta	Una o más fatalidades; lesionados graves con daños irreversibles; incapacidad parcial o total permanentes	4	Muy Complejo	Fabricación de piezas especiales a empresas externas y mano de obra especializada externa; operaciones de levante y desmontaje complejas afectan otros tratamientos	4
Alta	Hospitalización; múltiples lesionados, incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud	3	Alto	Cotización de repuestos en el mercado, reparación con mano de obra interna, operaciones de desmontaje, reparación y mediciones complejas	3
Moderada	Atención Médica; lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles.	2	Moderado	Cotización de repuestos en mercado y reparación con mano de obra interna; operaciones de desmontaje simples	2
Baja	Sin lesiones; primeros auxilios	1	Bajo	Disponibilidad de repuestos en bodega y reparación con mano de obra interna; sin necesidad de operaciones de desmontaje y levante	1
Consecuencia al medio ambiente y responsabilidad legal			Detectabilidad		
Alta	Gran volumen de contaminación atmosférica y/o terrestre alertando a empresas aledañas, con consecuencias legales significativas y reacción de grupos ambientalistas	4	Totalmente incierta	No existen parámetros de control y la falla no genera efectos de ruido, olores ni visuales	4
Moderada	Derrame significativo en tierra o emisiones a la atmósfera, alertando a trabajadores. Efecto Local, bajo potencial para provocar la muerte de fauna	3	Baja	No existen parámetros de control, pero la falla genera efectos visuales, ruido u olores detectables por el personal con la necesidad de una inspección rigurosa	3
Baja	Derrames y/o descarga dentro de los límites de reporte; contingencia controlable	2	Moderada	No existen parámetros de control, pero la falla genera efectos visuales, ruido u olores detectables por el personal sin necesidad de inspección rigurosa	2
Nula	No provoca ningún tipo de daño al medio ambiente	1	Alta	Disponibilidad de equipos de control permiten detectar fallas de equipos y anomalías en el rango de funcionamiento	1

**ANEXO L PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN RIESGO HIDRONOR,
PLANTA PUDAHUEL**

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 1		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semanal	Equipo	Piping y Válvulas Tratamiento de Ácidos 2"	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Válvulas y uniones						
Semanal	Acción	Chequear el cierre correcto de válvulas en la descarga de estanques de ácido sulfúrico, asegurándose que la línea queda completamente cerrada.	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Bomba Ácido Sulfúrico						
Semanal	Acción	Sello Mecánico	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Chequeo de posibles fugas en sello mecánico (chequeo de sello mecánico curling), con bomba en operación.						
Semanal	Equipo	Piping y Válvulas Lechada de Cal FQ	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Línea de Cal						
Semanal	Acción	El operador deberá lavar las líneas de cal después de haber sido usadas, utilizando la bomba de agua limpia, esto evitará que se produzcan obstrucciones en la línea.	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Piping y Válvulas Lechada de Cal FQ						
Semanal	Acción	Válvulas y uniones	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Inspección visual de uniones, válvulas y acoples en busca de posibles filtraciones de elementos.						
Semanal	Equipo	Reactor Nº1	Operador	No	No	< 30 min		Reactores
	Componente	Empaquetaduras y Válvulas						
Semanal	Acción	Inspección visual de uniones, válvulas y acoples en busca de posibles filtraciones de elementos.	Operador	No	No	< 30 min		Reactores
	Componente	Reactor Nº1						
Semanal	Acción	Empaquetaduras y Válvulas	Operador	No	No	< 30 min		Reactores
	Componente	Si en la inspección de válvulas de carga y descarga se advierte dificultades en el cierre y abertura se debe planificar el cambio de la válvula de muestra banjo, el operador debe informar sobre su mal funcionamiento.						
Semanal	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mecánico	No	No	< 1hr		Gases
	Componente	Filtro de Agua						
Semanal	Acción	El filtro de agua se debe limpiar una vez a la semana, de modo de sacar del canastillo toda impureza acarreada por el flujo de agua.	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Piping y Válvulas Pulpa Inertizada 4"						
Semanal	Acción	Válvulas y uniones	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Se debe realizar una inspección en busca de posibles filtraciones en uniones, acoples, válvulas y sellos de la línea.						
Semanal	Equipo	Bomba Tornillo Reactor Nº1	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Sello Mecánico						
Semanal	Acción	Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Bomba Tornillo Reactor Nº 6 y 7						
Semanal	Acción	Sello Mecánico	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.						

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 2		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semanal	Equipo	Bomba Tornillo Reactor Nº 6 y 7	Operador	No	No	< 30 min		Bombas
	Componente	Sello Mecánico						
	Acción	Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.						
	Semanal	Equipo	Reactor Nº6	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Empaquetaduras y Válvulas						
	Acción	Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga.						
	Semanal	Equipo	Reactor Nº7	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Empaquetaduras y Válvulas						
	Acción	Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga.						
	Semanal	Equipo	Piping y Válvulas Blending	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Válvulas y uniones						
	Acción	Verificar el estado de cierre/abertura de las válvulas de la sala bombas, estado de limpieza y deterioros en el piping. Cualquier evidencia de deterioro se debe ser informada a mantención.						
	Semanal	Equipo	Bomba Tornillo Nº2	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Sello Mecánico						
	Acción	Realizar inspección visual en busca de fugas en el sello mecánico de la bomba, ruido y señales de obstrucción de la bombas, e informar en caso de ocurran a mantención para programar la intervención del equipo de ser necesario.						
	Semanal	Equipo	Estanque PB Nº1	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Juntas y Sellos de Tapas						
	Acción	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						
	Semanal	Equipo	Estanque PB Nº2	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Juntas y Sellos de Tapas						
	Acción	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						
	Semanal	Equipo	Estanque PB Nº3	Operador	No	No	< 30 min	
Componente		Juntas y Sellos de Tapas						
	Acción	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 3		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semanal	Equipo	Estanque PB Nº4	Operador	No	No	< 30 min		Estanques
	Componente	Juntas y Sellos de Tapas						
	Acción	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						
Semanal	Equipo	Estanque PB Nº5	Operador	No	No	< 30 min		Estanques
	Componente	Juntas y Sellos de Tapas						
	Acción	Al momento de realizar un trasvasije al estanque se debe realizar una inspección visual a las juntas y sellos de tapas del estanque en busca de posibles filtraciones, se debe informar sobre anomalías a mantención.						
Semanal	Equipo	Piping y Válvulas Suministro de Agua a Bateas	Operador	No	No	< 30 min		Piping
	Componente	Válvulas y Uniones						
	Acción	Se debe realizar una inspección verificando el estado de válvulas y uniones de la línea de agua a bateas, e informar en caso de cualquier presencia de desgaste o rotura de los elementos de la línea.						
Mensual	Equipo	Piping y Válvulas Tratamiento de Ácidos 2"	Mecánico	No	No	< 1 hr		Piping
	Componente	Válvulas y Uniones						
	Acción	Durante la descarga de camiones se debe realizar un chequeo visual de uniones, válvulas y acoples camlock en el proceso, en búsqueda de filtraciones y desgaste notorio de elementos. Lo mismo se debe hacer para el proceso de carga de reactores, y se deberán reemplazar los elementos que presenten filtraciones y alto nivel de desgaste, de ser necesario.						
Mensual	Equipo	Medidor de PH	Operador	Si	No	< 1 hr		Reactores
	Componente	Medidor de PH						
	Acción	Se debe realizar una calibración del medidor de ph periódicamente por parte del operador.						
Mensual	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mecánico	Si	No	2 hr		Gases
	Componente	Lavadores 1 y 2						
	Acción	Inspección visual de lavadores 1 y 2, verificando estado de la estructura de fibra, serpentín, aspersores, estructura metálica, estado de la goma esponja y estado de los rellenos de polipropileno existentes al interior del equipo.						
Mensual	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mecánico	Si	No	5 hr		Gases
	Componente	Lavadores 1 y 2						
	Acción	Se debe revisar e ir vaciando el estanque (ubicado debajo del lavador) periódicamente, de esta forma se limpiará todo el polvo acumulado, del mismo modo se debe determinar el grado de acidez del agua en dicho periodo y de esta forma determinar el tiempo de reposición del agua del sistema						
Mensual	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mantenedor	No	No	< 30 min		Gases
	Componente	Condensador						
	Acción	Realizar lectura de termómetros anotando los valores en la hoja de trabajo.						

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 4		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Mensual	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mantenedor	No	No	< 1hr		Gases
	Componente	Bombas de recirculación						
	Acción	Revisar el estado de las tuberías (que no se presenten fugas), lubricación de ls motores de las bombas recirculadoras y un chequeo de la corriente de consumo del motor.						
Mensual	Equipo	Piping y Válvulas Suministro de Agua FQ	Mantenedor	Si	No	10 hr		Piping
	Componente	Válvulas						
	Acción	Se debe realizar una limpieza a las válvulas de suministro de agua (5 válvulas), lavándolas en detergente desincrustante de óxido, para eliminar el sarro.						
Mensual	Equipo	Compactadora de Aerosoles	Mecánico	Si	No	10 hr		Bateas
	Componente	Ductos y válvulas						
	Acción	Realizar una limpieza de ductos, revisión de válvulas y mangueras neumáticas, inspeccionar pulmón y verificar si es necesario un recambio.						
Trimestral	Equipo	Lavador de Gases FQ	Mecánico	SI	No	10 hr		Gases
	Componente	Extractor						
	Acción	Revisar tensión y desgaste de las correas para programar su posible cambio si fuere necesario, revisar el estado de rodamientos verificando que presente buena rodadura y engrase, que no exista desgaste. En caso de reemplazo de estos, deben ser rodamientos de bola a rotula, autoalineantes, tipo 1216 K, marca FAG, con cono para eje de diámetro 45 mm, y deben ser engrasados con grasa Grado 2.						
Trimestral	Equipo	Lavador de Gases FQ	Operador	No	No	< 1hr		Gases
	Componente	Ductos y Campanas						
	Acción	Se debe realizar una inspección visual del sistema de ductos y campanas, verificando el estado de unione, sellos, soportación y chimenea.						
Trimestral	Equipo	Lavador de Gases FQ	Eléctrico	Si	No	10 hr		Gases
	Componente	Tablero Eléctrico						
	Acción	Reailzar una inspección de las conexiones el{ectricas al interior del tablero, al igual que se debe revisar el estado de las luces piloto, sellos, estado general, soportación, etc.						
Trimestral	Equipo	Decanter N°2	Mecánico	No	No	10 hr		Filtros
	Componente	Reductores y contenedores de aceite						
	Acción	Verificar nivel de aceite del convertidor de torque y reductor del tornillo, revisión de juntas, verificar si hay presencia de fugas, determinar si hay fugas en bomba de aceite, anotar consumo eléctrico.						
Trimestral	Equipo	Filtro Prensa	Mantenedor	No	No	10 hr		Filtros
	Componente	Unidad Hidráulica y Guía de Placas						
	Acción	Verificar el nivel de aceite de la unidad hidráulica, estado de visores de aceite, nivel de aceite de reductor transporta placas y tambor cinta transportadora, engrasar barra guía de placas, cadenas, rodillos y bulones para ganchos de enclavamiento. Verificar que no existan ruidos anómalos en el funcionamiento del filtro.						

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 5		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Trimestral	Equipo Componente Acción	Silo de Cal FQ Tornillo Alimentador Realizar cambio de aceite del motoreductor de tornillo alimentador, verificar estado de sellos.	Mecánico (2)	Si	No	15 hr		Silos
Trimestral	Equipo Componente Acción	Silo de Cal FQ Filtro de Mangas Lubricar descansos del filtro de mangas, limpieza de cajón de filtros y mangas del filtro, verificar el estado de las mangas, revisar manga unión silo tornillo .	Mecánico (2)	Si	No	15 hr		Silos
Trimestral	Equipo Componente Acción	Silo de Cal FQ Sopladores Verificar el estado de funcionamiento de los sopladores. Eliminar fugas de aire en silo, chequear el estado de mangueras y acoples neumáticos	Mecánico (2)	Si	No	15 hr		Silos
4 Meses	Equipo Componente Acción	Reactor 1 Agitador Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, estado del eje y paletas, verificación de reténés, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador, revisar canalización y conexión. En caso de encontrarse deteriorado el buje del sistema centrador este se debe reemplazar por uno nuevo. Se debe chequear el estado en el que se encuentran los baffles del reactor y planificar su reemplazo en caso de ser necesario. Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento.	Mecánico (2)	Si	No	25 hr		Reactores
4 Meses	Equipo Componente Acción	Reactor 1 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque, deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Mecánico (2)	Si	No	25 hr		Reactores
4 Meses	Equipo Componente Acción	Chipiadora Unidad Hidráulica Revisar el nivel de aceite del motoreductor de la caja hidráulica, verificar estado del filtro de aceite, chequear presencia de fugas, estado de mangueras, estado de manómetro y presostáto.	Mecánico	Si	No	15 hr		Bateas
4 Meses	Equipo Componente Acción	Chipiadora Reductores y Tornillos Chequear nivel de aceite de caja reductora y de ruidos anómalos, chequear el nivel de aceite de descanso de tornillos, revisión de rodamientos y engranajes de tornillos. Medición del consumo de motores eléctricos de la máquina.	Mecánico	Si	No	15 hr		Bateas
4 Meses	Equipo Componente Acción	Reactor N°5 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque, deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Mecánico (2)	Si	No	25 hr		

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 6		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
4 Meses	Equipo Componente Acción	Reactor N°5 Agitador Verificación del nivel de aceite reductor del agitador, estado de retén y revisión del acople del reductor al eje agitador. Revisar el estado del eje y paletas, chequear estado del buje centrador, estado de la placa sacrificio, engrase de rodamientos del eje agitador, limpieza general del motoreductor y revisión de la canalización del motor eléctrico y su conexión.	Mecánico (2	Si	No	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Bomba Ácido Sulfúrico Impulsor, sellos y motoreductor Desmontaje de bomba para analizar estado de desgaste del impulsor, canalización y conexión del motor eléctrico, estado de válvulas de carga y descarga, estado de sello y limpieza general.	Mecánico	Si	No	15 hr		Bombas
Semestral	Equipo Componente Acción	Bomba Ácido Sulfúrico Motor Eléctrico Realizar lecturas del motores eléctrico, anotando el consumo eléctrico actual del motor y su potencia consumida, utilizando tester de tenaza y equipo de protección adecuado.	Eléctrico	No	No	< 1 hr		Bombas
Semestral	Equipo Componente Acción	Estanques Almacenamiento de Ácido Estanques y sus Tapas Revisión periódica de tapas y juntas de estanques, verificar estado de corrosión en las uniones y sellos.	Mecánico	No	Si	<2 hr		Estanques
Semestral	Equipo Componente Acción	Lavador de Gases FQ Filtro de Carbón Activado Sustituir carbón activado de filtro y verificar el correcto funcionamiento del calentador de gases.	Mecánico	Si	No	10 hr	200 kg por gaveta, para carbón 8x10	Gases
Semestral	Equipo Componente Acción	Piping y Válvulas Suministro de Agua FQ Piping Al momento de realizar mantenimiento a las bombas de agua se debe realizar una inspección al piping de suministro de agua en busca de filtraciones y señales de desgaste.	Mecánico	Si	No	< 1 hr		Piping
Semestral	Equipo Componente Acción	Bomba Agua de Procesos N°1 Impulsor, sellos y motoreductor La bomba se debe retirar de la operación para inspeccionar el estado de deterioro del impulsor de la bomba, se debe chequear la canalización y conexión del motor eléctrico, verificar el nivel de aceite del reductor, cambio del sello mecánico, se debe verificar el estado del piping de entrada y salida de la bomba. Se debe realizar una limpieza general de la voluta y carcasa de la bomba al momento de realizar la mantención. Durante la mantención de la bomba se debe evaluar si es necesario cambiar el impulsor por uno nuevo según el nivel de desgaste, pensando en que debe funcionar sin problemas hasta su siguiente mantención.	Mecánico	Si	No	15 hr		Bonbas

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 7		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semestral	Equipo Componente Acción	Bomba Agua Limpia Impulsor, sellos y motoreductor La bomba se debe retirar de la operación para inspeccionar el estado de deterioro del impulsor de la bomba, se debe chequear la canalización y conexión del motor eléctrico, verificar el nivel de aceite del reductor, cambio del sello mecánico, se debe verificar el estado del piping de entrada y salida de la bomba. Se debe realizar una limpieza general de la voluta y carcasa de la bomba al momento de realizar la mantención. Durante la mantención de la bomba se debe evaluar si es necesario cambiar el impulsor por uno nuevo según el nivel de desgaste, pensando en que debe funcionar sin problemas hasta su siguiente mantención.	Mecánico	Si	No	15 hr	Esta bomba actualmente se encuentra fuera de servicio esperando un repuesto, este repuesto debe seguir el plan de mantención que se indica.	Bombas
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°6 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°6 Agitador En caso de encontrarse deteriorado el buje del sistema centrador este se debe reemplazar por uno nuevo. Se debe chequear el estado en el que se encuentran los baffles del reactor y planificar su reemplazo en caso de ser necesario. Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de reténés, revisar canalización y conexión del motor eléctrico.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Estanques
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°7 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador	Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha	Hoja Nº 8		
Auditor					Fecha	de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°7 Agitador En caso de encontrarse deteriorado el buje del sistema centrador este se debe reemplazar por uno nuevo. Se debe chequear el estado en el que se encuentran los baffles del reactor y planificar su reemplazo en caso de ser necesario. Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de reténés, revisar canalización y conexión del motor eléctrico.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°2 Agitador Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de reténés, revisar canalización y conexión del motor eléctrico, y chequear soporte estructural del motor eléctrico.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°2 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio. Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°3 Agitador Verificar el estado en el que se encuentran las puntas de las paletas del agitador, chequear posibles desgastes en el recubrimiento, estado del acople de reductor a eje y engrase a rodamientos del eje agitador Realizar un chequeo del nivel de aceite del reductor del agitador, verificación de reténés, revisar canalización y conexión del motor eléctrico, y chequear soporte estructural del motor eléctrico.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores
Semestral	Equipo Componente Acción	Reactor N°3 Estanque Realizar una limpieza de borra al interior del estanque, luego verificar el estado interno del estanque, verificación estructural del soporte del estanque y deterioro del recubrimiento y placa sacrificio. Revisar el estado de empaquetaduras de tapas y el correcto cierre y abertura de válvulas de carga y descarga.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Reactores

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 9		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Semestral	Equipo Componente Acción	Piping y Válvulas Blending Maceradores Se debe realizar una limpieza de los maceradores ubicados en la sala de bombas blending, verificar su estado de lubricación y funcionamiento, para evitar obstrucciones en la línea.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Piping
Semestral	Equipo Componente Acción	Lavador de Gases PB Extractor Revisar tensión y desgaste de las correas para programar su posible cambio si fuere necesario, revisar el estado de rodamientos verificando que presente buena rodadura y engrase, que no exista desgaste.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Gases
Semestral	Equipo Componente Acción	Lavador de Gases PB Filtro de Carbón Activado Sustituir carbón activado del filtro.	Mecánico (2)	Sí	Sí	10 hr	200 kg por gaveta, para carbón 8x10	Gases
Semestral	Equipo Componente Acción	Batea Nº1 Planchas de acero y hormigón Recuperación de soldaduras de planchas metálicas, recuperación de albañilería y reparación del piping, recuperación de cortinas de PVC. Revisión del estado del concreto de la batea al momento de realizar mantenimiento.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Bateas
Semestral	Equipo Componente Acción	Batea Nº2 Planchas de acero y hormigón Recuperación de soldaduras de planchas metálicas, recuperación de albañilería y reparación del piping, recuperación de cortinas de PVC. Revisión del estado del concreto de la batea al momento de realizar mantenimiento.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Bateas
Semestral	Equipo Componente Acción	Estanque de Agua Limpia (Nº3) Estanque Verificación del estado interno del estanque, verificación estructural y limpieza. Verificación del estado de válvulas de carga y descarga, estado del piping, revisión de empaquetaduras de tapas.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25hr		Estanques
Anual	Equipo Componente Acción	Línea Neumática Acumuladores Se debe realizar una calibración periódica de manómetros de los estanques acumuladores, junto con una inspección visual del estado del acumulador y sus uniones.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Compresores
Anual	Equipo Componente Acción	Línea Neumática Compresores Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Puska por parte de la empresa externa. Se debe solicitar la ficha del mantenimiento realizado al compresor Atlas Copco por parte de la empresa externa.	Mantenedor	Sí	Sí	10 hr		Compresores

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 10		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Anual	Equipo Componente Acción	Reactor N°1, Reactor N°5 Sistema de Pesaje Adjuntar ficha de mantenimiento de calibración del sistema de pesaje del reactor 1 y 5, a carpeta de mantenimientos realizados en físico-químico	Mantenedor	Sí	No	10 hr	Empresa Precisión	reactores
Anual	Equipo Componente Acción	Reactor N°1 Termómetro Chequear el estado de calibración del termómetro y reemplazar de ser necesario.	Mecánico	Sí	No	25 hr		Reactores
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba Centrífuga Reactor N°1 Impulsor, sellos y motoreductor La bomba se debe retirar de la operación para inspeccionar el estado de deterioro del impulsor de la bomba, se debe chequear la canalización y conexión del motor eléctrico, verificar el nivel de aceite del reductor, cambio del sello mecánico, se debe verificar el estado del piping de entrada y salida de la bomba. Se debe realizar una limpieza general de la voluta y carcasa de la bomba al momento de realizar la mantención. Durante la mantención de la bomba se debe evaluar si es necesario cambiar el impulsor por uno nuevo según el nivel de desgaste, pensando en que debe funcionar sin problemas hasta su siguiente mantención.	Mecánico	Sí	Sí	10 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba Tornillo Reactor N°1 Sello mecánico y motoreductor Se debe retirar la bomba del servicio para verificar el correcto estado de rodamientos, tolerancia estator-rotor, limpiar todas las piezas y renovar el engrase. Se debe revisar la canalización del motor eléctrico y su conexión al momento en que se realiza mantenimiento.	Mecánico	Sí	Sí	10 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba Tornillo Reactor N°6 y N°7 Sello mecánico y motoreductor Se debe retirar la bomba del servicio para verificar el correcto estado de rodamientos, tolerancia estator-rotor, limpiar todas las piezas y renovar el engrase. Se debe revisar la canalización del motor eléctrico y su conexión al momento en que se realiza mantenimiento.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba Tornillo N°2 Sello mecánico y motoreductor Se debe retirar la bomba del servicio para verificar el correcto estado de rodamientos, tolerancia estator-rotor, limpiar todas las piezas y renovar el engrase. Se debe revisar la canalización del motor eléctrico y su conexión al momento en que se realiza mantenimiento.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Volteador Blending Agitador y Tolva Se debe realizar una inspección del nivel de aceite del motoreductor del agitador, estado de sellos, canalización y conexión del motor. Se debe realizar una limpieza general del volteador y verificar el estado del piping.	Mecánico	Sí	No	25 hr		Otros

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 11		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Anual	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°3 Motoreductor Agitador Chequear nivel de aceite del reductor, verificación de reténés, verificación de acople de reductor a eje agitador, verificar que no haya presencia de ruido excesivo, verificar canalización y conexión del motor.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Estanques
Anual	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°4 Motoreductores Agitadores (x2) Chequear nivel de aceite de reductores, verificación de reténés, verificación de acople de reductor a eje agitador, verificar que no haya presencia de ruido excesivo, verificar canalización y conexión del motor.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Estanques
Anual	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°5 Motoreductores Agitadores (x2) Chequear nivel de aceite de reductores, verificación de reténés, verificación de acople de reductor a eje agitador, verificar que no haya presencia de ruido excesivo, verificar canalización y conexión del motor.	Mecánico	Sí	No	10 hr		Estanques
Anual	Equipo Componente Acción	Compactadora de Tambores Sistema Hidráulico Revisar el nivel de aceite del motoreductor de la caja hidráulica, verificar estado del filtro de aceite, chequear presencia de fugas, estado de mangueras, estado de manómetro y presostáto.	Mecánico	Sí	No	15 hr		Bateas
Anual	Equipo Componente Acción	Compactadora de Tambores Carro Móvil y Elevador de Tambores Lubricar guías del carro móvil, chequear finales de carrera del carro, lubricar descansos elevador de tambores, así como piñones, cadenas y poleas del carro.	Mecánico	Sí	No	15 he		Bateas
Anual	Equipo Componente Acción	Trituradora de Tubos Fluorescentes Motor Eléctrico y Rodamientos Realizar una limpieza general, revisar las conexiones del motor y estado de rodamientos.	Mecánico	Sí	No	10 he		Bateas
Anual	Equipo Componente Acción	Decanter N°2 Bancada, Tambor, Tornillo y Motores, Tablero. Verificación del estado y tensión de correas, estado de la estructura soporte del decanter, estado y tensión de la cadena del tornillo, verificación del estado del sinfín, verificación de canalización de bomba de traspaso, conexión bombas de traspaso, analizar desgaste del tornillo para programar su reparación, analizar su existe un nivel anómalo de vibración en el decanter. Engrasar bancada y tambor. Revisión de tableros de fuerza y control, engrase de motor eléctrico.	Mecánico Eléctrico	Sí	No	25 hr		Filtros

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 12		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
Anual	Equipo Componente Acción	Filtro Prensa Unidad Hidráulica, Cinta Transportadora, Cilindro Limpieza del filtro de aceite de la unidad hidráulica y recambio completo del aceite, verificación del estado de la cinta transportadora con sus rodillos y cilindro hidráulico, chequear sistema de aire comprimido, revisión de finales de carrera.	Mecánico	Sí	No	25 hr		Filtros
Anual	Equipo Componente Acción	Filtro Prensa Electroválvula y Tablero de Control Verificar tensión de las electroválvulas, limpiar contactos, colectores, patines, etc, del sistema eléctrico, reemplazando las piezas en las que se observe exceso de desgaste.	Eléctrico	Sí	No	10 hr		Filtros
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba Abel Sistema Hidráulico y Válvulas Verificación del nivel de aceitehidráulico de caja de válvulas y reductor, verificar el estado de válvulas de bola, de carga, descarga, toma del consumo del motor eléctrico y chequear estado del prisionero del acumulador. Verificación del estado de correas, chequear sus desgaste y de ser necesario cambiarlas.	Mecánico	Sí	No	15 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Bombas Centrífugas Móviles (x2) impulsor, sellos y motoreductor Chequear el estado de desgaste del impulsor, nivel de aceite del reductor y estado de sellos. Revisión de canalización del motor y conexión, realizar una limpieza general.	Mecánico	Sí	Sí	10 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Bomba de Lixiviado impulsor, sellos y motoreductor Chequear el estado de desgaste del impulsor, nivel de aceite del reductor y estado de sellos. Revisión de canalización del motor y conexión, realizar una limpieza general.	Mecánico	Sí	No	15 hr		Bombas
Anual	Equipo Componente Acción	Estanque de Agua de Procesos 1 (Nº2) Estanque Verificación del estado interno del estanque, verificación estructural y limpieza. Verificación del estado de válvulas de carga y descarga, estado del piping, revisión de empaquetaduras de tapas.	Mecánico	Sí	No	25 hr		Estanques
Anual	Equipo Componente Acción	Estanque de Agua de Procesos 2 (Nº4) Estanque Verificación del estado interno del estanque, verificación estructural y limpieza. Verificación del estado de válvulas de carga y descarga, estado del piping, revisión de empaquetaduras de tapas.	Mecánico (2)	Sí	Sí	25 hr		Estanques
2 años	Equipo Componente Acción	Estanque PB Nº1 Estanque Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.	Mecánico	Sí	Sí	25 hr		Estanques

PLAN DE MANTENIMIENTO HIDRONOR S.A. PLANTA PUDAHUEL BASADO EN RCM								Filtros
Facilitador Sebastián Osorio Valenzuela				Fecha		Hoja Nº 13		
Auditor				Fecha		de 13		
Frecuencia	Actividad		Realizarse por	Equipo Detenido	Respaldo	Tiempo	Observaciones	Grupo
2 años	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°2 Estanque Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.	Mecánico	Sí	Sí	25 hr		Estanques
2 años	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°3 Estanque Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.	Mecánico	Sí	Sí	25 hr		Estanques
2 años	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°4 Estanque Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.	Mecánico	Sí	Sí	25 hr		Estanques
2 años	Equipo Componente Acción	Estanque PB N°5 Estanque Se debe realizar una inspección del estado interno del estanque, para esto se debe dejar fuera de operación. Se debe realizar una limpieza de borra del estanque para luego buscar signos de debilitamiento de pared del estanque.	Mecánico	Sí	Sí	25 hr		Bateas
5 años	Equipo Componente Acción	Bomba Sumergible Impulsor, sellos, motor Se debe evaluar el reemplazo de la bomba sumergible periódicamente, de acuerdo a las condiciones de deterioro en las que se encuentre.	Mecánico	Sí	No	25 hr		Bombas

ANEXO H

BASE DE DATOS AMFEC

Criterios

CATEGORIA	CRITERIO	CARACTERISTICAS	NIVEL
Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	Horas-Servicio/Semana >80%	4
Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	Horas-Servicio/Semana <50%	2
Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	Horas-Servicio/Semana entre 50%-80%	1
Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	Sin Posibilidad de Reemplazo (Unica Existencia)	4
Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	Equipo de la misma Clase en el Servicio	2
Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	Equipo con Redundancia	1
Impacto Operacional	Influencia en la Prestacion del Servicio	Paro del Proceso de Servicio	5
Impacto Operacional	Influencia en la Prestacion del Servicio	Influencia Importante: Indisponibilidad	4
Impacto Operacional	Influencia en la Prestacion del Servicio	Influencia Relativa: Posee Alternativa Temporal	3
Impacto Operacional	Influencia en la Prestacion del Servicio	No interviene en el Servicio Principal	1
Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	Importante	4
Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	Sensible	2
Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	Nula	1
Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	>\$800.000	4
Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	entre \$800.000 y \$200.000	2
Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	<\$200.000	1
Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	>5 horas	4
Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	entre 2 y 5 horas	2
Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	>5 horas	1
Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	Alta	4
Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	Media	2
Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	Baja	1
Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	Riesgo Mortal y/o Daño Ambiental Severo	5
Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	Riesgo para la Instalacion y/o Personas	4
Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	Daño Leve a Personas y/o reversible al Ambiente	2
Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	Sin Influencia	1
Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	Muy Alta(1-2 semanas)	5
Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	Alta (1 mes)	4
Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	Moderada (3-4 meses)	2
Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	Baja(6 meses-1 año)	1

Frecuencia

EQUIPO	SECTOR	CATEGORIA	CRITERIO	FRECUENCIA
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	4
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Volteador Bending	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Maceradores	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	4
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Bombas Centrifuga Traslasiye Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	3
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	3
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Chipladora	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1

Frecuencia

Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bateas	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	3
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	3
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Silo de Cemento	Inertizadora	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	2
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1
Compresores	Servicio	Frecuencia de Falla	Frecuencia de Aparicion de una Falla	1

Consecuencias

EQUIPO	SECTOR	CATEGORIA	CRITERIO	CONSECUENCIA
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2

M - 4

Consecuencias

Bomba Centrífuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bomba Centrífuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2

M - 5

Consecuencias

Filtro Prensa	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	4
Chipiadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bateas	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	4
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	4
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	1
Compresores	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Costo Preventivo Mensual	2
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4

M - 6

Consecuencias

Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Maceradores	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4

M - 7

Consecuencias

Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Chipiadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	5
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4

M - 8

Consecuencias

Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bateas	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	5
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Compresores	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1

M - 9

Consecuencias

Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	4
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2

Consecuencias

Reactor 6 y 7	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Estanque de Ácido	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque de Soda	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Estanque de Agua Limpia	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Silo de Cal FQ	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Decanter #2	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	4
Filtro Prensa	Patio Físico-Químico	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	4
Chipiadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bateas	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Máquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	4
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2

Consecuencias

Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	1
Compresores	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Grado de Complejidad del Equipo	2
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2

M - 12

Consecuencias

Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	5
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	5
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4

M - 13

Consecuencias

Estanque de Agua de Proceso	Patio Físico-Químico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Estanque de Agua Limpia	Patio Físico-Químico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Silo de Cal FQ	Patio Físico-Químico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Decanter #2	Patio Físico-Químico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Filtro Prensa	Patio Físico-Químico	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Chipiadora	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bateas	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	4
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	2
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1

M - 14

Consecuencias

Compresores	Servicio	Impacto en Seguridad y Medio Ambiente	Influencia a la Seguridad y Medio Ambiente al Mes	1
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4

M - 15

Consecuencias

Bomba Centrífuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bomba Centrífuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4

M - 16

Consecuencias

Filtro Prensa	Patio Físico-Químico	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Chipiadora	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bateas	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	5
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	2
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	1
Compresores	Servicio	Impacto en la Calidad	Influencia en la Calidad Final del Servicio	4
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Estanque PB sin Agitación	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2

Consecuencias

Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	5

M - 18

Consecuencias

Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	5
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Chipiadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	2

M - 19

Consecuencias

Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bateas	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	4
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	1
Compresores	Servicio	Impacto Operacional	Equipo Auxiliar	5
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Maceradores	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1

M - 20

Consecuencias

Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4

M - 21

Consecuencias

Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Chipiadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	2
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Triturador de Tubos Flourescente	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Bateas	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1

Consecuencias

Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	1
Compresores	Servicio	Impacto Operacional	Tasa de Utilizacion de Equipos	4
Bombas de Diafragma	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Bombas de Tornillo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Volteador Bending	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Maceradores	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Lavador de Gases PB	Patio Blending	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1

Consecuencias

Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Reactor 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1

Consecuencias

Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Chipiadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Compactadora de Tambores	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bateas	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Maquina Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	4
Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Silo de Cemento	Inertizadora	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	2
Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1

M - 25

Consecuencias

Compresores	Servicio	Impacto en el Mantenimiento	Numero de Horas Paradas por Averias al Mes	1
-------------	----------	-----------------------------	--	---

Nivel Plan

NIVEL	TIPO
1	Operador
2	Mecanico
3	Grupo Mecanico
4	Grupo Mecanico + Taller
5	Grupo Mecanico + Especialista

Plan

SISTEMA	EQUIPO	NIVEL	FRECUENCIA	TIEMPO
Tratamiento Oxido-Reduccion	Bombas de Diafragma FQ	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Bomba Centrifuga Acido	1	48	0.5
Preparacion de Lechada	Reactor 5	1	365	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Lavador de Gases FQ	2	48	1
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Bombas de Diafragma PB	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Bombas de Tornillo PB	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB sin Agitacion	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB sin Agitacion	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	1	48	0.5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	1	48	0.5
Tratamiento en Bateas	Bateas	1	48	0.5
Tratamiento de Acidos	Bombas de Diafragma FQ	2	48	2
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	1	12	1
Tratamiento Oxido-Reduccion	Lavador de Gases FQ	2	12	1
Tratamiento Oxido-Reduccion	Lavador de Gases FQ	2	12	2
Tratamiento Oxido-Reduccion	Lavador de Gases FQ	2	12	0.5
Tratamiento Oxido-Reduccion	Lavador de Gases FQ	2	12	1
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	2	12	5
Tratamiento en Bateas	Compactadora de Aerosoles	2	12	5
Tratamiento de Acidos	Lavador de Gases FQ	3	4	5
Tratamiento de Acidos	Lavador de Gases FQ	1	4	2
Tratamiento de Acidos	Lavador de Gases FQ	3	4	5
Suministro de Agua para Proceso	Decanter #2	2	12	5
Suministro de Agua para Proceso	Filtro Prensa	2	12	5
Tratamiento de Acidos	Silo de Cal FQ	4	4	10
Tratamiento de Acidos	Silo de Cal FQ	4	4	10
Tratamiento de Acidos	Silo de Cal FQ	4	4	10

Plan

Tratamiento de Acidos	Reactor 1	4	3	15
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	5	3	15
Tratamiento en Bateas	Chipiadora	2	3	10
Tratamiento en Bateas	Chipiadora	2	3	10
Preparacion de Lechada	Reactor 5	3	3	15
Preparacion de Lechada	Reactor 5	3	3	15
Tratamiento de Acidos	Bomba Centrifuga Acido	3	2	5
Tratamiento de Acidos	Bomba Centrifuga Acido	2	2	1
Tratamiento de Acidos	Estanque de Acido	2	2	2
Tratamiento de Acidos	Lavador de Gases FQ	2	2	5
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	12	1
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	2	2	10
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	12	10
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	5	2	15
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	4	2	15
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	5	2	15
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	4	2	15
Tratamiento Oxido-Reduccion	Reactores 2 y 3	5	2	15
Tratamiento Oxido-Reduccion	Reactores 2 y 3	4	2	15
Tratamiento Oxido-Reduccion	Reactores 2 y 3	5	2	15
Tratamiento Oxido-Reduccion	Reactores 2 y 3	4	2	15
Tratamiento de Aceites	Bombas de Tornillo PB	2	2	5
Tratamiento de Aceites	Lavador de Gases PB	2	2	5
Tratamiento de Aceites	Lavador de Gases PB	3	2	5
Tratamiento en Bateas	Bateas	3	2	25
Tratamiento en Bateas	Bateas	3	2	25
Suministro de Agua para Proceso	Estanque de Agua Limpia	3	2	15
Servicio	Compresores	2	1	5
Servicio	Compresores	2	1	5
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	2	1	10
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	2	1	10
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	2	1	15
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	2	1	10
Tratamiento de Acidos	Reactor 1	2	1	10
Tratamiento de Acidos	Reactores 6 y 7	2	1	10
Tratamiento de Aceites	Bombas de Tornillo PB	3	1	10
Tratamiento de Aceites	Bombas de Tornillo PB	3	1	10

Plan

Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	2	1	5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	2	1	5
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	2	1	5
Tratamiento en Bateas	Compactadora de Tambores	2	1	10
Tratamiento en Bateas	Triturador de Tubos Fluorescente	2	1	5
Suministro de Agua para Proceso	Decanter #2	3	1	25
Suministro de Agua para Proceso	Filtro Prensa	3	1	15
Suministro de Agua para Proceso	Filtro Prensa	2	1	10
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Abel	2	1	10
Suministro de Agua para Proceso	Decanter #2	2	1	5
Suministro de Agua para Proceso	Decanter #2	2	1	10
Suministro de Agua para Proceso	Estanque de Agua de Proceso	2	1	15
Suministro de Agua para Proceso	Estanque de Agua de Proceso	2	1	15
Preparacion de Lechada	Silo de Cal FQ	2	1	10
Tratamiento de Aceites	Estanque PB sin Agitacion	5	0.5	15
Tratamiento de Aceites	Estanque PB sin Agitacion	5	0.5	15
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	5	0.5	15
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	5	0.5	15
Tratamiento de Aceites	Estanque PB con Agitacion	5	0.5	15
Tratamiento en Bateas	Silo de Cal Inertizadora	3	0.5	10
Tratamiento en Bateas	Silo de Cemento Inertizadora	3	0.5	10
Tratamiento de Acidos	Homogenizador	5	0.5	15
Suministro de Agua para Proceso	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	0.2	15
Tratamiento en Bateas	Silo de Cal Inertizadora	1	365	0.5
Tratamiento en Bateas	Silo de Cemento Inertizadora	1	365	0.5
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	182	1
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	182	1
Tratamiento Oxido-Reduccion	Homogenizador	1	48	1
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	48	1
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	48	2
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	48	2
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	48	2
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	48	2
Tratamiento en Bateas	Silo de Cemento Inertizadora	2	1	10
Tratamiento de Acidos	Homogenizador	2	1	15
Tratamiento de Acidos	Homogenizador	3	1	15
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	1	2

Plan

Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	1	2
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	1	10
Tratamiento en Bateas	Maquina Inertizadora	2	1	0.5
Tratamiento en Bateas	Silo de Cal Inertizadora	2	12	10
Tratamiento en Bateas	Silo de Cemento Inertizadora	2	12	10

Criterios AMFEC

CRITERIO	NIVEL	DESCRIPCION	INDICE
Frecuencia de Falla	Muy Alta	Presenta Falla de 1 a 2 semanas o menos	6
Frecuencia de Falla	Alta	Presenta Falla cada 1 mes	5
Frecuencia de Falla	Moderada	Presenta Falla cada 3 a 4 meses	4
Frecuencia de Falla	Baja	Presenta Falla cada 6 meses a año	2
Frecuencia de Falla	Muy Baja	Presenta Falla cada 1 año o mas	1
Consecuencias a la Operación	Muy Alta	Parada de toda la Planta con incumplimiento de contrato y/o pérdidas irrecuperables por incapacidad de tratar residuos	4
Consecuencias a la Operación	Alta	Parada de una línea de tratamiento; acumulación en stock; pérdidas por ineficiencia y presión sobre operaciones	3
Consecuencias a la Operación	Moderada	Impacto importante en la calidad del tratamiento (ej, pérdidas considerables de tiempo); abuso de recursos; aumento de costos operacionales; indisponibilidad de equipos	2
Consecuencias a la Operación	Baja	Genera un impacto menor en las operaciones de tratamiento o pequeñas detenciones e intervenciones permiten la continuidad	1
Consecuencias a las personas y su seguridad	Muy Alta	Una o mas fatalidades; lesionados graves con daños irreversibles; incapacidad parcial o total permanentes	4
Consecuencias a las personas y su seguridad	Alta	Hospitalización; múltiples lesionados; incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud	3
Consecuencias a las personas y su seguridad	Moderada	Atención Médica; lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles	2
Consecuencias a las personas y su seguridad	Baja	Sin lesiones; primeros auxilios	1
Costo de reparación	Muy Complejo	Fabricación de piezas especiales a empresas externas y mano de obra especializada externa; operaciones de levante y desmontaje complejas afectan otros tratamientos	4
Costo de reparación	Muy Alto	Cotización de repuestos en el mercado o reparación con mano de obra interna; operaciones de desmontaje; reparación y mediciones complejas	3

Criterios AMFEC

Costo de reparación	Muy Moderado	Cotización de repuestos en mercado y reparación con mano de obra interna; operaciones de desmontaje simples	2
Costo de reparación	Muy Bajo	Disponibilidad de repuestos en bodega y reparación con mano de obra interna; sin necesidad de operaciones de desmontaje y levante	1
Consecuencia al Medio Ambiente y Responsabilidad Legal	Alta	Gran volumen de contaminación atmosférica y/o terrestre alertando a empresas aledañas; con consecuencias legales significativas y reacción de grupos ambientalistas	4
Consecuencia al Medio Ambiente y Responsabilidad Legal	Moderada	Derrame significativo en tierra o emisiones a la atmósfera; alertando a trabajadores. Efecto Local; bajo potencial para provocar la muerte de fauna	3
Consecuencia al Medio Ambiente y Responsabilidad Legal	Baja	Derrames y/o descarga dentro de los límites de reporte; contingencia controlable	2
Consecuencia al Medio Ambiente y Responsabilidad Legal	Nula	No provoca ningún tipo de daño al medio ambiente	1
Detectabilidad	Totalmente Incierta	No existen parámetros de control y la falla no genera efectos de ruido u olores ni visuales	4
Detectabilidad	Totalmente Incierta	No existen parámetros de control o la falla genera efectos visuales o ruido u olores detectables por el personal con la necesidad de una inspección rigurosa	3
Detectabilidad	Totalmente Incierta	No existen parámetros de control o la falla genera efectos visuales o ruido u olores detectables por el personal sin necesidad de inspección rigurosa	2
Detectabilidad	Totalmente Incierta	Disponibilidad de equipos de control permiten detectar fallas de equipos y anomalías en el rango de funcionamiento	1

Equipos

N	EQUIPO	SECTOR	LINEA	SISTEMA	CANTIDAD
1	Bombas de Diafragma PB	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	3
2	Bombas de Tornillo PB	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	2
3	Estanque PB sin Agitacion	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	3
4	Estanque PB con Agitacion	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	2
5	Volteador Bending	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	1
6	Amortiguadores de Flujo	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	2
7	Maceradores	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	2
8	Lavador de Gases PB	Patio Blending	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Aceites	1
9	Bombas de Diafragma FQ	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	4
10	Bombas de Tornillo FQ	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	2
11	Bomba Centrifuga Soda	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
12	Bomba Centrifuga Acido	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
13	Bombas Centrifuga Trasvasije Pulpa	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
14	Bombas Centrifuga FQ Moviles	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	2
15	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	1
16	Bomba Centrifuga Agua Proceso 2	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
17	Bomba Centrifuga Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	1
18	Bomba Abel	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
19	Lavador de Gases FQ	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
20	Reactor 1	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
21	Reactores 2 y 3	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento Oxido-Reduccion	2
22	Homogenizador	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento Oxido-Reduccion	1
23	Reactor 5	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
24	Reactores 6 y 7	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	2
25	Estanque de Acido	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
26	Estanque de Soda	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	2
27	Estanque de Agua Contaminada	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	4
28	Estanque de Agua de Proceso	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	2
29	Estanque de Agua Limpia	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	1
30	Silo de Cal FQ	Patio Fisico-Quimico	Linea de Tratamiento	Tratamiento de Acidos	1
31	Decanter #2	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	1
32	Filtro Prensa	Patio Fisico-Quimico	Linea de Apoyo	Suministro de Agua para Proceso	1
33	Chipiadora	Inertizadora	Linea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
34	Compactadora de Aerosoles	Inertizadora	Linea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
35	Compactadora de Tambores	Inertizadora	Linea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
36	Triturador de Tubos Fluorescente	Inertizadora	Linea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1

Equipos

37 Bateas	Inertizadora	Línea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	2
38 Maquina Inertizadora	Inertizadora	Línea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
39 Silo de Cal Inertizadora	Inertizadora	Línea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
40 Silo de Cemento Inertizadora	Inertizadora	Línea de Tratamiento	Tratamiento en Bateas	1
41 Bombas Centrifuga Agua Industrial	Servicio	Línea de Apoyo	Suministro de Agua	3
42 Bombas Centrifuga Agua Colada	Servicio	Línea de Apoyo	Suministro de Agua	2
43 Bombas Centrifuga Red de Incendio	Servicio	Línea de Apoyo	Suministro de Agua	2
44 Compresores	Servicio	Línea de Apoyo	Suministro de Aire Comprimido	2

AMFEC1

Sistema	Equipos	Funcion	Descripción de Funciones Principales y Secundarias	Ft	Fallas Funcionales	Fm	Modos de Falla	Frecuencia	A las personas	Al ambiente	Producción	Costo	Detectabilidad	Severidad	Índice de Criticidad
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	A	Incapacidad de bombear cal a R5	1	Motor eléctrico bomba tornillo de silo se apaga por sistema de protección	1	1	1	1	1	2	4	8
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	A	Incapacidad de bombear cal a R5	2	Compactación de cal en silo impide fluidez	4	2	3	1	2	3	8	96
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	A	Incapacidad de bombear cal a R5	3	Injectores de aire obstruidos	4	1	2	1	1	3	5	60
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	A	Incapacidad de bombear cal a R5	4	Motoreductor de bomba tornillo con bajo nivel de aceite	1	1	1	1	1	2	4	8
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	B	Bombeo de cal a reactor 5 supera tiempo promedio	1	Cajón de filtros de Silo Cal FQ obstruidos	5	1	2	2	1	2	6	60
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	B	Bombeo de cal a reactor 5 supera tiempo promedio	2	Presencia de fugas de aire en sistema neumático del Silo Cal	6	1	1	2	1	1	5	30
PREPARACIÓN DE LECHADA	Silo de Cal FQ	1	Bombear cal desde silo hacia reactor nº5 en un tiempo aproximado de 10 minutos para 1000 a 1500 kg de cal	B	Bombeo de cal a reactor 5 supera tiempo promedio	3	Fugas en bomba tornillo de silo	2	1	1	3	1	1	6	12

AMFEC1

PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	2	Agitar mezcla de agua y cal al interior del reactor n°5 en un tiempo promedio de 20 min para preparar 15 a 20 ton de lechada de cal	A	Incapacidad de realizar agitación	1	Agitador R5 presenta ruido excesivo en su giro	2	2	2	3	2	3	9	54
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	2	Agitar mezcla de agua y cal al interior del reactor n°5 en un tiempo promedio de 20 min para preparar 15 a 20 ton de lechada de cal	A	Incapacidad de realizar agitación	2	Motoreductor de agitador R5 con bajo nivel de aceite	5	1	2	1	1	3	5	75
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	2	Agitar mezcla de agua y cal al interior del reactor n°5 en un tiempo promedio de 20 min para preparar 15 a 20 ton de lechada de cal	B	Preparación toma un tiempo superior a 20 min	1	Agitador R5 no presenta la velocidad de giro apropiada	1	1	1	3	1	2	6	12
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	3	Contener lechada de cal al interior de reactor n°5	A	Pérdida de contención en R5	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R5	1	4	3	4	4	3	15	45
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	3	Contener lechada de cal al interior de reactor n°5	A	Pérdida de contención en R5	2	Pérdida de contención por desgaste de sellos de R5	1	2	2	1	3	2	8	16
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	1	Bombear agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" agua para procesos	2	1	1	2	1	3	5	30
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	1	Bombear agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	2	Rotura línea de 2" agua para procesos	2	2	3	3	2	4	10	80
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	1	Bombear agua por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías	3	Válvulas de descarga agua para procesos cerradas por corrosión o deposición de material	4	3	1	3	4	3	11	132

AMFEC1

SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	1	Rotura de impulsor de la bomba agua de proceso 1	1	1	1	2	2	1	6	6
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	2	Motor eléctrico de bomba agua de proceso 1 apagado por sistema de protección	1	1	1	3	3	3	8	24
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	3	Bombar agua para procesos hacia reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 8 min para 2000 a 3000 kg de agua de proceso y 12 a 15 min para 2000 a 3000 kg de agua limpia	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a reactores 2 y/o 3	1	Rotura de impulsor de la bomba agua limpia	6	1	2	2	1	3	6	108
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	3	Bombar agua para procesos hacia reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 8 min para 2000 a 3000 kg de agua de proceso y 12 a 15 min para 2000 a 3000 kg de agua limpia	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a reactores 2 y/o 3	2	Motor eléctrico de bomba agua limpia apagado por sistema de protección	1	1	1	3	3	3	8	24
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	3	Bombar agua para procesos hacia reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 8 min para 2000 a 3000 kg de agua de proceso y 12 a 15 min para 2000 a 3000 kg de agua limpia	B		1	Deterioro de sellos bomba agua limpia	2	1	3	2	2	2	8	32
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	3	Bombar agua para procesos hacia reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 8 min para 2000 a 3000 kg de agua de proceso y 12 a 15 min para 2000 a 3000 kg de agua limpia	B		2	Obstrucción en voluta de bomba agua limpia	1	2	2	1	3	2	8	16
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	4	Bombar agua por tuberías de bateas sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías de bateas	1	Válvulas de descarga a bateas cerradas por acumulación de sedimentos	4	2	2	2	1	2	7	56
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	4	Bombar agua por tuberías de bateas sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías de bateas	2	Obstrucción total en línea suministro de agua para procesos a bateas	5	1	1	3	2	3	7	105

AMFEC1

SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	4	Bombar agua por tuberías de bateas sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar agua por tuberías de bateas	3	Rotura en línea de suministro de agua para procesos a bateas	1	1	1	2	1	2	1	2	5	10
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Limpia	5	Descargar agua para proceso en bateas proveniente de estanques de agua contaminada, estanques de agua de proceso o agua limpia con una capacidad de suministro de 7000 a 11.000 kg de agua	A	Incapacidad de suministrar agua de proceso a bateas	1	Obstrucción en voluta de bomba agua limpia	2	1	2	1	1	3	5	30		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Proceso 1	5	Descargar agua para proceso en bateas proveniente de estanques de agua contaminada, estanques de agua de proceso o agua limpia con una capacidad de suministro de 7000 a 11.000 kg de agua	A	Incapacidad de suministrar agua de proceso a bateas	2	Obstrucción en voluta de bomba agua de proceso	6	1	1	2	3	2	7	84		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	6	Filtrar material inertizado proveniente de línea ácidos utilizando decanter n°2	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con decanter n°2	1	Decanter presenta alto nivel de vibraciones que obliga a detenerlo	4	1	1	2	3	3	7	84		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	6	Filtrar material inertizado proveniente de línea ácidos utilizando decanter n°2	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con decanter n°2	2	Tomillo decanter presenta altos niveles de desgaste obteniéndose un filtrado deficiente	2	1	1	2	3	2	7	28		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	6	Filtrar material inertizado proveniente de línea ácidos utilizando decanter n°2	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con decanter n°2	3	Decanter con bajo nivel de aceite en motores	4	1	1	2	2	1	6	24		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	1	Obstrucción total en línea de descarga a decanter	6	1	1	2	3	2	7	84		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	2	Rotura en línea de descarga a decanter	2	1	1	1	2	1	5	10		

AMFEC1

SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	3	Válvulas de descarga de decanter cerradas por acumulación de sedimentos	6	1	1	2	1	2	1	2	5	60
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	4	Obstrucción total en línea de descarga a filtro prensa	2	1	1	2	1	2	1	2	5	20
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	5	Rotura en línea de descarga a filtro prensa por desgaste de pared	6	1	1	1	3	2	6		72	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Decanter #2	7	Trasvasiar agua filtrada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Incapacidad de descargar agua filtrada	6	Válvulas de descarga a filtro prensa cerradas por acumulación de sedimentos	2	1	1	1	3	2	6		24	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Filtro Prensa	8	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	1	Filtro Prensa presenta saturación en sus paños	1	1	1	1	1	2	4		8	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Filtro Prensa	8	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	2	Bajo nivel de aceite en unidad hidráulica	5	2	2	2	2	1	8		40	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Filtro Prensa	8	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	3	Exceso de ruido en grupo transporta placas	2	1	2	1	1	3	5		30	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Filtro Prensa	8	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	4	Bomba Abel presenta correas de transmisión rotas	1	1	1	2	1	1	5		5	

AMFEC1

SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Filtro Prensa	8	Filtrar material inertizado proveniente de homogenizador utilizando filtro prensa	A	Incapacidad de filtrar material inertizado con filtro prensa	5	Bomba Abel con bajo nivel de aceite en reductor	1	1	1	1	1	1	3	2	6	12
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Abel	9	Bombear agua pulpa de homogenizador filtro prensa	A	Incapacidad de bombear pulpa de homogenizador	1	Válvula de sobrepresión activada bloquea paso de la pulpa	2	2	2	1	2	1	2	1	7	7
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Abel	9	Bombear agua pulpa de homogenizador filtro prensa	A	Incapacidad de bombear agua filtrada de filtro prensa a estanques	2	Motor eléctrico de bomba centrífuga móvil apagado por sistema de protección	4	1	1	1	1	1	1	3	4	48
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Abel	9	Bombear agua pulpa de homogenizador filtro prensa	A	Incapacidad de bombear agua filtrada de filtro prensa a estanques	3	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	2	1	1	1	3	2	6	24		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Abel	9	Bombear agua pulpa de homogenizador filtro prensa	A	Incapacidad de bombear agua filtrada de filtro prensa a estanques	4	Pérdida total de presión en red neumática	1	1	1	2	1	1	5	5		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Estanque de Agua Limpia	10	Contener agua limpia al interior del estanque	A	Pérdida de contención en Estanque de Agua Limpia	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento/oxidación de Estanque de Agua Limpia	1	3	2	4	3	3	12	36		
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Estanque de Agua Limpia	10	Contener agua limpia al interior del estanque	A	Pérdida de contención en Estanque de Agua Limpia	2	Pérdida de contención por desgaste de sellos y empaquetaduras de Estanque Agua Limpia	2	1	1	2	2	2	6	24		
TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	1	Evitar rebalses y sobrepresiones	A	Incapacidad de evitar sobrepresiones	1	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque Nº3	1	4	4	3	4	4	15	60		

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	1	Evitar rebalses y sobrepresiones	A	Incapacidad de evitar sobrepresiones	2	Sistema alivio sobrepresión no se activa en Estanque N°4	4	4	4	4	4	4	15	60
TRATAMIENTO DE ACEITES	Lavador de Gases PB	2	Capturar gases liberados en el proceso de formación de combustible alternativo líquido	B	Incapacidad de extraer gases de estanques	1	Detención de extractor por desgaste de correas	2	1	2	1	1	2	5	20
TRATAMIENTO DE ACEITES	Lavador de Gases PB	2	Capturar gases liberados en el proceso de formación de combustible alternativo líquido	B	Incapacidad de extraer gases de estanques	2	Filtro de carbón activado presenta desgaste en el carbón dejando de cumplir su función	2	1	1	2	3	1	7	14
TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	3	Agitar contenido del estanque evitando deposiciones y la formación de borras	A	Incapacidad de agitar contenido para evitar deposiciones	1	Motor de agitador del estanque n°3 se apaga por sistema de protección	4	1	1	2	2	2	6	48
TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	3	Agitar contenido del estanque evitando deposiciones y la formación de borras	A	Incapacidad de agitar contenido para evitar deposiciones	2	Acumulación de borra en anillo inferior de estanque n°3 impide agitación	1	1	1	2	4	3	8	24
TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	3	Agitar contenido del estanque evitando deposiciones y la formación de borras	A	Incapacidad de agitar contenido para evitar deposiciones	3	Motor de agitador del estanque n°4 se apaga por sistema de protección	4	1	1	2	2	2	6	48
TRATAMIENTO DE ACEITES	Estanque PB con Agitacion	3	Agitar contenido del estanque evitando deposiciones y la formación de borras	A	Incapacidad de agitar contenido para evitar deposiciones	4	Acumulación de borra en anillo inferior de estanque n°4 impide agitación	1	1	1	2	4	3	8	24
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	1	Línea 2" de carga totalmente obstruida por borra de ácido	1	1	1	3	2	2	7	14

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	2	Rotura en línea ácido de 2" por desgaste de pared	2	2	3	3	2	4	10	80
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	3	Válvulas de llenado de estanques de ácido bloqueadas por corrosión o deposición de material	6	1	1	2	2	2	6	72
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	4	Obstrucción total en succión de estanques de ácido por borra de ácido en fondo	6	1	1	2	3	3	7	126
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	1	Transportar ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	5	Válvulas de llenado de reactor 1 bloqueadas por corrosión o deposición de material	5	1	1	3	1	2	6	60
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	2	Bombar ácido sulfúrico desde contenedores hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 5 min por 1 m3 (IBC) de ácido	A	Incapacidad de bombear residuos contenidos en IBC	1	Perforación en diafragma de bomba neumática FQ	6	1	1	1	2	3	5	90
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	2	Bombar ácido sulfúrico desde contenedores hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 5 min por 1 m3 (IBC) de ácido	A	Incapacidad de bombear residuos contenidos en IBC	2	Válvula de asiento bomba diafragma obstruida por corrosión	1	1	1	4	2	2	8	16
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	2	Bombar ácido sulfúrico desde contenedores hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 5 min por 1 m3 (IBC) de ácido	A	Incapacidad de bombear residuos contenidos en IBC	3	Obstrucción total manguera de succión	6	1	1	1	1	3	4	72
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Bombas de Diafragma FQ	2	Bombar ácido sulfúrico desde contenedores hacia reactor n°1 en un tiempo no superior a 5 min por 1 m3 (IBC) de ácido	B	Bombeo de contenedores supera 5 minutos	1	Deposición de material en manguera de succión	6	1	1	1	1	2	4	48

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	3	Pesar reactor nº1 con una precisión de 1 kg	A	Incapacidad de pesar reactor nº1	1	Soportes de pesaje de reactor descalibrados	5	2	3	2	1	3	8	120
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	3	Pesar reactor nº1 con una precisión de 1 kg	A	Incapacidad de pesar reactor nº1	2	Tablero de control fuera de calibración	1	1	2	1	1	3	5	15
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" de lechada de cal a R1	1	2	2	3	3	3	10	30
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	2	Rotura línea de 2" lechada de cal a R1	2	2	3	3	3	3	11	66
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	3	Válvulas de descarga de cal cerradas por corrosión o deposición de material	5	1	1	3	1	3	6	90
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	3	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	1	1	1	2	1	2	5	10
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	4	Pérdida total de presión en red neumática	1	2	2	3	2	1	9	9
PREPARACIÓN DE LECHADA	Reactor 5	4	Transportar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	B	Bombeo de 5000 a 7000 kg de lechada demora sobre 60 minutos	1	Fuga en bomba tornillo de reactor nº5	2	1	2	2	1	3	6	36

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	4	Agitar mezcla contenida en el reactor para homogenizar su contenido	A	Incapacidad realizar agitación	1	Agitador R1 presenta ruido excesivo en su giro	4	2	2	3	2	2	9	72
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	4	Agitar mezcla contenida en el reactor para homogenizar su contenido	A	Incapacidad realizar agitación	2	Temperatura de reacción supera los 90°C	2	4	3	3	2	1	12	24
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	5	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor hasta obtener un ph entre 8 y 9	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor nº1	1	4	4	4	4	3	16	48
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	5	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor hasta obtener un ph entre 8 y 9	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor	2	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R1	5	2	2	1	3	3	8	120
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	5	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor hasta obtener un ph entre 8 y 9	B	Incapacidad de obtener Ph entre 8 y 9	1	Válvulas de toma de muestra cerradas por corrosión o deposición de material	2	1	1	3	3	4	8	64
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	5	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor hasta obtener un ph entre 8 y 9	B	Incapacidad de obtener Ph entre 8 y 9	2	Medidor de ph descalibrado	2	1	1	2	1	2	5	20
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	1	Detención de extractor por desgaste de correas	2	2	2	2	1	2	7	28
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	2	Aspersores bloqueados por corrosión y acumulación de material	6	1	2	2	1	3	6	108

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	3	Filtro de carbón activado presenta desgaste en el carbón dejando de cumplir su función	4	1	2	2	3	2	8	64
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	4	Condensador no disminuye la temperatura de gases	1	2	2	3	1	9	9	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	5	Bombas de NaOH presentan fugas en sus sellos	4	1	2	2	1	2	6	48
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Lavador de Gases FQ	6	Capturar gases liberados en el proceso de inertización para tratarlos	A	Incapacidad de tratar gases liberados en inertización	6	Ductos presentan filtraciones y deterioro	2	3	3	3	3	12	72	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	A	Incapacidad de bombear agua para procesos a R1	4	Motor eléctrico de bomba agua limpia apagado por sistema de protección	1	1	2	2	2	6	12	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	1	Deterioro de sellos bomba agua de proceso 1	6	1	2	2	2	7	84	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Limpia	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	2	Deterioro de sellos bomba agua limpia	1	4	4	3	4	15	60	
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrífuga Agua Proceso 1	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	3	Obstrucción en voluta de bomba agua de proceso 1	2	2	2	2	3	8	48	

AMFEC1

SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	4	Obstrucción en voluta de bomba agua limpia	2	1	1	2	2	3	6	36
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	5	Impulsor de bomba agua proceso 1 desgastado	5	1	1	2	2	4	6	120
SUMINISTRO DE AGUA PARA PROCESOS	Bomba Centrifuga Agua Limpia	2	Bombar agua de proceso desde estanques de agua de proceso hacia reactor n°1 en un rango de 10 a 15 min para 8000 kg de agua	B	Bombeo de agua para procesos hacia R1 supera tiempo promedio	6	Impulsor de bomba agua proceso 1 desgastado	5	1	1	2	2	4	6	120
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	7	Trasvasiar pulpa inertizada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar pulpa inertizada por tuberías	1	Obstrucción total línea 4" de descarga reactor n°1	1	2	2	3	2	3	9	27
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	7	Trasvasiar pulpa inertizada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar pulpa inertizada por tuberías	2	Rotura línea 4" de descarga reactor n°1	1	3	3	4	3	3	13	39
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	7	Trasvasiar pulpa inertizada por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar pulpa inertizada por tuberías	3	Válvulas de descarga de reactor 1 cerradas por corrosión o deposición de material	5	1	1	2	2	3	6	90
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	8	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga	1	Motor eléctrico de bomba centrífuga R1 apagado por sistema de protección	1	1	1	2	3	2	7	14
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	8	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga	2	Rotura de impulsor de la bomba centrífuga R1	1	1	1	2	2	2	6	12

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	8	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	B	Bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga supera los 40 min	1	Deterioro de sellos en bomba centrífuga R1	2	2	2	2	2	2	2	2	8	32
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	8	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	B	Bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga supera los 40 min	2	Obstrucción total en voluta de bomba centrífuga R1	2	1	1	2	2	3	6		36	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	8	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 30 a 40 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba centrífuga	B	Bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba centrífuga supera los 40 min	3	Impulsor bomba centrífuga R1 desgastado	5	1	2	2	1	3	6		90	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	9	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 60 a 75 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba tornillo o neumática	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma	1	Motor eléctrico de bomba tornillo R1 apagado por sistema de protección	1	1	1	2	2	2	6		12	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	9	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 60 a 75 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba tornillo o neumática	A	Incapacidad de bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma	2	Eje bomba tornillo R1 desgastado, escapa la tolerancia estator-rotor	4	1	1	2	3	3	7		84	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 1	9	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia reactor n°6 y/o n°7 en un rango de 60 a 75 min para 10 ton de pulpa utilizando bomba tornillo o neumática	B	Bombear residuo inertizado a R6 y/o R7 por bomba tornillo o bomba diafragma supera los 75 min	1	Bomba tornillo R1 presenta filtraciones	2	2	2	2	2	2	8		32	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	10	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	A	Incapacidad de bombear pulpa inertizada a camiones	2	Eje Bomba tornillo decanter desgastado, escapa la tolerancia estator-rotor	1	1	2	2	3	3	8		24	
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	10	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	A	Incapacidad de bombear pulpa inertizada a camiones	3	Motor eléctrico de bomba tornillo decanter apagado por sistema de protección	1	1	1	2	2	2	6		12	

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	10	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	A	Incapacidad de bombear pulpa inertizada a camiones	4	Bombas de diafragma en redundancia de FQ fuera de servicio	1	3	2	4	3	12	36
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	10	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	B	Bombear pulpa inertizada a camiones supera los 30 min	2	Bomba tornillo decanter presenta filtraciones	2	2	2	2	2	8	32
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	10	Trasvasiar pulpa inertizada desde reactor n°1 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor n°6	1	4	3	4	4	15	45
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	11	Contener pulpa inertizada en el interior del reactor n°6 y n°7	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	2	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R6	1	1	2	2	2	7	14
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	11	Contener pulpa inertizada en el interior del reactor n°6 y n°7	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	3	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento reactor n°7	1	2	2	2	2	8	16
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	11	Contener pulpa inertizada en el interior del reactor n°6 y n°7	A	Incapacidad de contener mezcla en el reactor 6 y 7	4	Pérdida de contención por deterioro de sellos y empaquetaduras en R7	1	1	2	2	2	7	14
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	12	Agitar Pulpa para evitar deposición de material	A	Incapacidad de agitar pulpa	1	Agitador R6 presenta ruido excesivo en su giro	1	1	1	2	3	7	14
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	12	Agitar Pulpa para evitar deposición de material	A	Incapacidad de agitar pulpa	2	Motoreductor R6 posee un nivel bajo de aceite	4	1	1	1	1	4	16

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	12	Agitar Pulpa para evitar deposición de material	A	Incapacidad de agitar pulpa	3	Agitador R7 presenta ruido excesivo en su giro	1	1	1	2	3	2	7	14
TRATAMIENTO DE ÁCIDOS	Reactor 6 y 7	12	Agitar Pulpa para evitar deposición de material	A	Incapacidad de agitar pulpa	4	Motoreductor R7 posee un nivel bajo de aceite	4	1	1	1	1	1	4	16
TRATAMIENTO EN BATEAS	Chipiadora	1	Realizar conminución de residuos sólidos destinados a bateas	B	Incapacidad de realizar la conminución de sólidos a tratar	1	Chipiadora con motoreductor apagado por sistema de protección	2	1	1	2	2	2	6	24
TRATAMIENTO EN BATEAS	Chipiadora	1	Realizar conminución de residuos sólidos destinados a bateas	B	Incapacidad de realizar la conminución de sólidos a tratar	2	Chipiadora con nivel de aceite bajo en central hidráulica	5	1	1	2	1	1	5	25
TRATAMIENTO EN BATEAS	Chipiadora	1	Realizar conminución de residuos sólidos destinados a bateas	B	Incapacidad de realizar la conminución de sólidos a tratar	3	Chipiadora presenta ruidos anómalos en caja reductora	5	1	1	2	2	2	6	60
TRATAMIENTO EN BATEAS	Bateas	2	Contener mezcla a inertizar evitando fugas y percolaciones de la batea	A	Pérdida de contención en bateas	1	Desprendimiento o deterioro de planchas de acero de Batea 1	6	2	2	2	2	2	8	96
TRATAMIENTO EN BATEAS	Bateas	2	Contener mezcla a inertizar evitando fugas y percolaciones de la batea	A	Pérdida de contención en bateas	2	Agrietamiento o fisura de hormigón en Batea 1	1	4	4	4	3	3	15	45
TRATAMIENTO EN BATEAS	Bateas	2	Contener mezcla a inertizar evitando fugas y percolaciones de la batea	A	Pérdida de contención en bateas	3	Desprendimiento o deterioro de planchas de acero de Batea 2	6	2	2	2	2	2	8	96

AMFEC1

TRATAMIENTO EN BATEAS	Bateas	2	Contener mezcla a inertizar evitando fugas y percolaciones de la batea	A	Pérdida de contención en bateas	4	Agrietamiento o fisura de hormigón en Batea 2	1	4	4	4	4	3	3	15	45
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cal Inertizadora	3	Suministro de Cal para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cal a máquina inertizadora	1	Obstrucción en Silo de Cal por compactación de material	6	1	1	3	3	3	3	8	144
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cal Inertizadora	3	Suministro de Cal para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cal a máquina inertizadora	2	Motor bomba tornillo de Silo Cal apagado por sistema de protección	2	1	1	2	2	2	2	6	24
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cal Inertizadora	3	Suministro de Cal para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cal a máquina inertizadora	3	Cajón de Filtros Silo de Cal obstruido	6	1	1	2	1	2	5	60	
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cemento Inertizadora	4	Suministro de Cemento para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cemento a máquina inertizadora	1	Obstrucción en Silo de Cemento por compactación de material	6	1	2	2	3	3	8	144	
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cemento Inertizadora	4	Suministro de Cemento para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cemento a máquina inertizadora	2	Motor bomba tornillo de Silo Cemento apagado por sistema de protección	2	1	1	3	3	3	8	48	
TRATAMIENTO EN BATEAS	Silo de Cemento Inertizadora	4	Suministro de Cemento para máquina inertizadora	A	Incapacidad de suministrar cemento a máquina inertizadora	3	Cajón de Filtros Silo de Cemento obstruido	6	1	1	2	1	2	5	60	
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	1	Obstrucción del accionamiento de chapaleta inertizadora	6	1	1	2	1	2	5	60	

AMFEC1

TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	2	Compuerta de evacuación de agua inertizadora obstruida por residuo	6	1	1	1	1	1	2	4	48
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	3	Desgaste prematuro en crucetas de cardán mezclador inertizadora	4	1	1	3	3	3	3	8	96
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	4	Fisura calavera cardán tambor mezclador inertizadora	2	1	1	3	3	3	3	8	48
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	A	Incapacidad de mezclar cal y cemento con residuo sólido	5	Obstrucción de electroválvulas neumáticas inertizadora	6	1	1	2	2	2	2	6	72
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	B	Incapacidad de realizar pesaje	1	Sistema de pesaje cal-cemento fuera de calibración	1	1	1	2	4	4	4	8	32
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Pesar y Mezclar residuo sólido con cal y cemento para su inertización	B	Incapacidad de realizar pesaje	2	Sistema de pesaje cinta transportadora fuera de calibración	1	1	1	2	4	4	4	8	32
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Descargar residuo inertiado en inertizadora a camiones de 5 a 7 toneladas	C	Incapacidad de descargar residuo inertizado a camiones	1	Tensión baja en cable de acero/poleas	5	1	1	2	1	3	5		75
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Descargar residuo inertiado en inertizadora a camiones de 5 a 7 toneladas	C	Incapacidad de descargar residuo inertizado a camiones	2	Regulación deficiente de freno-motor	2	1	1	2	3	3	7		42

AMFEC1

TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Descargar residuo inertizado en inertizadora a camiones de 5 a 7 toneladas	C	Incapacidad de descargar residuo inertizado a camiones	3	Bajo nivel de aceite motoreductor huiñche	2	1	1	2	2	1	6	12
TRATAMIENTO EN BATEAS	Maquina Inertizadora	5	Descargar residuo inertizado en inertizadora a camiones de 5 a 7 toneladas	C	Incapacidad de descargar residuo inertizado a camiones	4	Presencia de alto nivel de ruido en cinta transportadora	4	1	1	2	1	2	5	40
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	1	Bompear ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	1	Obstrucción total por borra de en línea 2" R2 y/o R3	1	1	1	2	2	2	6	12
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	1	Bompear ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	2	Rotura en línea 2" R2 y/o R3 por desgaste de pared	2	3	3	2	2	4	10	80
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	1	Bompear ácido por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar ácido por tuberías	3	Válvulas de llenado R2 y/o R3 cerradas por corrosión o deposición de material	6	1	1	2	1	3	5	90
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	2	Bompear residuo desde contenedores (ej. IBC, estanques de almacenamiento) hacia reactores 2 y/o 3 en un tiempo inferior a 5 min	A	Incapacidad de bombear residuos a reactores 2 y/o 3	1	Pérdida de contención en IBC por agrietamiento	1	4	3	1	1	4	9	36
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	3	Bompear lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	1	Obstrucción total en línea 2" lechada de cal reactores 2 y/o 3	4	1	1	2	3	3	7	84
TRATAMIENTO OXIDO-REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	3	Bompear lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	2	Rotura en línea de 2" lechada de cal reactores 2 y/o 3	1	3	3	4	2	4	12	48

AMFEC1

TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	3	Bombar lechada de cal por tuberías sin pérdida de estanqueidad	A	Incapacidad de transportar lechada de cal por tuberías	3	Válvulas de llenado de estanques R2 y/o R3 cerradas por corrosión o deposición de material	1	1	1	1	1	1	1	2	4	8
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ	3	Bombar lechada de cal hacia los reactores 2 y/o 3 en un rango de 5 a 15 min para 500 a 3000 kg de lechada dependiendo del tratamiento	B	Bombero de lechada a reactores 2 y/o 3 supera tiempo promedio	2	Pérdida parcial de presión en línea neumática	1	1	2	2	2	3	7		21	
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	1	Agitador R2 presenta ruido excesivo en su giro	1	1	2	2	1	3	6	18		
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	2	Motoreductor R2 posee un nivel bajo de aceite	1	1	1	1	2	4	8			
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	3	Agitador R3 presenta ruido excesivo en su giro	1	1	2	2	3	7	21			
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	4	Motoreductor R3 posee un nivel bajo de aceite	1	1	2	2	1	3	6	18		
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	A	Incapacidad de agitar mezcla en reactores 2 y/o 3	5	Desperfecto en sistema de extracción de gases FQ	1	1	1	2	3	1	7	7		
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4		Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	B	Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	1	Válvula de toma de muestras R2 obstruida por corrosión	6	1	1	2	1	2	5	60		

AMFEC1

TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4	Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	B	Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	2	Válvula de toma de muestras R3 obstruida por corrosión	6	1	1	2	1	2	1	2	5	60
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4	Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	B	Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	3	Medidor de ph descalibrado	2	1	1	2	1	2	1	2	5	20
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Reactores 2 y 3 4	Agitar mezcla al interior de reactores 2 y/o 3 para inertizar en un tiempo promedio de 10 min para 1000 kg de residuo, obteniendo un ph de 8 a 9	B	Inertización en R2 y/o R3 supera el tiempo promedio	4	Error en volúmenes de material para proceso de inertización	1	1	1	2	2	2	2	2	6	12
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Lavador de Gases FQ	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor 2 y/o reactor 3	A	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R2	1	4	3	4	4	4	3	4	15	45
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Lavador de Gases FQ	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor 2 y/o reactor 3	A	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	2	Pérdida de contención por deterioro de sellos de R2	1	1	1	2	2	2	2	2	6	24
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Lavador de Gases FQ	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor 2 y/o reactor 3	A	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	3	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de R3	1	4	3	4	4	4	3	4	15	45
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Lavador de Gases FQ	Contener mezcla inertizada en el interior del reactor 2 y/o reactor 3	A	Incapacidad de contener mezcla en R2 y/o R3	4	Pérdida de contención por deterioro de sellos de R3	1	1	1	2	3	3	2	2	7	28
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Homogenizador 6	Agitar mezcla al interior de homogenizador hasta obtener un pH 8	A	Incapacidad de agitar mezcla en homogenizador	1	Agitador Homogenizador presenta ruido excesivo en su giro	5	1	1	2	2	3	2	3	6	90

AMFEC1

TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Homogenizador 6	Agitar mezcla al interior de homogenizador hasta obtener un pH 8	A	Incapacidad de agitar mezcla en homogenizador	2	Motoreductor agitador homogenizador posee un nivel bajo de aceite	1	1	2	1	1	5	30	
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Homogenizador 7	Contener mezcla neutralizada al interior de homogenizador	A	Incapacidad de contener mezcla en homogenizador	1	Pérdida de contención por corrosión/agrietamiento de Homogenizador	1	4	3	4	4	3	15	45
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Homogenizador 7	Contener mezcla neutralizada al interior de homogenizador	A	Incapacidad de contener mezcla en homogenizador	2	Pérdida de contención por deterioro de sellos de Homogenizador	2	1	1	2	3	1	7	14
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ 8	Bompear pulpa inertizada desde reactores nº2 y nº3 hacia camiones (5-7 ton) en un rango de 15 a 30 min utilizando bomba neumática	A	Incapacidad de bombear pulpa a camiones	4	Válvulas de descarga de estanques R2 y/o R3 cerradas por corrosión o deposición de material	6	1	1	2	1	2	5	60
TRATAMIENTO OXIDO- REDUCCION	Bombas de Diafragma FQ 9	Bompear pulpa inertizada desde reactores nº2 y nº3 hacia homogenizador en un rango de 60 a 80 min para 10 ton de pulpa inertizada	B	Bombeo de pulpa a homogenizador superatiempo promedio	1	Pérdida parcial de presión en línea neumática	1	4	3	3	2	4	12	48
SERVICIOS	Compresores 1	Suministrar aire comprimido a 7 bar con un mínimo de 4 bar a líneas de tratamiento	A	Incapacidad de suministrar aire comprimido entre 7 a 4 bar	1	Alta demanda de aire comprimido por equipos de la planta baja la presión	6	1	1	2	1	1	5	30
SERVICIOS	Compresores 1	Suministrar aire comprimido a 7 bar con un mínimo de 4 bar a líneas de tratamiento	A	Incapacidad de suministrar aire comprimido entre 7 a 4 bar	2	Compresor se detiene por sobrecarga en sistema eléctrico	1	1	1	4	3	1	9	9
SERVICIOS	Compresores 1	Suministrar aire comprimido a 7 bar con un mínimo de 4 bar a líneas de tratamiento	A	Incapacidad de suministrar aire comprimido entre 7 a 4 bar	3	Manómetros descalibrados no indican presión correcta de trabajo	1	1	1	2	2	4	6	24

AMFEC1

TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	4	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores de 200 lts	A	Incapacidad de bombear desde contenedores de aceite a estanques de almacenamiento	1	Perforación en diafragma de bomba neumática PB	6	1	1	2	2	3	6	108
TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	4	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores de 200 lts	A	Incapacidad de bombear desde contenedores de aceite a estanques de almacenamiento	2	Perdida total de presión en red neumática	1	1	1	4	2	2	8	16
TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	4	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores de 200 lts	B	Bombeo de contenedores supera el tiempo promedio	1	Perdida parcial de presión en red neumática	1	1	1	1	1	2	4	8
TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	4	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores de 200 lts	C	Incapacidad de transportar aceites y grasas por tuberías	1	Obstrucción total en piping de estanques PB	2	1	1	2	2	2	6	24
TRATAMIENTO DE ACEITES	Bombas de Diafragma PB	4	Bombear aceites y taladrinas desde contenedores hacia estanques de almacenamiento en un rango de 5 a 7 min para tambores de 200 lts	C	Incapacidad de transportar aceites y grasas por tuberías	2	Válvula de carga sala bombas cerradas por acumulación de sedimentos	2	2	2	1	1	2	6	24