

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO ENFOCADO EN EQUIPO CRITICO DE LA
EMPRESA QUIMICA LATINOAMERICANA S.A.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIARÍA EJECUCIÓN MECÁNICA DE
PROCESOS Y MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:

Esteban Alejandro Gómez Rojas

Profesor Guía:

Mg. Ing. Andrés Eduardo Aránguiz Garrido.

RESUMEN

Empresa Química Latinoamericana S.A. cuenta con un plan de mantenimiento correctivo, pero solo disponen de un técnico para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. Esta falta de personal influye en la aparición frecuente de fallas correctivas debido a la falta de un control programado de los equipos. Esta situación impacta significativamente la disponibilidad del equipo, lo que se traduce directamente en costos elevados tanto en mano de obra como en pérdidas de producción. Como ejemplo, el molino MC2 que ha sufrido pérdidas aproximadas de 600 millones de pesos chilenos debido a esta problemática

Se busca la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento para el equipo dentro de la empresa, el cual presente mayor criticidad, por esto se utilizarán herramienta de mantenimiento centradas en confiabilidad, con el fin de buscar una mejorar en la eficiencia del equipo, y finalmente para saber si es factible implementar el plan propuesto se realizará un estudio técnico económico para ver si es rentable a nivel económico o no.

Para identificar el equipo con mayor criticidad dentro de la empresa se utilizó como herramienta análisis un diagrama Jack Knife, en este análisis se identifica que el intercambiador de calor es el más crítico debido a su impacto en la operatividad y producción. Además, se emplearon herramientas como SIPOC, FMECA, MTBF Y MTTR, para comprender los procesos, identificar los modos de fallas y priorizarlos, establecer las tareas de mantenimiento dependiendo de las intervenciones y tiempos que se utilizaran para elaborar el nuevo plan de mantenimiento.

AL llevar a cabo las herramientas anteriormente mencionadas, se identifican los componentes que presentaron un alto riesgo en base al FMECA, estos modos de fallas se componen de las empaquetaduras de bridas, los separadores de goma y las placas corrugadas, por ellos al analizar con MTBF se establece que se le deberán realizar un total serán 17 intervenciones en totales de una intervención cada 3 semanas al Intercambiador de calor en un periodo de un año. Y finalmente con el tiempo medio de reparación (MTTR) se determina que para realizar las tareas de mantenimiento se deberán disponer un total 6 de horas por intervención, resultando en un total de 102 horas en un periodo de un año.

Como conclusión de todos los análisis que se realizaron, se concluye que el nuevo plan es factible, primero se logra establecer menos intervenciones al año y menos horas en que el equipo se encuentre inactivo, proporcionando una mayor disponibilidad del equipo, esto impacta significativamente en los costos donde se logra un beneficio de 61.151.860 CLP incluyendo la mano de obra y las ganancias por reducción de inactividad del intercambiador de calor.

INDICE

RESUMEN.....2

INDICE 3

INDICE DE FIGURAS.....5

INDICE DE TABLAS 6

SIGLAS Y SIMBOLOGIA.....7

INTRODUCCIÓN 8

OBJETIVOS 9

OBJETIVO GENERAL 9

OBJETIVOS ESPECIFICOS.....9

1. CAPITULO 1 “ANTECEDENTES GENERALES Y ANALISIS PRODUCTIVO DE LA PLANTA” 10

 1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA..... 11

 1.2. DISTRIBUCION DE LA EMPRESA 11

 1.3. PRODUCTOS COMERCIALIZADOS..... 13

 1.4. SERVICIOS ADICIONALES 13

 1.5. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO 13

 1.5.1. Cementos asfálticos..... 14

 1.5.2. Cementos asfálticos modificados..... 15

 1.5.3. Emulsiones asfálticas 17

 1.5.4. Stock Pave..... 18

 1.6. DETERMINACION DE EQUIPO CRITICO 19

 1.6.1. Problemática de equipo critico..... 19

 1.6.2. Consideraciones de análisis..... 20

 1.6.3. Diagrama Jack Knife..... 20

CAPITULO 2 “JERARQUIZACION DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLA DEL EQUIPO CRITICO” 23

2. Molino MC2..... 24

 2.1. Componentes Molino MC2..... 24

 2.1.1. Estanques de almacenamiento de asfalto 24

2.1.2. Bomba de asfalto.....	25
2.1.3. Bomba de recirculado	25
2.1.4. La bomba de agua	26
2.1.5. El sistema de cañerías	26
2.1.6. Tablero de control	27
2.1.7. Molino coloidal	28
2.1.8. Intercambiador de calor.....	28
2.2. Características de Intercambiador de calor	30
2.3. Análisis SIPOC	30
2.4. Análisis FMECA.....	31
2.5. Planificación de tareas de mantenimiento.....	37
2.5.1. MTBF	38
2.5.2. MTTR.....	41
3. CAPITULO 3: “EVALUACION ECONOMICA DE PLAN DE MANTENIMIENTO”	43
3.1. Guías de plan de mantenimiento	44
3.2. Evaluación económica	46
3.2.1. Costos de mantenimiento	46
3.2.2. Costo por inactividad del equipo.....	50
3.2.3. Comparación económica entre los planes de mantenimiento	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION.....	55
ANEXO 1.....	56
ANEXO 2.....	57
ANEXO 3.....	58
ANEXO 4.....	59
ANEXO 5.....	60
ANEXO 6.....	61
ANEXO 7.....	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Planta de Viña del mar 12

Figura 1-2 Transporte de asfalto 14

Figura 1-3 Proceso de fabricación de cemento asfaltico..... 15

Figura 1-4 Fabricación de cementos asfalticos modificados 16

Figura 1-5 Emulsiones asfálticas 17

Figura 1-6 Proceso Stock Pave 18

Figura 1-7 Diagrama Jack Knife 21

Figura 1-8 Diagrama Jack Knife Subsistemas 22

Figura 2-1 Molino MC2 24

Figura 2-2 Estanques Molino 25

Figura 2-3 Bomba de Agua 26

Figura 2-4 Cañerías MC2..... 27

Figura 2-5 Tablero eléctrico..... 27

Figura 2-6 Intercambiador de calor..... 28

Figura 2-7 Proceso de intercambio de calor..... 29

Figura 3-1 Plan de mantenimiento semanal 44

Figura 3-2 Plan de mantenimiento cada 3 semanas 45

Figura 3-3 Grafico comparativo H.H y repuestos 50

Figura 3-4 Grafico de comparación de disminución de costos 52

Figura 3-5 Grafico de comparación de disminución de costos totales..... 53

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Detalles técnicos 30

Tabla 2-2 Analisis sipoc..... 31

Tabla 2-3 Clasificación de ocurrencia..... 32

Tabla 2-4 Clasificación de severidad 33

Tabla 2-5 Clasificación de detectabilidad. 33

Tabla 2-6 Tabla FMECA 36

Tabla 2-7 Tabla MTBF 38

Tabla 2-8 Análisis de que mes realizar plan preventivo 39

Tabla 2-9 Tareas de mantenimiento..... 40

Tabla 2-10 Horas para realizar mantención 41

Tabla 2-11 Tiempo estimado para mantenimiento de equipo 42

Tabla 3-1 Horas para realizar mantencion 46

Tabla 3-2 Datos H.H 47

Tabla 3-3 Valores de intervención propuestos..... 47

Tabla 3-4 Costos en H.H. en las tareas de mantenimiento..... 48

Tabla 3-5 Costo de mantenimiento en H.H. en un periodo de 12 meses 48

Tabla 3-6 Valores de repuestos 49

Tabla 3-7 Comparación valores H.H y repuestos 49

Tabla 3-8 Valor Producto..... 51

Tabla 3-9 Costos horas inactivo..... 51

Tabla 3-10 Ganancias al año por intervenciones en base a los planes de mantenimiento
..... 52

Tabla 3-11 Ganancias totales 53

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

- FMECA: Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas)
- MTBF: Mean Time Between Failure (Tiempo medio entre falla)
- MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo medio de reparación)
- SIPOC: Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, contar con calles asfaltadas se ha convertido no solo en una necesidad sino un elemento crucial y casi obligatorio para mejorar así la calidad de vida de las personas tanto en las poblaciones y ciudades de nuestro país o como en otros países. La sola necesidad de desplazarse de manera rápida y sin complicaciones nos hace valorizar enormemente que existan cada vez más calles asfaltadas, ya que con estas calles se garantizan una mejor movilidad y una mayor comodidad por el uso de una calle lisa y segura para el desplazamiento de vehículos.

Por otra parte, además de facilitar el transporte, las calles asfaltadas contribuyen en la salud y el bienestar de las personas, ya que en comparación a las calles de tierra estas evitan en gran medida el polvo generado por el constante tránsito en las calles que podrían afectar a los hogares y causar problemas respiratorios.

Las calles asfaltadas son un pilar fundamental en el desarrollo de las poblaciones y ciudades, ya que con ellas se mejora la infraestructura básica mejorando el transporte e intercambio de bienes y servicios. Por ejemplo, un hospital puede beneficiarse de la existencia de calles asfaltadas, ya que permite un acceso más rápido y eficiente para los servicios de emergencia y el traslado de pacientes.

En este contexto, la empresa Química Latinoamericana S.A. juega un papel importante al producir y distribuir una amplia variedad de productos asfálticos utilizados en la pavimentación de caminos en Chile. Su labor contribuye a mejorar la infraestructura vial del país, lo que a su vez impulsa el desarrollo económico y social.

En relación con este tema, se propone la implementación de un plan preventivo que incluya un análisis de los equipos y maquinarias utilizados en el proceso de producción del material asfáltico. Este análisis permitirá identificar aquellos equipos que tienen un mayor impacto en la producción para así identificar qué equipo tiene mayor criticidad en la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Generar una propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico de empresa Química Latinoamericana mediante métodos de mantenimiento centrados en confiabilidad, para luego a través de un estudio técnico-económico ver si es o no factible para la empresa.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el proceso productivo de la empresa Química Latinoamericana S.A. para la selección del equipo crítico mediante método de Diagrama de dispersión logarítmica.
- Jerarquizar a través de modo y efecto de fallas un equipo crítico para la obtención posterior de un nuevo plan de mantenimiento.
- Evaluar plan de mantenimiento propuesto en comparación al plan de mantenimiento actual mediante un estudio técnico-económico.

**1. CAPITULO 1 “ANTECEDENTES GENERALES Y ANALISIS PRODUCTIVO
DE LA PLANTA”**

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Química Latinoamericana S.A. es una empresa fundada en 1987 con la misión de la producción de productos asfálticos y de otros materiales para uso de la pavimentación de caminos, estableciendo su primera planta de operaciones en la ciudad de Viña del Mar y sus oficinas administrativas en la ciudad de Santiago, cuenta también hoy en día con una unidad de producción en la ciudad de Talcahuano en la región del Bío Bío y una distribuidora en el norte de Chile en la región de Antofagasta.

1.2. DISTRIBUCION DE LA EMPRESA

La empresa puede separarse en tres partes principales para el funcionamiento de la producción de una gran gama de asfaltos por ello solo mencionare donde están distribuidos en el interior de la planta los equipos y maquinarias. Algunas de estas secciones se pueden ver en la Figura 1-1 Planta de Viña del mar(Anexo)

La primera parte corresponde a los equipos de planta que tiene los siguientes equipos

- Generador el cual es la fuente de energía utilizada para el funcionamiento de los equipos que se utilizan en la fabricación del asfalto.
- Compresor para el abastecimiento de líneas de aire.
- Ollas con las cuales a través de serpentines se encargan de controlar la temperatura del material.
- Tres calderas encargadas de producir el calor para mantener la temperatura que se necesita en los productos como por ejemplo el residuo de petróleo.
- Dos molinos que son el pilar esencial para la fabricación del asfalto ya que estos molinos, estos se encargan de moler, mezclar y homogenizar los productos que al finalizar su mezcla son el asfalto que se comercializa.
- Estanques de almacenamiento tanto como para el residuo de petróleo, químicos y como para el producto final que es el asfalto.

La segunda parte corresponde al sistema de transporte de materiales con aproximadamente 15 bombas, que son utilizadas para el desplazamiento de los materiales a diferentes molinos, estanques y otros equipos a través de un sistema de tuberías.

1.3. PRODUCTOS COMERCIALIZADOS

Química latinoamericana S.A. cuenta con una gran variedad de productos disponibles al mercado hoy en día de última generación entre ellos posee:

- Cementos asfálticos.
- Emulsiones asfálticas.
- Sellos de juntas y grietas.
- Sellos de alta fricción.
- Sellos bituminosos premezclados.
- Mezclas en frío.
- Pinturas deportivas.

1.4. SERVICIOS ADICIONALES

Química latinoamericana S.A. también ofrece servicios de asistencia y asesorías técnicas a sus clientes a modo de enseñarles el correcto uso y aplicación de los productos que se ofrecen, esto se realiza a través de capacitaciones como por ejemplo Diseños de lechadas y micro pavimentos, y también capacitaciones prácticas en terreno para guiarlos de mejor manera.

1.5. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

La principal materia prima es el asfalto o pitch asfáltico, este es transportado a la planta a una temperatura de 150°C por medio de camiones aljibe adaptados para este propósito, desde la refinería Aconcagua ubicada en Concón o asfalto importado desde el Puerto de Ventanas. La Figura 1-2 Transporte de asfalto muestra el proceso de obtención del asfalto en las refinerías.

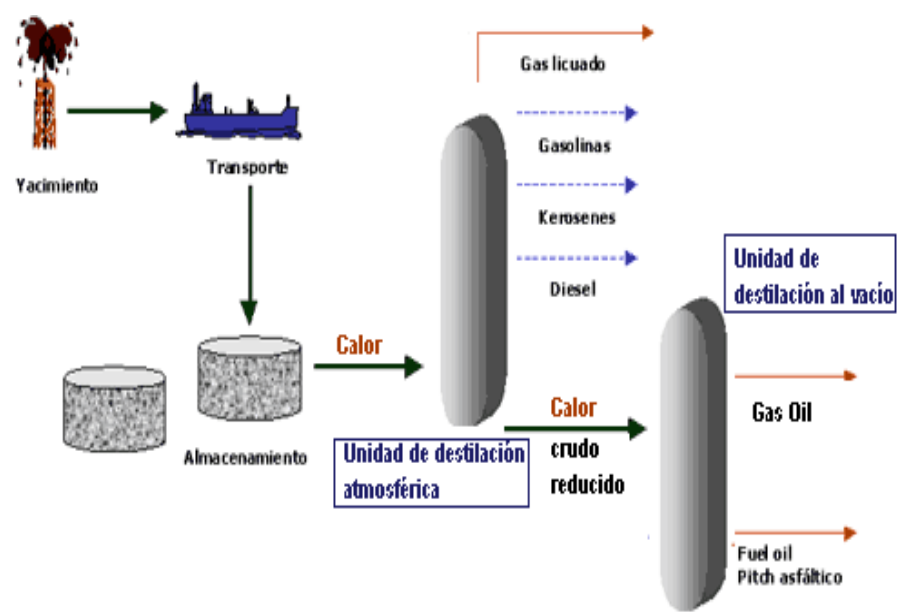


Figura 1-2 Transporte de asfalto
Fuente: Empresa Química Latinoamericana S.A.

El proceso de producción comienza con la llegada del asfalto, este es recibido entre 130°C y 150°C en estanques de acero aislados con lana mineral y revestidos con láminas de aluminio o zinc, además cuentan con serpentines de aceite térmico que permiten mantener o elevar la temperatura.

Todo manejo del asfalto, sus derivados y emulsiones es descargado, transportado desde un estanque a otro y cargado por medio de bombas de desplazamiento positivo de engranajes internos, tanto las bombas como las líneas de producto están calefaccionadas por cañerías de aceite térmico de 1”, aisladas con lana mineral y revestidas con zinc.

Las distintas familias de productos que se fabrican son:

- Cementos asfálticos
- Cementos Asfálticos Modificados
- Emulsiones Asfálticas

1.5.1. Cementos asfálticos

Los Cementos Asfálticos, son materiales termoplásticos de color negro, elaborados a partir de la refinación de crudos de petróleo y especialmente fabricados para el uso en la construcción de pavimentos asfálticos. En Chile, se clasifican por viscosidad, existen los grados C.A 14 y C.A 24. Son productos no contaminantes, altamente viscosos, aglomerantes e impermeabilizantes con características de flexibilidad, durabilidad y adherencia.

Una vez recibido el asfalto en la planta es almacenado en el estanque TK 2000, su capacidad máxima es de 2.000 ton de cemento asfáltico; el componente asfáltico (Gasoil) es recibido en el estanque A12 y A11 con una capacidad de 50 toneladas según se aprecia en la Figura 1-3 Proceso de fabricación de cemento asfáltico, ambas materias primas son bombeadas en una proporción predeterminada hacia los reactores R-1, R-2, R-3, R-10, R-14 y R-15, donde son mezclados con agitadores verticales y calentados con serpentines de aceite a una temperatura de 160°C, una vez terminado el proceso y con el V°B° de laboratorio el producto es destinado a la carga de camiones por medio de bombas de desplazamiento positivo.

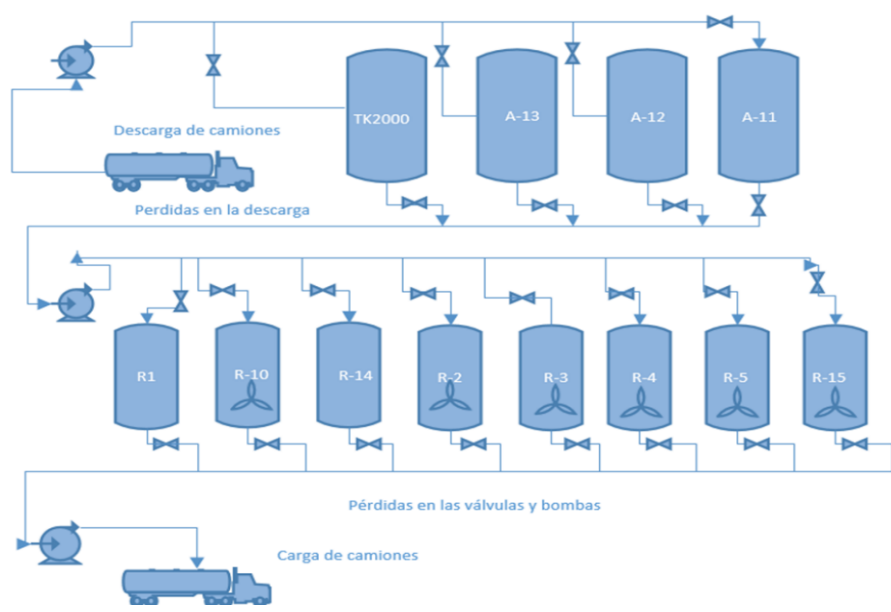


Figura 1-3 Proceso de fabricación de cemento asfáltico
Fuente: Empresa Química Latinoamericana S.A.

1.5.2. Cementos asfálticos modificados.

Los Cementos Asfálticos Modificados, se fabrican incorporando, a un cemento asfáltico seleccionado, polímeros del tipo elastómeros (SBS- estireno butadieno estireno) y aditivos especiales. Los elastómeros mejoran las propiedades reológicas del asfalto a bajas y altas temperaturas, en tanto los aditivos contribuyen a mejorar la dispersión y estabilidad de la mezcla. Se fabrican dos tipos de cementos asfálticos modificados: Cemento asfáltico elastomérico y Stylink.

Debido a la incorporación de los elastómeros poseen excelentes características de flexibilidad, durabilidad y adherencia, traducidos en una notable disminución de la susceptibilidad térmica y a los tiempos de aplicación de carga, aumento de la resistencia a la deformación plástica permanente y resistencia a la fatiga.

La fabricación de este tipo de productos es similar al de los cementos asfálticos, a partir de este punto el asfalto y el componente asfáltico son bombeados hacia el reactor R-2 donde se calienta el producto a una temperatura entre 180°C y 200°C, luego es enviado al depósito de mezcla o humectador donde se realiza una mezcla en línea, agregando entre 2% y 6% de polímero SBS en pellets, este equipo posee un agitador que homogeniza la mezcla antes de pasarla por el molino que tritura las partículas de SBS logrando una incorporación completa, el producto resultante es recibido en los reactores R-3 o R-4, luego se completa de medida final con el saldo de asfalto, recirculando y agitando el reactor por cuatro horas, lo que se denomina proceso de maduración. Finalmente, el asfalto elastomérico resultante es cargado directamente a camiones previo V°B° de laboratorio de control de calidad este proceso se muestra en la Figura 1-4 Fabricación de cementos asfálticos modificados.

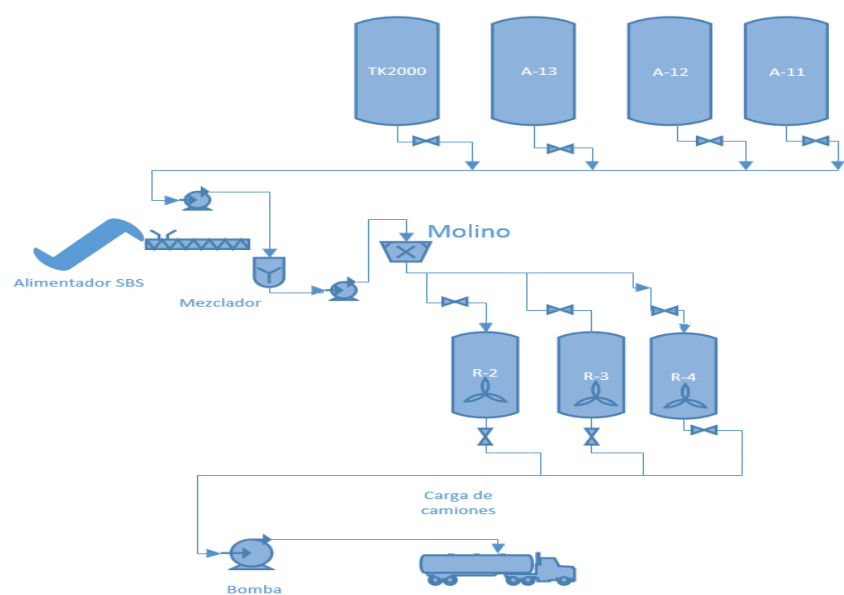


Figura 1-4 Fabricación de cementos asfálticos modificados
Fuente: Empresa Química Latinoamericana S.A.

1.5.3. Emulsiones asfálticas

Las Emulsiones Asfálticas, son productos compuestos en base a una dispersión de asfalto en agua, emulsificantes y aditivos. No contaminante, de excelente durabilidad y adherencia a los áridos.

El proceso de fabricación consiste en el bombeo de asfalto desde el estanque de proceso R-14 y R-4; desde los estanques A-11 y A-12 y desde los estanques de agua directamente hacia el molino de emulsiones.

Dependiendo de la cantidad de emulsión a elaborar se llenan con agua potable las ollas 2 o 3, luego se calientan por medio de serpentines de aceite térmico hasta una temperatura entre 40°C y 60°C, luego se agregan emulsificantes y ácido clorhídrico, hasta obtener un pH definido para cada emulsión. Esta agua de proceso es bombeada a los estanques H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7, H8 y H9.

Disponibles el agua, el componente asfáltico y el asfalto son bombeados en forma simultánea hacia el molino de emulsiones por bombas independientes de velocidad variable, comandadas por un sistema automático que permite un control de la mezcla en línea. La emulsión resultante es enviada a los estanques E-1 al E10, con el V°B° de laboratorio de control de calidad pueden ser bombeados directamente a camiones o a tambores para ser despachados a clientes como se puede apreciar en la Figura 1-5 Emulsiones asfálticas

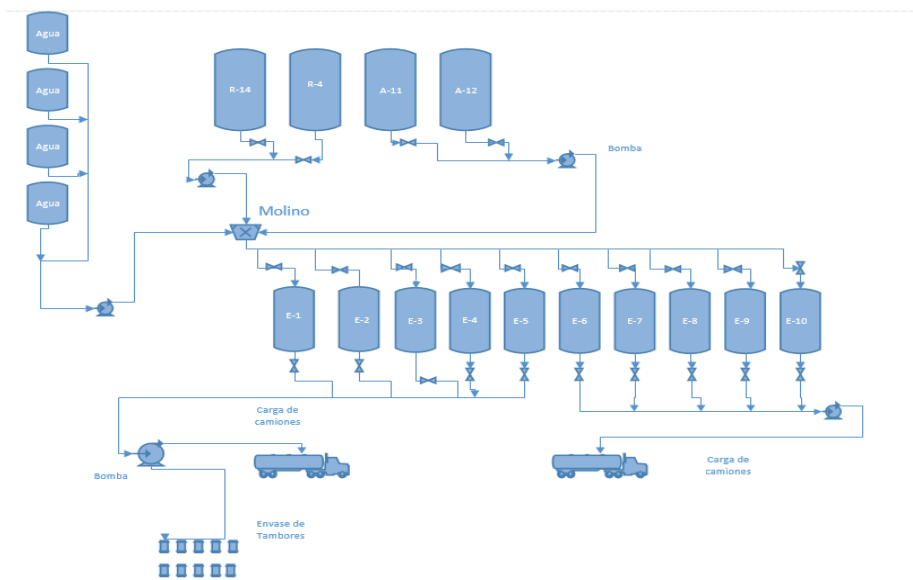


Figura 1-5 Emulsiones asfálticas
Fuente: Empresa Química Latinoamericana S.A.

1.5.4. Stock Pave

El Stock Pave es una mezcla de emulsión asfáltica con un árido mono tamaño de 3/8”, tanto el árido y la emulsión son mezclados en el trompo mezclador por 30 minutos y luego almacenado en una piscina de curado, se fabrican los batch necesarios para repletar la piscina de curado, después de 24 horas es trasladado a la zona de envasado donde los operadores asignados proceden a llenar bolsas de 20 kilos, que son apilados de 50 bolsas por pallet como se puede apreciar en la Figura 1-6 Proceso Stock Pave.

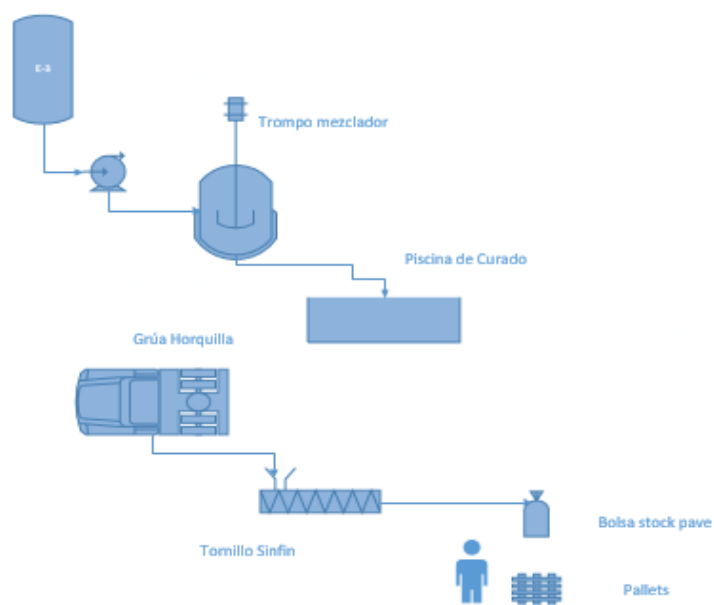


Figura 1-6 Proceso Stock Pave
Fuente: Empresa Quimica Latinoamericana S.A.

1.6. DETERMINACION DE EQUIPO CRITICO

1.6.1. Problemática de equipo critico

En Empresa Química Latinoamericana, cuentan con un plan de mantenimiento correctivo para todos los equipos que dispone la planta de Viña del mar, aunque se menciona que este plan fue diseñado por el actual jefe de mantención utilizando el formato que el utilizaba para las máquinas de su anterior empresa. Aunque a pesar de que se realizó una adaptación de manera que encajara para la estructura de la empresa actual, se simplifico en la medida posible. En este periodo en el que se ha utilizado este plan de mantenimiento ha funcionado de manera efectiva en ciertos equipos, ya que utiliza un método de checklist y la realización de pequeñas intervenciones. También se menciona que solo cuentan con técnico para la realización de las mantenciones correctivas y que para tareas de mayor complejidad se suele recurrir a contratistas externos.

Aun contando con el plan de mantenimiento correctivo, Al depender solamente del mantenimiento correctivo conlleva a enfrentar una serie de inconvenientes. El surgimiento de fallas repentinas resulta en paradas de equipo no planificadas lo que genera costos por tiempos de inactividad y pérdida de ingresos. Además, las reparaciones correctivas puedan en ocasiones resultar más costosas de lo esperado, especialmente si requieren piezas de repuesto urgentes que pueden quizás no tener en la empresa. Estas fallas no detectadas a tiempo pueden causar daños adicionales a otros componentes o equipos, aumentando así los costos de reparación y prolongando el tiempo en que el equipo no está disponible. Además, intervenciones inesperadas pueden llegar a afectar negativamente la calidad del producto final, lo que resulta en la insatisfacción del cliente y mala reputación para la empresa.

Todo esto afecta significativamente en costos, esto significa que la empresa debe calcular los gastos que conllevan la inactividad de los equipos como los costos de reparación del equipo, pérdida en la producción, sueldos de empleados durante el tiempo en que no pueden trabajar y otros costos asociados como se pueden ver en el ANEXO 1. Por eso al entender esto proponer un nuevo plan de mantenimiento ayudaría a que la empresa pueda reducir costos de reparación y mejorar la eficiencia general de los sistemas de producción de asfalto.

1.6.2. Consideraciones de análisis

En este análisis se tendrán ciertos parámetros al momento de la toma de datos proporcionados por la empresa, en solo se usarán datos obtenidos por las intervenciones de índole correctivas para el uso de MTTR en el análisis.

Para el análisis se tendrán en cuenta los datos de un periodo de 12 meses en total, donde mensualmente cada equipo según los datos entregados por el equipo de producción de la empresa es de 180 horas reales lo que deja con un total de 2160 horas en el periodo de un año.

1.6.3. Diagrama Jack Knife

Este método para analizar los equipos nos permite evaluar los tiempos que el equipo o maquina se encuentra indisponible a través de un diagrama de dispersión logarítmica. Con este método podemos analizar los datos de la frecuencia de fallas del equipo ósea cuantas fallas este ha tenido en un tiempo determinado y cuánto tiempo se dispuso para la solución de esa falla.

Cuando se realiza este análisis existen ciertos puntos que nos ayudan a determinar la criticidad de los equipos, para ellos se debe establece un límite de cantidad de fallas, un límite para el MTTR y una Iso de indisponibilidad, con estos ejes se establecen cuatro sectores denominados cuadrantes donde cada cuadrante nos dice que nivel de importancia tiene el equipo por su frecuencia de fallas y tiempo de intervención.

Los cuadrantes se establecen como Agudos, Agudos crónicos, Crónicos y Bajo Control (agudos leves) como se puede ver en la Figura 1-7 Diagrama Jack Knife(ANEXO 2)

El cuadrante agudo nos dice que el tiempo que se demoran en reparar el equipo es extenso, pero de baja frecuencia de fallas.

El cuadrante crónico nos dice que la frecuencia de fallas es de alta frecuencia, pero el tiempo que se encuentra en detención el equipo es menor. Este cuadrante es un término medio de las anteriores por lo que al momento de identificar el equipo critico es el mejor cuadrante para analizar.

El ultimo cuadrante se caracteriza porque en él se sitúan en su mayoría los equipos que se encuentran bajo control, ya que en este sector es donde se discriminan los equipos que presentan una baja frecuencia de fallas. Y en comparación a los otros cuadrantes la importancia o el impacto que generar las fallas es poca y menor.

Con los datos que se disponen por las mantenciones correctivas y con el tiempo que dispuso para solucionarlas se genera una base de datos donde se determinan los tiempos acumulados, los límites, el MTTR y otros datos para realizar el análisis para poder determinar el equipo con mayor criticidad en la empresa Química latinoamericana. Estos datos se ven reflejados en la Figura 1-7 Diagrama Jack Knife donde se emplean varias líneas para limitar los cuadrantes y los equipos, de los cuales los más importantes se podrían decir que son las líneas de Iso de disponibilidad que son 90%, 82% y 77%.

El uso esencial de las líneas Iso de disponibilidad son de gran importancia, ya que tienen el objetivo de realizar una separación y clasificación de equipos para encontrar el que presenta mayor criticidad a la empresa. De esta forma se puede establecer de manera jerarquizada el rendimiento del equipo y la frecuencia de fallas.

Basado en el análisis de la línea Iso de disponibilidad del 77% se identifica que el equipo crítico es el molino MC2 ubicado en el cuadrante agudo crónico. Este es prácticamente el principal equipo de la empresa, ya que con este molino se produce el mayor porcentaje de asfalto diario que se solicita por parte del cliente.

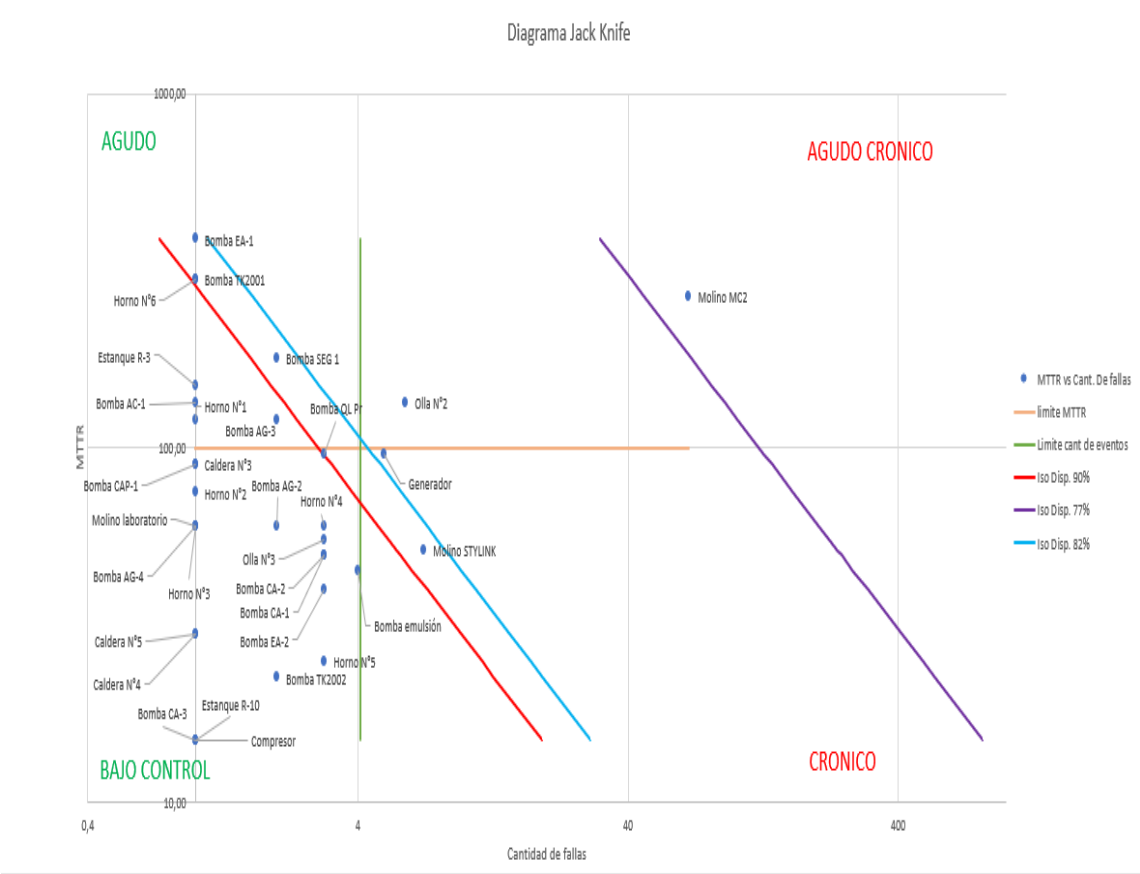


Figura 1-7 Diagrama Jack Knife
Fuente: Elaboración propia

Para concluir, se lleva a cabo un análisis detallado de los subsistemas del equipo mediante un nuevo Jack Knife, como se muestra en la Figura 1-8 Diagrama Jack Knife Subsistemas (ANEXO 3). El objetivo de este análisis es darle un mayor enfoque y también una mejor profundidad a los que es comprender cuales áreas presentan mayores problemas basado las frecuencias de fallas y el tiempo de ellas.

Entre los subsistemas del equipo identificados como problemáticos se encuentran el intercambiador, el molino coloidal, la bomba de agua y la bomba de recirculación. Estos subsistemas son los que han experimentado fallas de manera recurrente, por lo que se busca abordar los problemas asociados a ellos y buscar una posible estrategia de mejoría.

En este nuevo análisis, se emplearon dos líneas de referencia de disponibilidad: una al 90% y otra al 70%. Basándonos en estas líneas de referencia, se determinó que el subsistema que se sitúa por encima del 70% y que a la vez se ubica en el cuadrante agudo crónico es el intercambiador. Esto implica que el intercambiador es el subsistema que presenta la disponibilidad más baja y las fallas más frecuentes y persistentes.

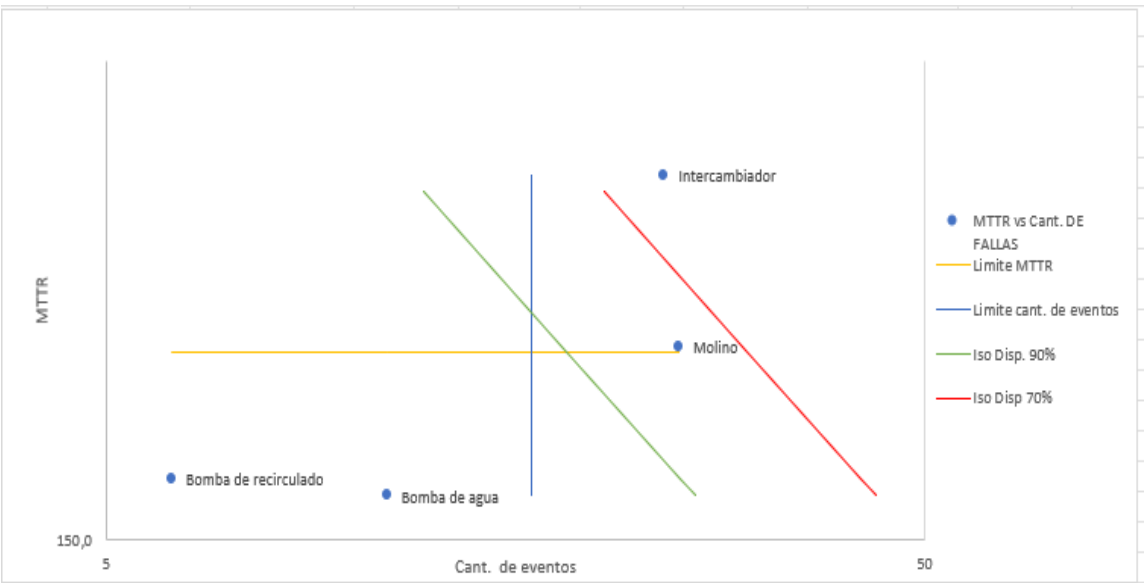


Figura 1-8 Diagrama Jack Knife Subsistemas
Fuente: Elaboración propia

**CAPITULO 2 “JERARQUIZACION DE LOS MODOS Y EFECTOS DE FALLA
DEL EQUIPO CRITICO”**

2. Molino MC2

Para dar un mejor enfoque en la jerarquización de modo de efectos y fallas se dará una explicación de los componentes de la estación MC2 y el funcionamiento en general de los equipos (Figura 2-1 Molino MC2) para luego dar el enfoque primordial que el subsistema más crítico para evaluar los modos de fallas.



Figura 2-1 Molino MC2

Fuente: Elaboración propia

2.1. Componentes Molino MC2

2.1.1. Estanques de almacenamiento de asfalto

Estos estanques están diseñados para que contengan grandes cantidades de asfalto líquido, que son traídas desde las refinerías de petróleo, principalmente son dos estanques uno se llena con el asfalto y el segundo se deja vacío para después un proceso de recirculado. (Figura 2-2 Estanques Molino)

Estos estanques cuentan en su interior con un sistema de serpentines que son tubos enrollados por los cuales pasan en su interior aceite que se encarga de regular la temperatura del asfalto y así mantenerla en las condiciones que se necesitan en su posterior uso que es la fabricación de las emulsiones asfálticas. Controlar de manera precisa la temperatura es fundamental para todo el proceso ya que el asfalto cuenta con propiedad de alta viscosidad y que esta se mantenga en estado líquido y no se adhiera en el interior

de los estanques es fundamental, para que luego sea bombeado y continúe con el proceso de mezclado.



Figura 2-2 Estanques Molino

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Bomba de asfalto

La bomba de asfalto desempeña la labor de desplazar el asfalto líquido desde los estanques de almacenamientos en dirección al molino. Este tipo de bomba está encargada de manejar la alta viscosidad que tiene el asfalto, por ello además cuenta con distintas funciones como sistema de calentamiento, dispositivos para poder controlar que el sistema de bombeo sea el adecuado para las circunstancias siendo esta de buena precisión. Además de también contar con válvulas de regulaciones permiten que la distribución del asfalto de manera uniforme al momento de la mezcla en el molino con los demás componentes como es el agua preparada.

2.1.3. Bomba de recirculado

Esta bomba se encarga después de finalizada la primera tanda de mezcla devolver el producto al estanque vacío para realizarse nuevamente el todo el proceso de molienda de los fluidos.

2.1.4. La bomba de agua

Esta bomba se utiliza para la extracción de agua preparada de unos depósitos externos que cuentan con distintos tipos de químicos, estos pueden ser por ejemplo el látex, keroseno, gasoil, entre otros tipos de aditivos que van a depender de que tipo de emulsiones son las que se van a producir. La bomba se encarga de bombear esta agua hacia el molino en donde el agua se encuentra con el asfalto para continuar con el proceso de la mezcla de ellos. (Figura 2-3 Bomba de Agua)



Figura 2-3 Bomba de Agua

Fuente: Elaboración propia

2.1.5. El sistema de cañerías

Es el medio para el transporte de los distintos fluidos tanto como el del asfalto como el de las aguas preparadas, este sistema cuenta con varios componentes claves, como son las válvulas para controlar el flujo de los fluidos y también dispositivos de control para la regulación de presión que se genera al transportar los fluidos. Estas válvulas manuales de son muy útiles para la regulación de la presión del sistema ya que con ellas podemos mantener un a presión constante así evitando que se generen sobrepresiones o presiones insuficientes, estas también cuentan con filtros para proteger los demás componentes evitando el paso de componentes no deseados (Figura 2-4 Cañerías MC2).



Figura 2-4 Cañerías MC2
Fuente: Elaboración propia

2.1.6. Tablero de control

El tablero de control que se ve en Figura 2-5 Tablero eléctrico el cual es un componente muy importante en la estación MC2 ya que es esencial en la producción de las emulsiones asfálticas, con este tablero se puede supervisar y controlar de manera periódica las temperaturas y los fluidos que existen en el proceso de producción. Este tablero muestra en tiempo real en qué condiciones se encuentra toda la operación, también permite ajustar los parámetros que sean necesarios para conseguir el asfalto con la calidad que se exige.



Figura 2-5 Tablero eléctrico
Fuente: Elaborarion propia

2.1.7. Molino coloidal

El molino coloidal es el componente encargado de mezclar los fluidos, en este caso el asfalto y el agua preparada, se encarga de homogenizar estos productos utilizando en su interior un estator y un rotor, los cuales giran a una gran velocidad produciendo fuertes acciones de corte y rozamiento sobre los fluidos que pasan a través de ellos. Este proceso mecánico garantiza que la dispersión de los fluidos y su mezcla sean de manera uniforme y de alta calidad.

2.1.8. Intercambiador de calor

El intercambiador de calor (Figura 2-6 Intercambiador de calor) tiene la función de optimizar la transferencia de calor entre los fluidos involucrados en la fabricación de la emulsión asfáltica. Este dispositivo tiene la virtud en su diseño que permite maximizar de gran manera la eficiencia térmica, ya que permite aprovechar el calor residual generado durante el proceso de homogenización del asfalto con el agua preparada.

Este dispositivo al utilizar el calor residual logra un ahorro energético durante el proceso, esto reduce de gran manera la energía externa contribuyendo a l proceso de producción. Además de significar un ahorro energético también ayuda en la obtención de una mejor calidad en el producto final, ya que este ayuda en tener una temperatura precisa entre los fluidos evitando así problemas como formación de grumos asegurando que la emulsión asfáltica sea completamente homogénea



Figura 2-6 Intercambiador de calor

Fuente: www.Termoequipos.cl

El funcionamiento en general de este equipo consiste en un paquete de placas de metal corrugado con entadas y salidas para el desplazamiento de los fluidos de manera separada. La transferencia de calor entre los dos fluidos se realiza a través de las placas. El paquete de placas se ensambla entre una placa de marco y una placa de presión y se comprime apretando los pernos. Las placas están equipadas con una junta que sella el canal y dirige los fluidos a canales alternos. La corrugación de la placa promueve la turbulencia del fluido y soporta las placas contra la presión diferencial.

Este intercambio de calor entre los fluidos permite que se produzca una transferencia térmica eficiente y efectiva. A medida que los fluidos interactúan en las placas corrugadas, ocurre una transferencia de energía térmica, lo que resulta en un aumento de temperatura en el fluido frío y una disminución de temperatura en el fluido caliente. (Figura 2-7 Proceso de intercambio de calor)

Es importante destacar que este proceso de transferencia de calor se logra gracias a la disposición de las placas corrugadas en el intercambiador, que proporciona una mayor superficie de contacto entre los fluidos. Esto favorece una transferencia de calor más efectiva y una mejora en la eficiencia del intercambiador de calor.

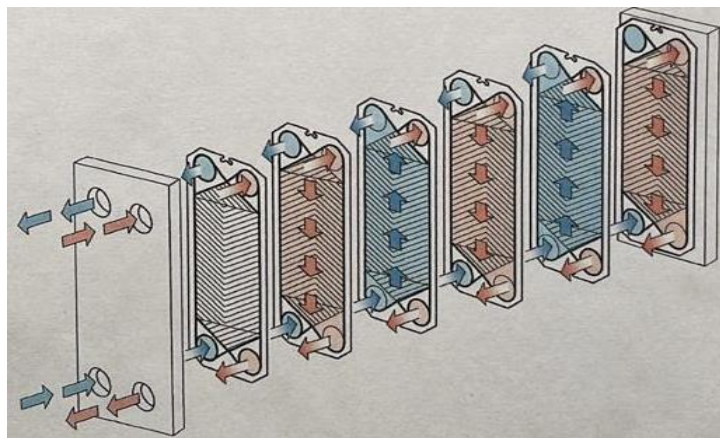


Figura 2-7 Proceso de intercambio de calor

Fuente: Manual intercambiador

2.2. Características de Intercambiador de calor

Detalles técnicos del intercambiador (Tabla 2-1 Detalles técnicos) que entrega datos relacionados a las dimensiones del equipo, material de los componentes y también cuales son las capacidades tanto de temperatura, presión y caudal.

Estructura	
Altura	890 [mm]
Ancho	400 [mm]
Bastidor	Acero al carbono
Placas	Acero inoxidable AISI 326 Titanio
Anchura canal	3,9 [mm]
Numero de placas	30
Capacidades	
Caudal máximo	22,71 [m^3/h]
Caudal de trabajo real	10 [m^3/h]
Presión máxima de trabajo	16 [bar]
Temperatura máxima de trabajo	130° C- 180° C

Tabla 2-1 Detalles técnicos

Fuente: Ficha técnica intercamiador de calor

2.3. Análisis SIPOC

Este análisis ayudara a comprender de manera resumida el proceso de producción emulsión asfáltica, para la utilización de esta herramienta hay que entender significa SIPOC el cual es un acrónimo de SUPPLIERS, INPUTS, PROCESS, OUTPUTS Y CUSTEMERS.

Con estos puntos podemos identificar de manera objetiva los elementos esenciales involucrados en la producción

- SUPPLIERS (Proveedores): Son las fuentes que proporcionan el componente primordial para el proceso.
- INPUTS (Entradas): Estas equivalen a los materiales o recursos que son necesarios para que se dé inicio o se lleve a cabo el proceso.
- PROCESS (Proceso): Este punto es donde se realiza el trabajo utilizando las entradas para que se transformen en las salidas
- OUTPUTS (Salidas): Es el resultado que se obtiene a través del proceso, en el cual se pueden obtener resultados tangibles o intangibles como pueden ser productos de manera física o como servicios.
- CUSTOMERS (Clientes): Es el destinatario interesado que recibe las salidas, que pueden ser tanto como entidades internas como externas.

En el caso del Intercambiador de calor su SIPOC es:

- Proveedores: sistema de bombas y cañerías
- Entradas: Asfalto derivado del petróleo denominado PITCH
- Proceso: Transferencia de calor
- Salidas: Asfalto
- Cliente: Molino

Equipo	S	I	P	O	C
Intercambiador de calor	Sistema de bombeo y cañerías	Asfalto a una temperatura de 180 °C a 10 [m^3/h]	Transferencia de calor entre el flujo de Fluidos, de aproximadamente 30 [ton] en un periodo de 8 horas.	Asfalto a temperatura entre 140 ° C y 150°C a un caudal de salida de a 10 [m^3/h]	Molino coloidal con la función de triturar y homogenizar 30 [ton] en un periodo de 8 horas.

Tabla 2-2 Analisis sipoc

Fuente: Elaboracion Propia

2.4. Análisis FMECA

El uso de FMECA, también conocido como análisis de modo de falla y efecto (por sus siglas en ingles), es fundamental para evaluar la confiabilidad y el rendimiento de un equipo. En este análisis, el equipo critico en cuestión es el intercambiador de calor.

Al realizar este análisis, es importante tener en cuenta tres conceptos esenciales: el modo de falla, la causa de falla t el efecto de falla. Estos conceptos se definen según la norma ISO 14224 de la siguiente manera.

- Modo de falla: se establece como la forma en que el equipo deja de cumplir las exigencias de su uso según fue previsto.
- Causa de falla: se define como el factor o factores que conducen a la aparición del modo de falla. Estas causas pueden variar debido a las circunstancias o condiciones que afecten al equipo, como pueden ser falta de mantenimiento o condiciones ambientales que sean riesgosas.
- Efecto de falla: se refiere a las consecuencias o impacto resultante del modo de falla en la funcionalidad del equipo.

Es importante comprender y saber establece estos conceptos para poder realizar un estudio claro y preciso. Este análisis se enfoca en el impacto que tienen estas fallas en la producción.

Clasificación de ocurrencia de fallas

Para poder realizar este análisis de confiabilidad se establecerá un juicio cualitativo para categorizar la ocurrencia de estas fallas en un periodo de 12 meses, por ello se realiza la siguiente tabla (Tabla 2-3 Clasificación de ocurrencia) para definirlos:

Ocurrencia	
Nivel	Criterio
1	1 a 5 fallas o eventos en un perido de 12 meses que afecten al equipo
2	6 a 10 fallas o eventos en un periodo de 12 meses que afecten al equipo
3	11 o 15 fallas o eventos en un periodo de 12 meses que afecten al equipo
4	16 o mas fallas o eventos en un periodo de 12 meses que afecten al equipo

Tabla 2-3 Clasificación de ocurrencia
Fuente: Elaboracion propia

Clasificación de severidad

Esta clasificación se basa en cuanto afecta en tiempos en que el equipo se encuentra fuera de servicio afectando directamente en la producción como se puede apreciar en la Tabla 2-4 Clasificación de severidad

Severidad	
Nivel	Criterio
1	interrupcion de tiempo bajo en la produccion
2	interrupcion de tiempo moderado en la produccion
3	interrupcion de tiempo alto en la produccion
4	interrupcion de tiempo extremadamente alto en la produccion

Tabla 2-4 Clasificación de severidad
Fuente: Elaboración Propia

Clasificación de detención

Esta clasificación se basa en la probabilidad de detectar un indicio de falla y poder realizar la corrección correspondiente para así evitar una falla funcional afectando directamente en la producción como se puede apreciar en la Tabla 2-5 Clasificación de detectabilidad.

Detectabilidad	
Nivel	Criterio
1	Facil detección visual para identificar la causa de falla y realizar corrección.
2	Mediana faciliada de detecion para identificar la causa de falla y realizar corrección.
3	Baja probabilidad de detecion de falla para poder corregirse de manera rapida.
4	Muy dificil probabilidad de detección a tiempo antes de que puede ocurrir una falla funcional.

Tabla 2-5 Clasificación de detectabilidad.
Fuente: Elaboración propia

Equipo	Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla	S	O	D	NPR	Mecanismo de falla
Intercambiador de calor	Llevar a cabo una transferencia de calor mediante el flujo fluidos con un caudal de 10[m ³ /h], así obteniendo una temperatura de 150 °C en el asfalto	Reducción de caudal a menos de 10[m ³ /h]	Placas de marco y presión deformadas.	filtración de fluido entre placas por no estar bien selladas.	3	1	2	6	Falla Mecánica
			Grietas en placas por desgaste de canales	Fuga de fluidos en placas del intercambiador de calor	4	1	3	12	Falla Mecánica
			Desalineación de placas	Desplazamiento o desalineación de las placas debido a vibraciones, causando fugas y bajo rendimiento	4	1	1	4	Falla Mecánica
			Rotura de cañerías de entrega de fluidos	Filtración de fluidos generando por rotura de cañerías.	2	1	1	2	Falla Mecánica
			Problemas de la calidad del fluido	La presencia de contaminantes solidos o grasas que causan obstrucciones o daños en las placas	1	1	1	1	Falla Mecánica
		No flujo de caudal de asfalto	Obstrucciones en líneas y salidas de entradas asfalto	Estancamiento de asfalto provocando rotura de sellos produciendo filtraciones de fluidos.	4	4	1	16	Falla Mecánica
			Problemas en sistema de control de presión	Problemas en las válvulas encargadas de aliviar presión causando sobrepresiones o vacíos	3	1	1	3	Falla Mecánica

			Rotura de bridas de unión entre entradas y las cañerías	Fuga de fluidos por deformación o grietas	4	1	2	8	Falla Mecánica
			Sobrepresión o vacío	parámetros de operación fuera de los rangos permitidos, provocando daños en juntas o fugas de fluido	3	1	2	6	Falla Mecánica
			Rotura de elementos de motor	Rotura de rodamientos de motor provocando parada de bomba	2	1	1	2	Falla Mecánica
			Bloqueo entre canales de las placas	Atascamiento por residuos o contaminación que afectan al desplazamiento de los fluidos.	4	3	4	48	Falla Mecánica
			Obstrucciones en líneas de entradas y salidas de agua	Estancamiento de asfalto provocando rotura de sellos produciendo filtraciones de fluidos.	4	4	1	16	Falla Mecánica
			Bloqueo de válvulas	Taponamiento de las vías para el paso de fluido	4	1	1	3	Falla Mecánica
			Rotura juntas de bridas	Corrosión en los elementos del intercambiador como pernos, tuercas que unen las bridas implicando en rotura de elementos	4	1	1	4	Falla de Material

		Temperatura inusualmente alta mayor a 150 °C o baja menor a 150 °C en el fluido de entra o salida	Acumulación de vapor	Acumulación de vapor o aire en los canales interfiriendo en el flujo correcto de los fluidos	2	1	1	2	Falla Mecánica
			Deterioro de separadores de goma entre placas	Fugas de fluidos debido a rotura de las gomas	3	1	2	6	Falla Mecánica
			Deterioro de empaquetaduras de bridas	Filtración de fluidos generando un aumento o disminución de temperatura.	2	1	1	2	Falla Mecánica
		Sistema de enfriamiento no disponible o sin funcionar	Termostato defectuoso	No transmisión de la temperatura adecuada por calibración inadecuada	1	1	1	1	Falla Mecánica
			Baja presión de agua refrigerante	No reducción de temperatura del asfalto	3	1	1	3	Falla Mecánica

Tabla 2-6 Tabla FMECA

Fuente: Elaboración propia

2.5. Planificación de tareas de mantenimiento

Para la planificación apropiada de las estrategias de mantenimiento frente a los fallos detectados en el subsistema de transferencia de calor, en base a los modos de fallo más críticos identificados en la Tabla 2-6 Tabla FMECA, es la elaboración un plan preventivo de mantenimiento. Este plan se basará en el MTBF de cada modo de falla y MTTR, priorizando aquellos con un NPR más elevado. En este sentido, Al analizar la Tabla 2-6 Tabla FMECA podemos identificar los puntos con mayor prioridad de riesgo, también conocidos como NPR (Número de Prioridad de Riesgo). Este valor se obtiene al multiplicar la severidad, ocurrencia y detectabilidad, en este análisis los datos pueden variar entre un mínimo de 1 y un máximo de 64 de NPR.

Entre los puntos con mayor prioridad de riesgo, destacan el bloqueo entre las placas corrugadas, las fugas en las líneas de entrada y salida de los fluidos en el intercambiador y filtración de fluido entre las placas. Estas fallas pueden atribuirse a componentes específicos, como las placas corrugadas, las empaquetaduras de las bridas y los separadores de gomas entre placas.

Es importante señalar que estos componentes presentan un alto riesgo debido a su potencial impacto en términos de severidad, ocurrencia y detectabilidad. Por lo tanto, es fundamental tomar medidas para abordar y mejorar la fiabilidad de estos componentes en el intercambiador.

Con esa priorización se realiza un MTBF para la realización de un plan de mantenimiento preventivo.

2.5.1. MTBF

Es un método utilizado en mantenibilidad para medir la confiabilidad de un equipo o sistema. Se calcula como el tiempo promedio que transcurre entre las fallas durante un período determinado. Un mayor valor de MTBF indica una mayor confiabilidad, lo que implica que el equipo o sistema puede funcionar durante más tiempo sin experimentar una falla. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el MTBF no garantiza que no ocurran fallas durante un período específico, ya que se basa en un análisis estadístico del historial del sistema y evalúa las probabilidades de que ocurra o no una falla.

Modos de fallas	N° de fallas	Tiempo de fallas	Disponibilidad	MTTR	MTBF
Bridas	5	24,5	98,87%	4,90	432,00
Placas	14	84	96,11%	6,00	154,29
Gomas	5	21,5	99,00%	4,30	432,00

Tabla 2-7 Tabla MTBF
Fuente: Elaboración propia

Con el fin de implementar un adecuado mantenimiento preventivo, llevamos a cabo evaluaciones mensuales para determinar el impacto en los componentes y analizar en qué momento se produce una disminución en el porcentaje, el cual indica que entre más alto es menor la posibilidad de que ocurra una falla y si esta disminuye de manera considerable es que en ese periodo de tiempo es muy probable que exista una falla. Esto nos permite evaluar las medidas preventivas que hay que realizar en consecuencia. (Tabla 2-7 Tabla MTBF)

Parametros evaluados Confiabilidad R(t)				
Horas	Tiempo	Bridas	Placas	Gomas
8	8 hrs	98,17%	94,95%	98,17%
45	Sem 1	90,11%	74,70%	90,11%
90	Sem 2	81,19%	55,80%	81,19%
135	Sem 3	73,16%	41,69%	73,16%
180	1 mes	65,92%	31,14%	65,92%
360	2 meses	43,46%	9,70%	43,46%
540	3 meses	28,65%	3,02%	28,65%
700	4 meses	19,78%	1,07%	19,78%
900	5 meses	12,45%	0,29%	12,45%
1080	6 meses	8,21%	0,09%	8,21%
1260	7 meses	5,41%	0,03%	5,41%
1440	8 meses	3,57%	0,01%	3,57%
1620	9 meses	2,35%	0,00%	2,35%
1800	10 meses	1,55%	0,00%	1,55%
1980	11 meses	1,02%	0,00%	1,02%
2160	12 meses	0,67%	0,00%	0,67%

Tabla 2-8 Análisis de que mes realizar plan preventivo
Fuente: Elaboración Propia

Tras realizar el estudio en base a la confiabilidad del equipo el cual representa la probabilidad de que un componente o equipo funcione de manera correcta en un tiempo determinado en otras palabras “R(t)” es la probabilidad de que el sistema falle, esto se puede evidenciar por los porcentajes de los componente como las placas corrugadas que presentan presenta un nivel de confiabilidad muy bajo, con un porcentaje de funcionamiento del 41.69% a la tercera semana (Tabla 2-8 Análisis de que mes realizar plan preventivo), el formato para evaluar este es el cálculo asociado entre el MTBF del componente y las horas de funcionamiento del equipo. Este resultado indica la necesidad imperante de implementar de inmediato un plan de mantenimiento preventivo en el cual se deberá realizar una intervención de mantenimiento a la tercera semana, dando un total de 17 intervenciones en un periodo de un año para evitar la aparición de problemas más graves.

Para lograr la implementación de este plan, se procede a elaborar un conjunto de tareas de mantenimiento relacionadas a las placas corrugadas, las empaquetaduras de las bridas y los separadores de gomas entre placas.

Estas tareas de mantenimiento se organizan de acuerdo con su periodicidad, buscando que al llevar a cabo las mantenciones se minimicen las interrupciones no planificadas en la producción.

Meses	Bridas	Placas	Gomas
Interv. 1	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 2	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 3	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 4	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 5	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 6	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 7	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 8	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 9	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 10	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 11	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 12	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 13	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 14	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 15	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección
Interv. 16	Cambio	Limpieza y cambio solo x cond.	Cambio x condiciones
Interv. 17	Inspección	Limpieza y cambio solo x cond.	Inspección

Tabla 2-9 Tareas de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Estas tareas se llevan a cabo según las condiciones de los componentes especialmente las placas al ser el componente de mayor importancia y la vez el repuesto con mayor coste se evalúa dependiendo de las condiciones y la severidad de las placas para determinar si es necesario realizar un cambio de estas, pero en todas las intervenciones son de criterio de limpieza y luego la evaluación de condiciones analizando de si afecta a su correcto funcionamiento. En las bridas se evalúa las condiciones de las empaquetaduras y los separadores de goma, se cambiarán en la segunda intervención ya que al mes dos con un total de 8 semanas estos componentes presentan 43.46 % de probabilidad de que aun este optimo, por eso en la semana 6 se le realizará los cambios de estos para evitar el surgimiento de fallas inesperadas.

2.5.2. MTTR

El análisis MTTR ayuda a determinar cuál es el tiempo óptimo para llevar a cabo el correcto mantenimiento del intercambiador o al menos lograr el correcto funcionamiento en un tiempo determinado. En este caso específico después de los cálculos y los porcentajes se determina que para que esté en funcionamiento del intercambiador de calor se deberán disponer 6 horas para realizar las tareas de mantenimiento como se puede ver en la Tabla 2-10 Horas para realizar mantención teniendo en cuenta que con un 63,21% las placas estarán en óptimas condiciones para que puedan volver a utilizarse usando de referencia como una media de 60 % de que el equipo pueda estar en funcionamiento. La precisión en este cálculo es fundamental para planificar eficientemente las actividades de mantenimiento y minimizar el impacto en la producción.

En este periodo de horas abarcan las tareas de:

- 1. Parada de equipos y desmonte de intercambiador de calor.
- 2. Desplazamiento de intercambiador de calor a la planta de mantenimiento.
- 3. Desarme de componentes de intercambiador de calor.
- 4. Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.
- 5. Cambio de separadores y empaquetaduras.
- 6. Armado de intercambiador de calor, intercalando placas y separadores.
- 7. Desplazamiento de intercambiador a la estación de molienda.
- 8. Montaje de intercambiador de calor a las líneas de cañerías y otros.
- 9. Encendido de equipos y prueba.

Parametros evaluados			
Horas	Bridas	Placas	Gomas
1	18,46%	15,35%	20,75%
2	33,51%	28,35%	37,19%
3	45,79%	39,35%	50,23%
4	55,79%	48,66%	60,55%
5	63,96%	56,54%	68,74%
6	70,61%	63,21%	75,23%
7	76,03%	68,86%	80,37%
8	80,46%	73,64%	84,44%

Tabla 2-10 Horas para realizar mantención
Funete Elaboración propia

El realizar estas actividades están tomadas en cuenta en la experiencia del único técnico de mantenimiento para llevar a cabo las mantenciones de los equipos en la empresa, el técnico dio a conocer tiempos aproximados en los que se demora en realizarlas y siguiendo esa línea y los cálculos de MTTR se estableció los tiempos que se pueden ver en la Tabla 2-11 Tiempo estimado para mantenimiento de equipo

Tarea	Tiempo
Parada de equipo y desmonte	50 minutos
Desplazamiento de equipo a plana de mantenimiento	5 minutos
Desarme de componetes de IC	20 minutos
Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.	180 min
Cambio de separadores y empaquetaduras	10 minutos
Armado de IC	40 hora
Desplazamiento de equipo a estacion de molienda	5 minutos
Montaje de IC y encendido	50 minutos
TOTAL	6 horas

Tabla 2-11 Tiempo estimado para mantenimiento de equipo
Fuente: Elaboración propia

**3. CAPITULO 3: “EVALUACION ECONOMICA DE PLAN DE
MANTENIMIENTO”**

3.1. Guías de plan de mantenimiento

A pesar de que existen puntos prioritarios en los que se debe enfocar y realizar mantenimiento, estos puntos son correlacionados ya que al fallar uno el otro también se ve afectado. Por esto es por lo que dado que el intercambiador de calor de placas es un componente que puede someterse a un mantenimiento completo.

Una de las medidas a tomar un plan estilo check list semanal para poder tener un control de la maquina basado en ir revisando su estado, revisar existencia de fugas, realizar controles de parámetros y una limpieza general del quipo, entre otras que se muestran en la ficha de plan semanal. (Figura 3-1 Plan de mantenimiento semanal) (ANEXO 3), esta medida de control es solo para tener en caso de encontrar una falla y realizar una mantención correctiva y para tener un mejor control del equipo.

El fin de estas pequeñas tareas de mantenimiento son:

- Inspecciones visuales para encontrar fugas.
- Limpiar suciedad o acumulaciones de asfalto para evitar un mal funcionamiento.
- Revisar los parámetros de funcionamiento de la máquina para evitar problemas de rendimiento.
- Revisión las juntas y uniones para que no existan vibraciones que perjudiquen el equipo.

Plan Preventivo Semanal							
Equipo			UBICACIÓN	Fecha de inicio		Fecha de termino	
Intercambiador				Molino MC2			
TÉCNICO RESPONSABLE	Mantención				Hora de inicio	Hora de termino	
Nombre:	X						
ITEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES PROGRAMADAS			SI	NO	H.H.	
1	Inspeccion visual de placas corrugadas						
2	Prueba de fugas con fluido						
3	Medición de temperatura y presion						
4	Revisión de juntas y aprietes						
5	Revisión de linea de guía						
6	Limpieza general del equipo (entorno)						
7	Otros:						
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15						Total H.H:	
OBSERVACIONES:							

Figura 3-1 Plan de mantenimiento semanal

Fuente: Elaboración propia

Y para realizar el mantenimiento de cada 3 semanas basado en lo que se obtuvo de los datos de MTBF y MTTR, se tiene en cuenta que debe realizarse un desmonte completo del intercambiador.

Las tareas para realizar van enfocadas a un desarme completo del intercambiador para realizar minuciosas tareas de limpieza, cambios de empaquetaduras, revisión de posibles deterioros de componentes, como por ejemplo las placas corrugadas entre otras tareas como se pueden ver en la Figura 3-2 Plan de mantenimiento cada 3 semanas(ANEXO 4)

El procedimiento este mantenimiento principal:

- 1. Preparación, ósea, que el equipo no se encuentre en funcionamiento para su extracción y reunir las herramientas que se han de utilizar en todo el proceso de mantenimiento.
- 2. El desarme del intercambiador: retirar las cubiertas, desmontar los soportes, separar las placas corrugadas con cuidado, etc.
- 3. Limpieza de las placas con solventes o químicos para quitar suciedades y restos de fluidos.
- 4. La revisión de los componentes como pernos, empaquetaduras, juntas, entre otras para evaluar su cambio si es que están muy dañadas.
- 5. Ensamblaje, cerciorándose de las debidas conexiones y ajustes con los demás componentes.
- 6. Y finalmente una prueba de funcionamiento para cerciorarse de que no existan fugas o exista algún inconveniente su funcionamiento.

Plan Preventivo cada 3 Semanas						
Equipo			UBICACIÓN	Fecha de inicio	Fecha de termino	
Intercambiador			Taller de mantencion			
TÉCNICO RESPONSABLE	Mantenición	Hora de inicio		Hora de termino		
Nombre:	X					
ITEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES PROGRAMADAS			SI	NO	H.H.
1	Desmonte y desarme					
2	Prueba de fugas con fluido					
3	Limpieza de bridas					
4	Remplazo de sellos					
5	Limpieza de placas corrugadas					
6	Limpieza o cambio de empaquetaduras					
7	Revision en busqueda de deterioros en placas					
8	Armado de equipo					
9	Montaje de equipo en la estacion					
10	Otros					
11						
12						
13						
14						
15						Total H.H:
OBSERVACIONES :						

Figura 3-2 Plan de mantenimiento cada 3 semanas

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Evaluación económica

Para dar comienzo a la evaluación económica, se llevará cabo una comparación entre los planes de mantenimiento, el plan correctivo actual de la empresa y el nuevo plan propuesto del tipo preventivo, a través de esta evaluación se determinará si existe una mejorar en la rentabilidad del nuevo plan propuesto tanto en los costos de operación y productividad de la empresa.

Se realizará un análisis de los costos de mantenimiento, donde se comparará los costos de mano de obra, repuestos y los tiempos de inactividad del equipo

3.2.1. Costos de mantenimiento

Los costos de mantención que se utilizaran para el estudio económico será primero establecer el valor de horas hombre en el mantenimiento o H.H, en la que se multiplican las horas dispuestas en la mantención del equipo y el valor de las horas del trabajador encargado de realizar la mantención.

El establecer los H.H basado en los análisis de MTTR se obtuvo que a las 6 horas se podrían realizar hay una probabilidad del 63.21% que las placas del intercambiador sean limpiadas y cambiadas si es necesario para que estén en óptimas condiciones.

Parametros evaluados			
Horas	Bridas	Placas	Gomas
1	18,46%	15,35%	20,75%
2	33,51%	28,35%	37,19%
3	45,79%	39,35%	50,23%
4	55,79%	48,66%	60,55%
5	63,96%	56,54%	68,74%
6	70,61%	63,21%	75,23%
7	76,03%	68,86%	80,37%
8	80,46%	73,64%	84,44%

Tabla 3-1 Horas para realizar mantencion

Funete: Elaboración propia

Y para el valor de las horas del trabajador se utilizará el sueldo mensual con el que cuenta dicho trabajador, con un monto de 700.000 CLP, esto bajo las horas estipuladas en el artículo 22 del código de trabajo de Chile que constan de 45 horas semanales con un total de 180 horas mensuales. Toda esta información se ve más resumida en la Tabla 3-2 Datos H.H

Como se ha establecido anteriormente se deberá realizar una intervención al equipo de manera preventiva obteniendo una total de 17 intervenciones preventivas en el equipo.

Datos de Horas Hombre	
Sueldo del trabajador	700.000 CLP
Horas laborales del trabajador mensuales	180 hrs
Valor hora H.H	3.889 CLP

Tabla 3-2 Datos H.H
Fuente: Empresa Química Latinoamericana S.A.

Utilizando los datos de las mantenciones correctivas del intercambiador de calor se conoce que con un total de 24 intervenciones en un año se invirtieron un total de 133 horas para la mantención del equipo. Se obtiene que en H.H. invertidas en las mantenciones correctivas y con un valor por hora de 3.889. CLP existe un costo de 517.237 CLP

Con la propuesta se busca que se lleven acabó un total de 17 intervenciones de manera preventiva cada 3 semanas en la cuales se dispondrán un total de 6 horas por intervención, logrando un total de 102 horas en un periodo de un año (Tabla 3-3 Valores de intervención propuestos).

Datos intervenciones intercambiador de calor	
Número de intervenciones en un año	17
Horas totales dispuestas en intervenciones	102 HRS

Tabla 3-3 Valores de intervención propuestos
Fuente: Elaboración Propia

Utilizando las tareas que se deben llevar a cabo en la mantención, se evalúa el costo de esta actividad en términos de las horas hombres en la intervención de cada 3 semanas del equipo como se puede ver la Tabla 3-4 Costos en H.H. en las tareas de mantenimiento (ANEXO 6), teniendo un costo de mantención de 23.331 CLP.

Tarea	Tiempo	SEMANA 3
Parada de equipo y desmonte	50 minutos	3.240 CLP
Desplazamiento de equipo a plana de mantenimiento	5 minutos	324 CLP
Desarme de componetes de IC	20 minutos	1.296 CLP
Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.	180 min	11.667 CLP
Cambio de separadores y empaquetaduras	10 minutos	648 CLP
Armado de IC	40 hora	2.592 CLP
Desplazamiento de equipo a estacion de molienda	5 minutos	324 CLP
Montaje de IC y encendido	50 minutos	3.240 CLP
TOTAL	6 horas	23.331CLP

Tabla 3-4 Costos en H.H. en las tareas de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

Siguiendo los datos de H.H se obtiene que el total en el costo por la mantención realizada por el técnico en un periodo de un año con un total de 102 horas en las intervenciones de mantenimiento preventivas se obtienen tiene un valor de 396.627 CLP basado en las tareas efectuadas como se puede apreciar en la Tabla 3-5 Costo de mantenimiento en H.H. en un periodo de 12 meses (ANEXO 7)

Tarea	Tiempo	17 inter.
Parada de equipo y desmontaje	850 min	55.080 CLP
Desplazamiento de equipo a plana de mantenimiento	85 min	5.508 CLP
Desarme de componetes de IC	340 min	22.032 CLP
Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.	3060 min	198.339 CLP
Cambio de separadores y empaquetaduras	170 min	11.016 CLP
Armado de IC	680 min	44.064CLP
Desplazamiento de equipo a estacion de molienda	85 min	5.508 CLP
Montaje de IC y encendido	850 min	55.080 CLP
Total	102 horas	396.627 CLP

Tabla 3-5 Costo de mantenimiento en H.H. en un periodo de 12 meses
Fuente: Elaboración propia

La empresa por su parte menciona que en repuestos e insumos se gasta un aproximado de 980.000 CLP. Estos repuestos se componen principalmente por:

- Placas corrugadas de acero inoxidable de intercambiador de calor (pocas unidades).
- Empaquetaduras de bridas.
- Separadores de goma entre placas.
- Insumos para la limpieza del equipo

Los valores de los componentes principales se pueden ver en la siguiente Tabla 3-6 Valores de repuestos.

Item	Precio unitario	IVA (19%)	Precio Total
Placa flujo ss316 0,5 ht	68.600 CLP	13.034 CLP	81.634 CLP
Separadores EPDM clip	19.800 CLP	3.762 CLP	23.562 CLP
Empaquetaduras Bridas	4.800 CLP	1.478 CLP	6.258 CLP

Tabla 3-6 Valores de repuestos
Fuente: Quimica Latinoamereicana S.A.

En costo total de mantención se sumarán los valores de H.H y los de repuestos para tener el concepto general de los costos asociados a la mano de obra y los insumos utilizados en las horas de intervenciones de las mantenciones correctivas y las horas preventivas propuestas en el total de las intervenciones realizadas y las que con el nuevo plan se deberán realizar. (Tabla 3-7 Comparación valores H.H y repuestos)

Intervenciones	Horas	Valor H.H total	Valores repuestos	Total
24	133	517.237 CLP	980.000 CLP	1.497.237 CLP
17	102	396.678 CLP	980.000 CLP	1.376.627 CLP

Tabla 3-7 Comparación valores H.H y repuestos
Fuente: Elaboración propia



Figura 3-3 Grafico comparativo H.H y repuestos
Fuente: Elaboración propia

Comparando los costos de mantenimiento, se identifica que el nuevo plan propuesto que requiere 7 intervenciones menos que el correctivo y equivalentes a 31 horas menos de tiempo en intervenciones planificadas versus las correctivas. Se traduce en un ahorro de 120.610 CLP en costos de horas hombre, favoreciendo al nuevo plan de mantenimiento como se puede ver en la Figura 3-3 Grafico comparativo H.H y repuestos

3.2.2. Costo por inactividad del equipo

En las pérdidas se tomarán en cuenta los valores que se tienen a disposición que son la hora que el equipo se mantuvo inactivo y como esto afecto a la rentabilidad y la eficiencia en la empresa.

Loa datos que se tienen a disposición son que este equipo en un turno de 8 horas se produce alrededor de 30 toneladas de material asfáltico.

El valor de 1kg es de 525 CLP, por ende, se tiene que en un periodo de 8 horas el equipo produce material asfaltico con un valor de 15.750.000 CLP, y en un periodo de trabajo de 180 horas con turnos lo que es mensualmente tiene un valor de 354.375.000 CLP, por lo cual por hora se produce en material asfaltico un valor de 1.968.750 CLP como se aprecia en la Tabla 3-8 Valor Producto

Horas de producción	Valor Hora
1 hora	1.968.750 CLP
8 horas	15.750.000 CLP
180 horas (un mes)	354.375.000 CLP
2.160 horas (Doce meses)	4.252.500.000 CLP

Tabla 3-8 Valor Producto
Fuente: Empresa Quimica Latinoamericana S.A.

Finalmente, los costos asociados por la inactividad del intercambiador de calor con el plan actual de la empresa con un total de 133 horas tienen una perdida monetaria de 261.843.750 CLP y con el nuevo plan de mantenimiento correctivo propuesto se tiene un costo de 200.812.500 CLP llevado a cabo en un tiempo de 102 horas como se puede ver en la Tabla 3-9 Costos horas inactivo.

Horas en intervenciones	Valor hora
133	261.843.750 CLP
102	200.812.500 CLP

Tabla 3-9 Costos horas inactivo
Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Comparación económica entre los planes de mantenimiento

Ahora comparando lo que la empresa gana en un periodo de 12 meses por la producción de material asfáltico es de un total de 4.252.500.000 CLP como se ven en los datos de la Tabla 3-8 Valor Producto, menos lo costos de hora inactivos del equipo que se ven en la tabla Tabla 3-9 Costos horas inactivo se obtiene que con cada plan existe una diferencia monetaria de:

- 1. Plan de mantenimiento Correctivo $4.252.500.000\text{ CLP} - 261.843.750\text{ CLP} = 3.990.656.250\text{ CLP}$
- 2. Plan de mantenimiento Preventivo $4.252.500.000\text{ CLP} - 200.812.500\text{ CLP} = 4.051.687.500\text{ CLP}$

Plan de mantenimiento preventivo	Plan de mantenimiento correctivo
4.051.687.500	3.990.656.250

Tabla 3-10 Ganancias al año por intervenciones en base a los planes de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

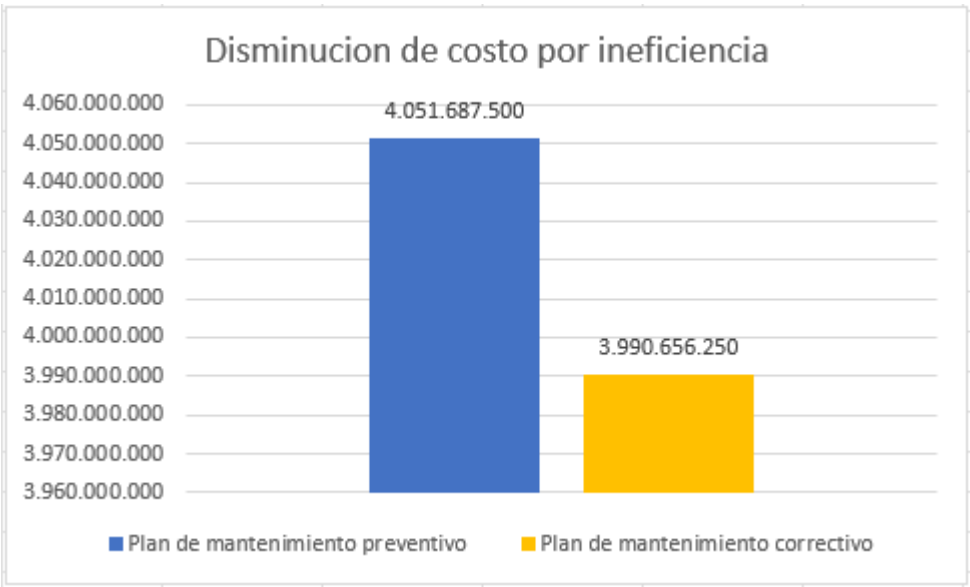


Figura 3-4 Grafico de comparación de disminución de costos
Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en el Tabla 3-10 Ganancias al año por intervenciones en base a los planes de mantenimiento y en la Figura 3-4 Grafico de comparación de disminución de costos , Se puede observar que, al reducir la cantidad de intervenciones necesarias durante los periodos de inactividad, se experimenta una disminución de costos por inactividad de aproximadamente 61.031.250 CLP, lo que claramente favorece al plan de mantenimiento propuesto. Estos resultados indican que la implementación de un nuevo plan tiene un impacto positivo y significativo en la rentabilidad de la empresa.

Finalmente, para determinar cuál plan es el más rentable para implementar en la empresa se les restaran a las ganancias los costos asociados a las horas hombres y los insumos invertidos explicados en la Tabla 3-7 Comparación valores H.H y repuestos que son necesarias para las mantenciones del equipo. De esta forma, se tendrá una mejor visión y precisión del impacto financiero en la empresa.

- 1. Plan de mantenimiento correctivo 3.990.656.250 CLP – 1.497.237 CLP = 3.989.159.013 CLP
- 2. Plan de mantenimiento preventivo 4.051.687.500 CLP – 1.376.627 CLP = 4.050.310.873 CLP

Plan de mantenimiento preventivo	Plan de mantenimiento correctivo
4.050.310.873	3.989.159.013

Tabla 3-11 Ganancias totales
Fuente: Elaboración propia

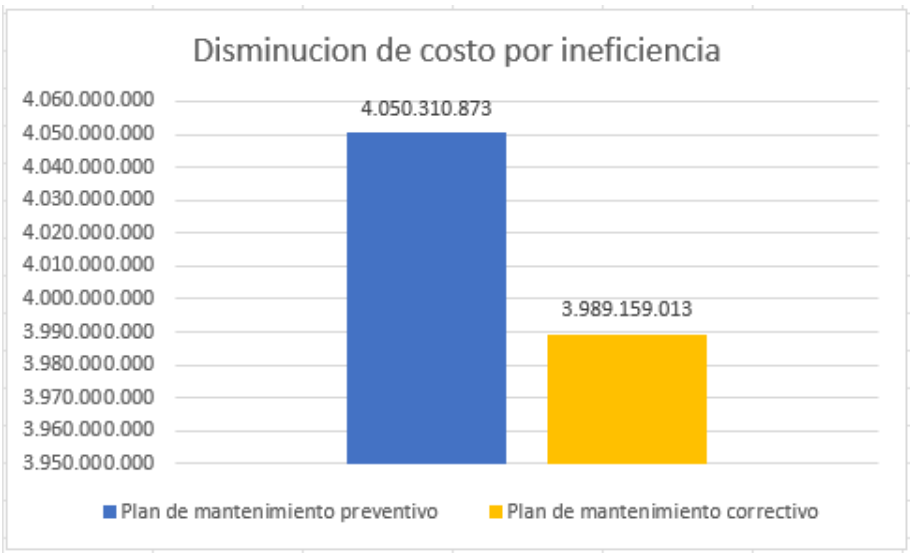


Figura 3-5 Grafico de comparación de disminución de costos totales
Fuente: Elaboración Propia

Al comparar los valores de los dos planes de mantenimiento, se destaca que la implementación del nuevo plan de mantenimiento preventivo resulta en una reducción de costos por inactividad de 61.151.860 CLP como se ve reflejada en la Tabla 3-11 Ganancias totales y la Figura 3-5 Grafico de comparación de disminución de costos totales añadiendo una perspectiva adicional al demostrar que el nuevo plan es más rentable en términos monetarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En una fase inicial se realizó un acercamiento a los equipos con los que cuenta la línea de producción del material asfáltico, esto usando la información de cada equipo con sus respectivas mantenciones para así identificar el equipo con datos de mayor criticidad para realizar un estudio más detenido a través de método de Jack Knife donde se obtuvo como equipo crítico el intercambiador de calor.

Obteniendo el equipo crítico, se llevó a cabo el uso de herramientas SIPOC, FMECA, MTBF Y MTTR, donde se identificaron los modos de fallas asociados a 3 componentes principales que resultaron ser las placas, las empaquetaduras de las bridas y los separadores de las placas, en esta identificación se utilizó como determinante el NPR de cada modo de fallo.

Finalmente al analizar en base a confiabilidad $R(t)$ las fallas y los tiempos de los componentes mencionados se establece que se le deberán realizar un total serán 17 intervenciones , de una intervención cada 3 semanas al Intercambiador de calor en un periodo de un año y que para realizar las tareas de mantenimiento del equipo se deberán disponer un total 6 de horas por intervención, resultando en un total de 102 horas en un periodo de un año, estos tiempos se consiguieron a través de los cálculos de tiempo medio de reparación o MTTR, adicionalmente también se agregan guías de mantenimiento, una enfocada en la mantención de cada 3 semanas y otra a modo de recomendación para llevar cabo tareas de inspección visual y limpieza de entorno del equipo de manera semanal .

En la realización de este nuevo plan también se consigue una mejora relacionada a la reducción de costos y mejora de la disponibilidad del equipo así obteniendo un ahorro de 61.151.860 CLP en un periodo de mantención de 12 meses, con una reducción de horas de inactividad con un total de 31, la utilización de este nuevo plan de mantenimiento recalco que comparando los dos planes de mantenimiento, existe una ventaja tanto en lo económico como en la disponibilidad del equipo, además es mejor que la empresa cuente con un mantenimiento controlado con el cual puedas llevar un mejor control del equipo a que solo utilices el plan correctivo con el que te enfrentas a fallas inesperadas que pueden ocasionar mayores problemas a lo largo del proceso de producción.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE INFORMACION

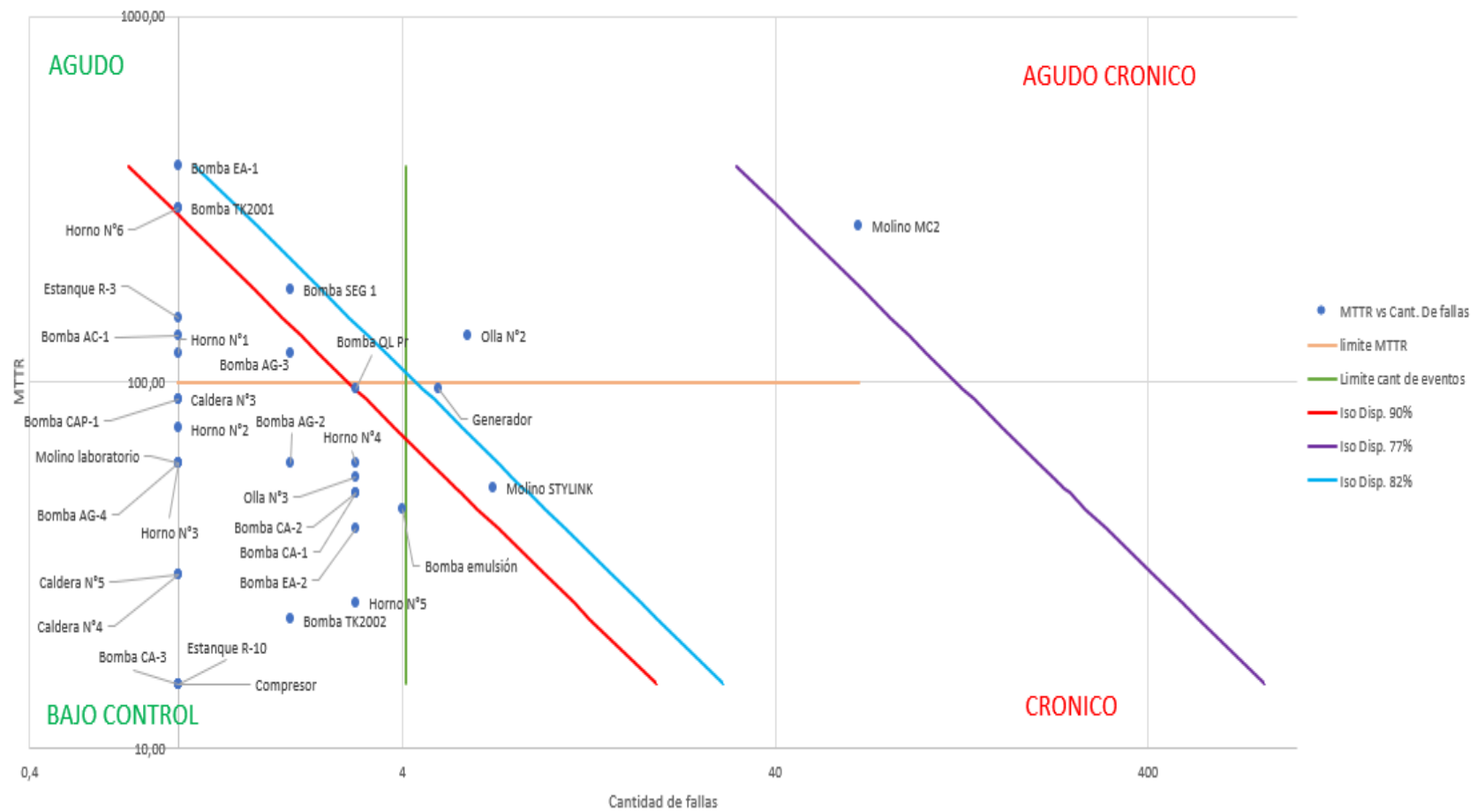
1. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos; Omar Campos-López, Guilibaldo Tolentino-Eslava, Miguel Toledo-Velázquez, René Tolentino-Eslava
2. Recolección de información de intercambiador de calor; de www.Termoequipos.cl
3. Código del trabajo, artículo 22. (s/f). DT - Normativa 3.0; de <https://www.dt.gob.cl/portal/1628/w3-propertyvalue-22093.html>
4. Publicación de estándares BSI; Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural-recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos (ISO 14224:2016)

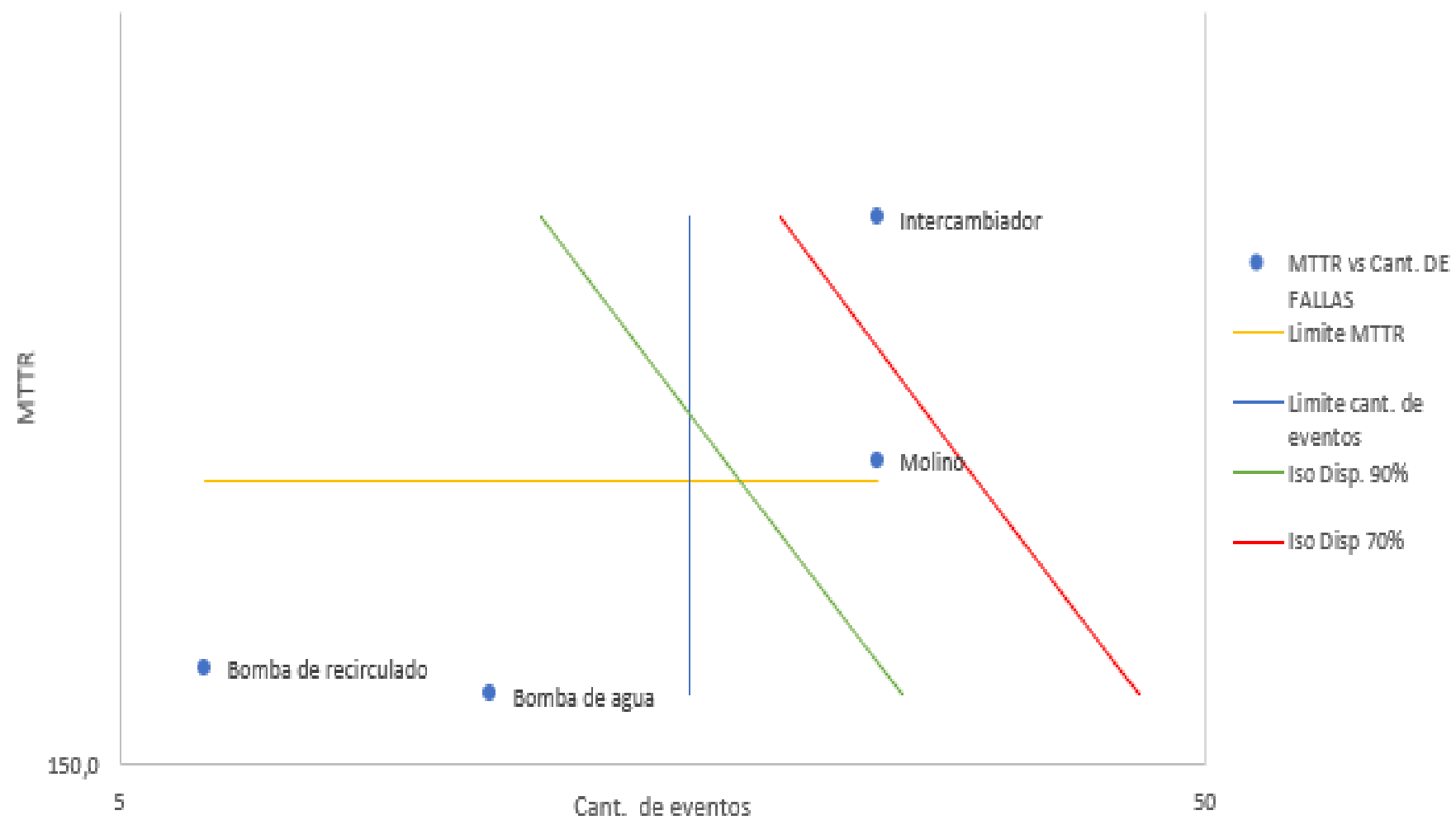
ANEXO 1

Item	Equipos	Fallas al año	Costo por inactividad y por mantenimiento
1	Molino MC2	67	590.625.000 CLP
2	Olla N°2	6	8.500.000 CLP
3	Generador	5	250.300 CLP
4	Bomba EA-1	1	100.000 CLP
5	Molino STYLINK	7	11.812.500 CLP
6	Bomba SEG 1	2	100.000 CLP
7	Horno N°6	1	180.000 CLP
8	Bomba TK2001	1	100.000 CLP
9	Bomba QL Pr	3	100.000 CLP
10	Bomba AG-3	2	100.000 CLP
11	Horno N°4	3	2.100.000 CLP
12	Bomba emulsión	4	100.000 CLP
13	Olla N°3	3	4.000.000 CLP
14	Estanque R-3	1	44.900 CLP
15	Bomba CA-2	3	160.000 CLP
16	Bomba CA-1	3	160.000 CLP
17	Bomba AC-1	1	160.000 CLP
18	Horno N°1	1	2.000.000 CLP
19	Bomba EA-2	3	100.000 CLP
20	Bomba AG-2	2	100.000 CLP
21	Caldera N°3	1	64.500 CLP
22	Bomba CAP-1	1	100.000 CLP
23	Horno N°5	3	86.400 CLP
24	Horno N°2	1	86.400 CLP
25	Molino laboratorio	1	400.000 CLP
26	Horno N°3	1	86.400 CLP
27	Bomba AG-4	1	100.000 CLP
28	Bomba TK2002	2	100.000 CLP
29	Caldera N°5	1	32.000 CLP
30	Caldera N°4	1	32.000 CLP
31	Estanque R-10	1	20.000 CLP
32	Compresor	1	20.000 CLP
33	Bomba CA-3	1	20.000 CLP

ANEXO 2

Diagrama Jack Knife



ANEXO 3

ANEXO 4

Plan Preventivo Semanal						
Equipo			UBICACIÓN	Fecha de inicio		Fecha de termino
Intercambiador			Molino MC2			
TÉCNICO RESPONSABLE	Mantenimiento	Hora de inicio		Hora de termino		
Nombre:		X				
ITEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES PROGRAMADAS		SI	NO	H.H.	
1	Inspección visual de placas corrugadas					
2	Prueba de fugas con fluido					
3	Medición de temperatura y presión					
4	Revisión de juntas y aprietes					
5	Revisión de línea de guía					
6	Limpieza general del equipo (entorno)					
7	Otros:					
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15					Total H.H:	
OBSERVACIONES:						

ANEXO 5

Plan Preventivo cada 3 Semanas					
Equipo		UBICACIÓN	Fecha de inicio		Fecha de termino
Intercambiador		Taller de mantencion			
TÉCNICO RESPONSABLE	Mantención		Hora de inicio		Hora de termino
Nombre:			X		
ITEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDADES PROGRAMADAS		SI	NO	H.H.
1	Desmante y desarme				
2	Prueba de fugas con fluido				
3	Limpieza de bridas				
4	Remplazo de sellos				
5	Limpieza de placas corrugadas				
6	Limpieza o cambio de empaquetaduras				
7	Revision en busqueda de deterioros en placas				
8	Armado de equipo				
9	Montaje de equipo en la estacion				
10	Otros				
11					
12					
13					
14					
15					Total H.H:
OBSERVACIONES:					

ANEXO 6

Tarea	Tiempo	SEMANA 3
Parada de equipo y desmonte	50 minutos	3.240 CLP
Desplazamiento de equipo a plana de mantenimiento	5 minutos	324 CLP
Desarme de componenets de IC	20 minutos	1.296 CLP
Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.	180 min	11.667 CLP
Cambio de separadores y empaquetaduras	10 minutos	648 CLP
Armado de IC	40 hora	2.592 CLP
Desplazamiento de equipo a estacion de molienda	5 minutos	324 CLP
Montaje de IC y encendido	50 minutos	3.240 CLP
TOTAL	6 horas	23.331CLP

ANEXO 7

Tarea	Tiempo	17 inter.
Parada de equipo y desmonte	850 min	55.080 CLP
Desplazamiento de equipo a plana de mantenimiento	85 min	5.508 CLP
Desarme de componenetes de IC	340 min	22.032 CLP
Limpieza de placas corrugadas con químicos como diluyentes.	3060 min	198.339 CLP
Cambio de separadores y empaquetaduras	170 min	11.016 CLP
Armado de IC	680 min	44.064CLP
Desplazamiento de equipo a estacion de molienda	85 min	5.508 CLP
Montaje de IC y encendido	850 min	55.080 CLP
Total	102 horas	396.627 CLP