

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO/PREDICTIVO A
EQUIPOS DE LINEA DE PROCESO PLANTA DIALUM**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniería en
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno:
Sebastián Ignacio Díaz Barra

Profesor Guía:
Ing. Marcelo Quiroz Neira

Profesional Correferente:
Subgerente Dialum Laminated
Maximiliano Quiroz Dapelo.

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional, a mi familia y amigos que estuvieron a lo largo del proceso de mi formación académica. Por otro lado, a todos los profesores por los conocimientos dados a lo largo de estos años, siempre teniendo la mejor de las disposiciones. Finalmente, a mi profesor guía por brindarme la oportunidad de llevar a cabo esta experiencia dentro de una empresa haciendo este proyecto más real.

RESUMEN

KEYWORDS: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PLAN MANTENIMIENTO DIALUM.

El presente trabajo tiene como finalidad crear un plan de mantenimiento preventivo/predictivo para la empresa Dialum Concepción, para así poder implementarlo una vez finalizado ya que no cuentan con planes preventivo ni rutas predictivas para localizar fallas en sus procesos y solo se realizar mantenimiento correctivo, generando costos por fallas inesperadas y todo lo que implica ello, bajas en la producción y altos costos de reparación, esto debido comenzó a producir hace un periodo corto de tiempo de no más de un año y seis meses

Es por eso por lo que dentro de este documento se establecerá una guía paso a paso para poder construir un plan de mantenimiento preventivo junto a un plan predictivo básico, todo esto a través de un modelo general.

Para ello se utilizarán distintas estrategias de acuerdo con las distintas etapas del proceso de creación de este plan, una de ellas es realizar análisis de criticidad de equipos y componentes para poder saber dónde enfocar recursos

Por otra parte, para poder establecer metas he indicadores para poder medir resultados posteriores a su implementación, se utilizará un Balance Scorecard.

Y finalmente se hablará del método de mejora continua para poder ir mejorando el plan propuesto de acuerdo con las necesidades de la empresa.

ÍNDICE DE MATERIA

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: OBJETIVOS DEL PROYECTO	2
1. OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, MOTIVACIÓN O JUSTIFICACIÓN	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	5
2.1 PROBLEMÁTICA	5
2.2 JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO III: ANTECEDENTES GENERALES	6
3. EMPRESA DIALUM.	7
3.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	8
3.1.1 Organigrama de la empresa	10
3.2 PRODUCTOS ELABORADOS	10
3.3 PROCESO PRODUCTIVO	12
3.3.1 Corte	12
3.3.2 Pulido	13
3.3.3 Lavado y secado	14
3.3.4 Laminado	15
3.3.5 Autoclave	16
3.3.6 Lavado y Grabado	17
3.3.7 Enhuinchado	17
3.3.8 Diagrama de flujo proceso productivo Dialum Limited	18
3.4 REGISTRO DE FALLAS	19
3.5 DEFINICIONES GENERALES DEL MANTENIMIENTO	20
3.5.1 Objetivo del mantenimiento	20
3.5.2 Plan de mantenimiento	20
3.5.3 Mantenimiento correctivo	21
3.5.4 Mantenimiento preventivo	21
3.5.5 Mantenimiento predictivo	22
3.5.6 Indicadores de desempeño KPI'S	22
3.5.7 Análisis de criticidad	24
3.5.8 Balance Scorecard	25
3.5.9 Mejora continua	26

3.6	ETAPAS DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO	27
3.6.1	Definir objetivos y prioridades	27
3.6.2	Listado de activos y tareas	27
3.6.3	Gestión de prioridades y recursos	28
3.6.4	Revisión y mejora	28
CAPÍTULO IV: DESARROLLO PLAN DE MANTENIMIENTO		29
4.	PLAN DE MANTENIMIENTO	30
4.1	DEFINICION DE OBJETIVOS Y PRIORIDADES	30
4.2	LISTADO DE EQUIPOS.....	35
4.3	GESTIÓN DE PRIORIDADES Y RECURSOS.....	39
4.3.1	Análisis de criticidad	39
4.3.2	Listado de repuesto, herramientas y equipos	42
4.4	REVISIÓN Y MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	44
CAPITULO V: EVALUACIÓN ECONOMICA.....		45
5.1	INTRODUCCIÓN A LOS COSTOS.....	46
5.2	COSTOS FIJOS	46
5.3	COSTOS VARIABLES	47
5.4	DISPONIBILIDAD	47
5.5	COSTOS ASOCIADOS A DETENCIONES	48
5.6	COSTOS ASOCIADO A IMPLEMENTACIÓN	50
5.7	COSTOS DE ALMACENAMIENTO DE INVENTARIO	52
5.8	COSTOS EXTERNALIZACIÓN DE SERVICIOS.....	52
CONCLUSIÓN		54
BIBLIOGRAFÍA		55
ANEXOS		56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Logo Dialum.....	7
Figura 2: Fachada Dialum Santiago.....	8
Figura 3: Ubicación geográfica Dialum Santiago.....	8
Figura 4: Fachada Dialum Concepción.....	9
Figura 5: Ubicación geográfica Dialum Concepción.....	9
Figura 6: Organigrama Dialum Laminated.....	10
Figura 7: Configuración Cristal laminado.....	11
Figura 8: Codificación en clave, Cristales Dialum Laminated.....	11
Figura 9: Mesa de corte Dialum.....	13
Figura 10: Equipo de pulido o tratamiento de cantos.....	14
Figura 11: Equipo de lavado y secado.....	15
Figura 12: Equipo de laminado o Calandra.....	16
Figura 13: Autoclave.....	17
Figura 14: Área de enhuinchado.....	18
Figura 15: Diagrama de flujo proceso productivo Dialum Laminated.....	18
Figura 16: Matriz de criticidad.....	25
Figura 17: Ejemplo de Balance Scorecard.....	26
Figura 18: Proceso de mejora continua.....	27
Figura 19: Estrategia de mantenimiento preventivo/predictivo.....	30
Figura 20: Elementos del como.....	31
Figura 21: Estrategia de equipo.....	32
Figura 22: Estrategia de Turnround.....	33
Figura 23: Estrategia de maquinas.....	34
Figura 24: Balance Scorecard, Cristales Dialum Laminated.....	34
Figura 25: Plan de mantenimiento general equipo de lavado.....	37
Figura 26: Plan de mantenimiento Preventivo/Predictivo, Cristales Dialum Laminated.....	37
Figura 27: Ejemplo nivel de criticidad CNC, DIALUM.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registro paradas de maquinas.....	19
Tabla 2: Roles de la estrategia de equipo.....	32
Tabla 3:Listado de equipos	36
Tabla 4: Registro plan de mantenimiento preventivo	38
Tabla 5: Registro mantenimiento correctivo.....	38
Tabla 6: Ponderación frecuencia de falla	39
Tabla 7: Ponderación impacto operacional	39
Tabla 8: Ponderación flexibilidad operacional	40
Tabla 9: Ponderación costo mantenimiento	40
Tabla 10: Ponderación impacto en seguridad ambiente higiene.....	41
Tabla 11: Análisis de criticidad.....	41
Tabla 12: Listado de equipos	43
Tabla 13: Listado de herramientas	44
Tabla 14: Listado de equipos	44
Tabla 15: Disponibilidad estimada Cristales Dialum Laminated.	47
Tabla 16: Base de datos para cálculos.....	48
Tabla 17:Costos asociados a detenciones	49
Tabla 18: Costos asociados a implementación	50
Tabla 19: Flujo de caja estimativo periodo de un año	51

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

SIGLA

BSC	: Balance Scorecard o cuadro de mando integral.
CNC	: Control Numérico por Computador.
HH	: Horas Hombre.
KPI'S	: Key Performance Indicators o indicador clave de rendimiento.
MTBF	: Mean Time Between Failures o tiempo medio entre fallas.
MTTR	: Mean Time To Repair o tiempo medio para reparar.
PGP	: Parada General de Planta
PLC	: Control Lógico Programable
PVB	: Butiral de Polivinilo
RR. HH	: Recursos Humanos

SIMBOLOGÍA

°C	: Grados Celsius
m ²	: Metro cuadrado
min	: minuto
mm	: milímetro
V	: Voltaje
min	: minuto
\$: Peso chileno
%	: Porcentaje

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial nace inconscientemente desde los inicios de la maquinas en la revolución industrial, sin conocer estos conceptos se aplicaban de manera natural desde el momento en que una maquina fallaba y se debía reparar para que pudiera seguir su funcionamiento de forma regular, he ahí que al paso del tiempo todos estos conceptos fueron evolucionando junto con las nuevas tecnologías, creando nuevos modelos o formas de mantenimiento, que fueron naciendo de acuerdo a la necesidad de ese entonces.

Estos mantenimientos se realizan a través de planes de mantenimiento los cuales dependen de los requerimientos de cada empresa de acuerdo con una serie de criterios, como la complejidad de los procesos, el presupuesto o la cantidad de elemento críticos.

En la actualidad el mantenimiento es considerado un tema fundamental en la industria para poder asegurar la disponibilidad de los equipos, alargar su vida útil, predecir fallas y con todo lo que conlleva eso poder reducir costos, que es lo esencial que se busca, poder obtener una mayor rentabilidad de la empresa que se maneja.

Es por estas razones que en este proyecto se realizar un plan de mantenimiento para la empresa generadora de cristales Dialum, ubicada en la VIII región, en la Ciudad de Concepción, esta industria empezó su producción hace un periodo corto de tiempo alrededor de un año y seis meses, por lo que no cuenta con un plan de mantenimiento planificado.

A partir de este proyecto se espera definir un plan de mantenimiento preventivo/predictivo que consista en identificar equipos, tareas y frecuencias, además de identificar criticidad de los sistemas para señalar donde deben enfocarse los recursos con los cuales no cuenta Dialum, ya sea repuestos, insumos y herramientas además se establecerá una seria de elementos importantes, tales como indicadores de desempeño (disponibilidad, confiabilidad, MTTR, MTBF, entre otros) y una evaluación económica en cuanto a costo-beneficio para saber cuáles son los costes de implementarlo, y a la vez en qué periodo de tiempo se puede retornar la inversión.

CAPÍTULO I: OBJETIVOS DEL PROYECTO

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo/predictivo para la línea productiva de la empresa Dialum, mejorando la gestión del mantenimiento, estableciendo los equipos críticos del proceso para poder aplicar las tareas de mantenimiento según correspondan.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y generar un plan de mantenimiento preventivo/predictivo.
- Realizar análisis de criticidad de acuerdo con el contexto operacional en que se presentan los equipos determinando su respectiva jerarquización.
- Establecer indicadores de desempeño KPI'S, disponibilidad, confiabilidad, MTTR y MTBF.
- Generar una evaluación económica del plan de mantenimiento en cuanto a costo-beneficio.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA,
MOTIVACIÓN O JUSTIFICACIÓN

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

2.1 PROBLEMÁTICA

Dialum Laminated Concepción, surge hace un año y cuatro meses aproximadamente, desde entonces la industria productora de cristales no cuenta con un plan de mantenimiento planificado para los diferentes equipos que están en su línea de producción, es por esto que funcionan con una metodología de mantenimiento correctivo esperando a la falla, esto ha generado paradas inesperadas, pérdida de tiempo de producción y atrasos en la entrega de producto, lo cual tiene como consecuencia pérdidas económicas.

2.2 JUSTIFICACIÓN

Debido a la problemática anterior, la gerencia de Dialum S.A se ha interesado en generar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para reducir la brecha económica y aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. Asimismo, analizar costos y beneficios de una posible implementación del plan generado.

Es ahí donde esta problemática para la empresa se transforma en una oportunidad para alumnos de la Universidad Técnica Federico Santa María ya que permitirá desarrollar su proyecto de título en un caso real, poniendo en práctica todo lo aprendido durante el proceso educativo, implementando un plan de mantenimiento junto a los trabajadores de la empresa. Así se podrá llevar a cabo la opción de finalizar su carrera en Ingeniería en mantenimiento industrial con Licenciatura.

CAPÍTULO III: ANTECEDENTES GENERALES

3. EMPRESA DIALUM.

Dialum S.A. es una empresa dedicada a la comercialización, transformación y procesamiento de cristales para construcción. Esta nace en Talcahuano en 1987 como empresa de distribución de cristales principalmente en la zona sur del país. La casa matriz es trasladada a la ciudad de Santiago, expandiéndose en cuanto a la cantidad de m² de la planta y en la aplicación de nuevas tecnologías para el proceso de transformación de cristales.

El año 2011 se marca un hito importante en esta industria debido a que inaugura su planta con más de 20000 mts² construidos, convirtiéndose en unas de las principales procesadoras de cristales del cono sur en arquitectura de alta performance. Ahí es cuando comienza la distribución de vidrios anti fuego, vidrios antideslizantes, vidrios lacados, micro persianas, entre otros.

Actualmente Dialum cuenta con dos plantas productivas las cuales se ubican en Santiago y Concepción, la empresa se caracteriza y describe a sí misma como vanguardista en cuanto al rubro de la cristalería, debido a esto tiene la capacidad de satisfacer las demandas al interior del país como las del mercado extranjero. Algunos de sus clientes externos son Argentina, Brasil, Panamá, Venezuela, entre otros.



Fuente: www.dialum.com

Figura 1: Logo Dialum

3.1 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La casa matriz de Dialum S.A. se ubica en panamericano norte 18600-Lampa en la Región Metropolitana de Chile desde el año 2005, y cuenta hasta ahora con más 20000 mts² construidos,

La situación actual de la casa matriz es totalmente distinta a la sucursal que se encuentra en Concepción debido a la cantidad de años que lleva en funcionamiento y la envergadura de esta planta, es debido a eso que cuenta con un gran equipo entorno al mantenimiento de las instalaciones.



Fuente: www.dialum.com

Figura 2: Fachada Dialum Santiago



Fuente: Google Maps

Figura 3: Ubicación geográfica Dialum Santiago

La empresa en la que se desarrolla el plan de mantenimiento se ubica en Concepción, Bio-Bio, Dialum sede Concepción ubicada específicamente en Paicaví 3265, la cual se divide en dos áreas una de ellas se encarga de generar cristales termo paneles, esta planta es la que nace con la sucursal en Concepción. Y por otro lado se encuentra el área de desarrollo de cristales para aplicaciones de construcción denominados cristales laminados los cuales se exportan en su mayoría. Esto debido a que todo el proceso y las características del producto cumplen con los requerimientos para ser consideraciones cristales de seguridad.



Fuente: www.dialum.com/

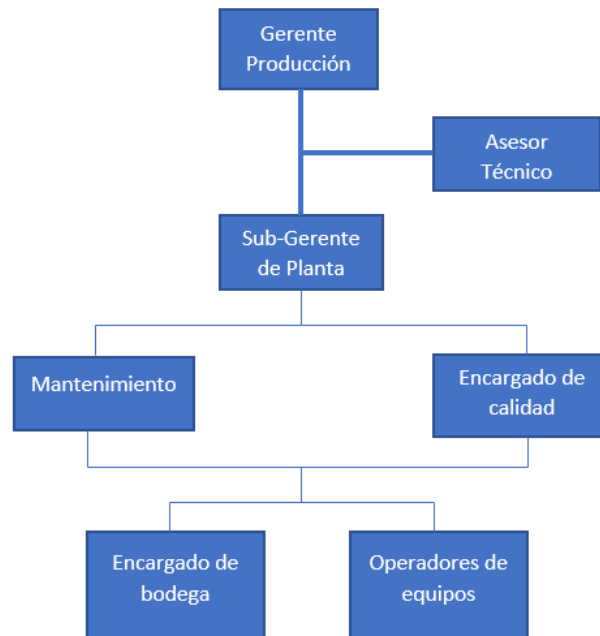
Figura 4: Fachada Dialum Concepción



Fuente: Google Maps

Figura 5: Ubicación geográfica Dialum Concepción

3.1.1 Organigrama de la empresa

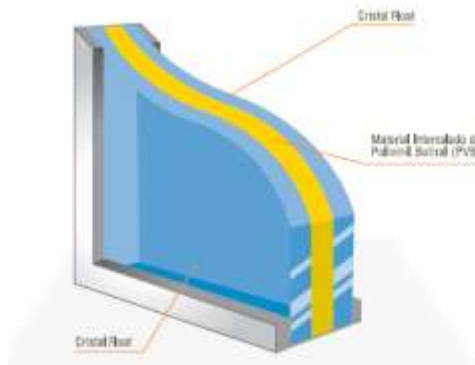


Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 6: Organigrama Dialum Laminated

3.2 **PRODUCTOS ELABORADOS**

Dialum Concepción se centra en la generación de cristales DUALSAFE o vidrio laminado de seguridad, que consiste en el ensamblaje de dos o más láminas de vidrio monolíticos intercalados por varias láminas de Polivinilo Butiral (PVB). Estos vidrios tienen la particularidad de que, al sufrir roturas, las esquirlas se adhieren al PVB, disminuyendo el riesgo por fragmentos de vidrio.



Fuente: Catalogo Dialum

Figura 7: Configuración Cristal laminado

Los diferentes tipos de cristales que se producen dentro de la empresa tienen una denominación en clave dada por números (X.Y.Z) en la que se indica el primer cristal y su espesor en milímetro, el segundo cristal con su espesor en milímetros y la cantidad de láminas de PVB de espesor designado de 0.38mm respectivamente.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Figura 8: Codificación en clave, Cristales Dialum Laminated

Existen diferentes tipos de espesores de cristales y cantidad de láminas, y cada configuración tiene un propósito diferente. A continuación, algunos ejemplos de cada configuración y para que su utilidad.

- a) 3.3.1: Cristal anti accidente, aceptado como vidrio de seguridad en la Norma Chilena para construcciones que tengan ventanas que den al exterior
- b) 3.3.2: Denominado cristal acústico, el cual aísla de mejor forma el ruido.
- c) 3.3.6: Cristal anti huracanes, se utiliza por lo general en zonas propensas a huracanes como Miami, se recomienda utilizarlo hasta una altura de 15 mts.

3.3 PROCESO PRODUCTIVO

3.3.1 Corte

El proceso de corte se encarga de dimensionar planchas de cristales provenientes de Vidrios Lirquen, hasta la dimensión final que solicita el cliente, esto respecto a los cristales monolíticos. Por otra parte, respecto al cristal laminado, se dimensionan las planchas completas de cristal o medias planchas que salen con defecto para aprovechar toda el área útil, dando dimensiones más pequeñas para clientes tanto nacionales como extranjero. Esto es realizado por un equipo de corte CNC marca Liseck.

3.3.1.1 Parámetros críticos CNC

- a) Presión de aire.
- b) Presión de aceite.
- c) Receta del corte.



Fuente: Catalogo Dialum

Figura 9: Mesa de corte Dialum

3.3.2 Pulido

El proceso de pulido se encarga de lijar las cuatro aristas del cristal con el fin de obtener un producto seguro para su manipulación, y un producto que cumpla con mejores estándares de calidad, ya que con los tratamientos que van después del pulido pueden producir fallas. Esto lo realiza una pulidora manual a través de lijas de doble banda y una bomba de agua el cual permite un lijado en húmedo, el cristal es pulido por arriba y abajo, para hacer esto en las cuatro aristas la plancha es girada de forma manual a través de un operario,

3.3.2.1 Parámetros críticos pulidora

- a) Limpieza de la pulidora.
- b) Temperatura y condición del agua de la tina de lavado.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 10: Equipo de pulido o tratamiento de cantos

3.3.3 Lavado y secado

El proceso trata sobre eliminar suciedad o partículas que vienen desde el distribuidor de cristales para dejar un producto limpio. Esto se logra a través cuatro etapas en la que cada una cuenta con dos aspersores cada uno ubicado en la parte superior e inferior al igual que dos rodillos ubicados en la misma posición.

En conjunto está el equipo secado el cual toma el aire de la parte superior del equipo lo filtra para evitar partículas de contaminación, lo calienta y lo distribuye en forma de cortina para secar el laminado de forma uniforme.

3.3.3.1 Parámetros críticos

- a) Limpieza del agua.
- b) Temperatura del agua.
- c) Velocidad de apertura del lavado.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 11: Equipo de lavado y secado

3.3.4 Laminado

El proceso de laminado consiste en dos etapas, la primera de ella es una acción la cual se realiza de forma manual en donde operarios arman el cristal laminado, en un espacio aislado denominado sala limpia para evitar cualquier tipo de contaminantes. Esto consiste en tomar una plancha de cristal, levantándola a través de una maquina neumática que trabaja con presión negativa, luego se corta una lámina de PVB, se pone en una segunda plancha de cristal y luego la plancha que está en la maquina neumática se ubica encima generando una especie de sándwich.

La segunda etapa consistencia en la adherencia de las diferentes capas que formas el cristal, esto se realiza en un equipo denominado calandra el cual consiste en dos rodillos que ejercen presión, esta tiene dos partes, calandra fría y calandra en caliente, la primera es un proceso en frio el cual permite generar presión extrayendo el aire que existe entre ambos cristales y el PVB generando una adherencia mecánica sin temperatura. La segunda parte es a través de un proceso en el cual se eleva la temperatura realizando presión, generando una adhesión termodinámica la cual permite sellas los bordes para que no vuelva a entrar aire en el laminado.

3.3.4.1 Parámetros críticos calandra

- a) Presión de la calandra.
- b) Velocidad del transporte.

3.3.4.2 Parámetros críticos sala limpia

- a) Limpieza del entorno.
- b) Porcentaje de humedad en el ambiente.
- c) Temperatura del ambiente.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 12: Equipo de laminado o Calandra

3.3.5 Autoclave

El autoclave se encarga de tener un ambiente semi aislado aumentando la presión alrededor de 4 bar, manteniendo esta presión durante un par de horas con los cristales en su interior a una temperatura de alrededor 135°C, para luego ser enfriados de forma casi simultánea. Todo de acuerdo con los requerimientos solicitado para cada tipo de laminado.

3.3.5.1 Parámetros críticos

- a) Corte del plástico.
- b) Carga de los atriles.



Fuente: Catalogo Dialum

Figura 13: Autoclave

3.3.6 Lavado y Grabado

Para finalizar con el proceso de tratado de cristal entra a un segundo equipo de lavado más pequeño el cual limpia los cristales para una posterior revisión, para luego grabarlos con el logo tipo de la empresa, esta instancia es el último control de calidad que se realiza.

3.3.6.1 Parámetros críticos

- a) Limpieza del agua.
- b) Temperatura del agua.
- c) Velocidad de apertura del lavado.

3.3.7 Enhuinchado

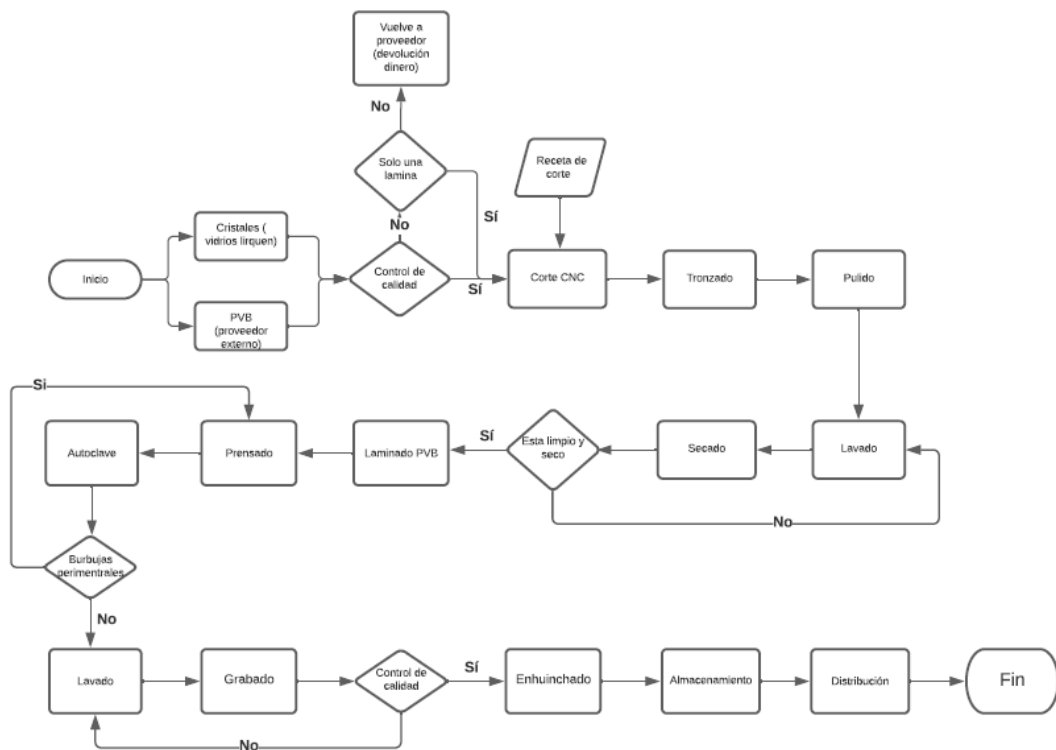
Una vez aceptado el control de calidad de los cristales estos son enhuinchados de forma manual a través de un operario para luego ser almacenado para su posterior distribución.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Figura 14: Área de enhuinchado

3.3.8 Diagrama de flujo proceso productivo Dialum Limited



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 15: Diagrama de flujo proceso productivo Dialum Laminated

3.4 REGISTRO DE FALLAS

A continuación, se presenta un extracto del registro de paradas de máquinas creado por trabajadores de la empresa Dialum, este registro se refiere a las fallas que requieren acciones correctivas. Historial completo, [Ver ANEXO A: HISTORIAL DE FALLAS CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED]

REGISTRO PARADAS DE MÁQUINAS						
ÁREA	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO TOTAL	SÍNTOMAS	MOTIVO
PLC LAMINADO	24-02-2021	8:30	10:54	2:24	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se apaga la línea al intentar girar lo rodillos de PVB 2. Rodillos de transporte giran al revés 3. No se activa el control de 24V 	Desconfiguración espontánea PLC
PLC LAMINADO	01-03-2021	7:45	8:15	0:30	<ol style="list-style-type: none"> 1. La línea no prende 2. No se activa el control de 24V 3. Rodillos no giran 	Desconfiguración espontánea PLC
PLC LAMINADO	05-03-2021	8:15	10:45	2:30	<ol style="list-style-type: none"> 1. La línea aumenta espontáneamente la velocidad de 5 m/min a 10 m/min 2. No se activa el control de 24V 3. Rodillos comienzan a girar en sentido contrario 4. Pulpo de sala limpia baja a punto 0 espontáneamente 	Desconfiguración espontánea PLC
PLC LAMINADO	08-03-2021	7:30	9:21	1:51	<ol style="list-style-type: none"> 1. Línea parte con normalidad, pero rodillos de transporte al interior de la sala limpia no funcionan. 2. Rodillos comienzan a girar en sentido contrario 3. Pulpo de sala limpia baja a punto 0 espontáneamente 	Corte en automático QF100 para señales de control de sensores
PLC LAMINADO	11-03-2021	8:39	9:23	0:44	<ol style="list-style-type: none"> 1. Línea parte con normalidad, pero aumenta espontáneamente la velocidad de 5 m/min a 10 m/min 2. No se activa el control de 24V 3. Se pierde comunicación con los PLC de horno y lavadora 	Pérdida de comunicación entre PLC central CP2 con los PLC de calandra y lavadora
LOGÍSTICO	12-03-2021	9:15	15:45	6:30	Falta de producción, incumplimiento de camión de Lirquen no deja sin planchas 3mm Cal	Falta de producción, incumplimiento de camión de Lirquen no deja sin planchas 3mm Cal

Fuente: Elaborado por equipo mantenimiento Dialum

Tabla 1: Registro paradas de maquinas.

3.5 DEFINICIONES GENERALES DEL MANTENIMIENTO

Para llevar a cabo la producción, es fundamental que la industria mantenga en buen estado los diferentes activos, por lo que es necesario el uso de planes o estrategias que faciliten el rendimiento de los equipos, estas son desarrolladas según el presupuesto y la criticidad de los equipos.

Es por ello, que antes de abordar el plan de mantenimiento generado en este proyecto para Dialum se debe conocer que planes existen para luego entender el por qué se utilizaron en esta empresa.

A continuación, se mencionarán una serie de conceptos claves para poder entender la temática desarrollada más adelante, el cual es un plan de mantenimiento preventivo/predictivo para la planta de cristales Dialum Laminated.

3.5.1 Objetivo del mantenimiento

El objetivo general del mantenimiento es poder mitigar o reducir los costos finales en la operación de la planta, a través del aumento de a disponibilidad de los activos, esto implica en conservar el funcionamiento eficiente y eficaz de todos los equipos, maquinarias y estructuras de la planta, garantizando la producción necesaria en el momento justo a mínimos costos.

A su vez existe un objetivo secundario igual de importante que el mencionado anteriormente, y es la prevención de accidentes laborales, el correcto desempeño de la industria genera la disminución de desgracias humanas, debido a la preparación que se obtiene para cada trabajo y la optimo funcionamiento de los equipos, que implica en prevenir fallas que generen una catástrofe.

3.5.2 Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento es un conjunto de intervenciones que se debe realizar a equipos o activos dentro de una instalación, basada en protocolos de mantenimiento

(listado de tareas a realizar a equipos) para cada tipo de activo, con el objetivo de mejorarlos a través de tareas necesarias y oportunas con la definición de actividades, frecuencias, variables y procedimientos.

3.5.3 Mantenimiento correctivo

Este es el primer tipo mantenimiento que se ejecutó desde el inicio de las maquinas a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX con la Revolución Industrial, como su nombre bien indica mantenimiento correctivo o reactivo, se basa en el conjunto de tareas para corregir fallas o averías que ya se han producidas, por lo general este conjunto de acciones no son planificadas debido a la ocurrencia inesperada de los sucesos.

Si este tipo de estrategia se utiliza para controlar todo un área o industria como método principal generara consecuencias inevitables en impactos para el inventario y por ende un golpe en la producción. Por lo general se utiliza en equipos o activos los cuales redundan en la industria, su adquisición de repuestos es económico y rápido, y no tienen un alto impacto en la producción señalándolos como no críticos.

3.5.4 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se hace presente a mediados del siglo XX luego de que la industria evolucionara conformando cadenas productivas más complejas durante la Primera y Segunda Guerra Mundial. La producción a gran escala intensifico el trabajo y rendimiento de las maquinas que dependía de un buen funcionamiento.

Es ahí cuando surge este nuevo tipo de mantenimiento el cual consiste en realizar acciones de revisión de forma sistemática bajo criterios definidos a equipos, aparatos o activos, evitando averías ocasionadas por el desgaste, uso o paso del tiempo.

Como se menciona anteriormente el mantenimiento correctivo y preventivo tienen una gran diferencia ya que uno previene la falla, y el otro repara una falla ya existente, es por ello que un plan preventivo disminuye costos de reparaciones y tiempo en que los equipos no están operativos. Existen dos tipos de mantenimiento preventivos principales.

a) **Mantenimiento programado:** Se utiliza de acuerdo con el tiempo en que el equipo ha funcionado ya sea kilómetros horas o ciclos de funcionamiento.

b) Mantenimiento de oportunidad: Aprovecha los periodos de detención del equipo o cuando no están siendo utilizados para realizar el mantenimiento, evitando cortes de producción.

3.5.5 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se hace presente en la década de 1960, si bien el mantenimiento preventivo funciona para prevenir fallas, muchas de las tareas de mantención se realizaban porque estaban programadas sin tener consciencias de que, si era necesario el cambio de las piezas, la lubricación u otras acciones.

Es por lo que debido al desarrollo de las tecnologías nace un nuevo método el cual consiste en el monitoreo de manera constante de los equipos a través de indicadores como temperatura, vibración, presión, entre otros. Esto a través de dispositivos capaces de manifestar el estado de cada equipo y conocer su condición actual, para así determinar la vida útil de los equipos a través de la comparación de datos obtenidos por sensores, termocuplas, límites de carrera entre otros.

A esta serie de elemento se le denomino mantenimiento predictivo o monitoreo en base a condición. Una definición más concisa es que se basa en la inspección de equipos para determinar el estado y su operabilidad, mediante distintas variables que ayudan a entender su condición, estas inspecciones son realizas en intervalos regulares para la prevención de fallas.

3.5.6 Indicadores de desempeño KPI'S

Los indicadores de desempeño o Key Performance Indicator (KPI'S) en inglés es una forma de medir acciones o conjuntos de iniciativas para saber que tan efectivas son de acuerdo con los objetivos propuestos. Un indicador para ser establecido debe tener 5 características de acuerdo con el modelo SMART, debe ser especifico, medible, alcanzable, relevante y temporal.

Para este proyecto los KPI'S serán utilizados para poder establecer bases para controlar una posible implementación del mantenimiento y establecer un punto de partida

y así poder cuantificar la situación actual y posterior de la empresa. Los siguientes indicadores son los más comunes en mantenimiento y los que se utilizaran.

3.5.6.1 Disponibilidad.

Es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo acordado. Se calcula mediante la siguiente formula.

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ totales - Horas\ paradas\ de\ mantenimiento}{Horas\ totales}$$

Sin duda uno de los indicadores más importante ya que una tasa de disponibilidad alta corresponde una mayor producción y a su vez mayores ingresos, con esta propuesta de mantenimiento y su implementación se estima aumentar esta cifra de forma que justifique los costos de su implementación.

3.5.6.2 Tiempo medio de reparación (MTTR).

El tiempo medio de reparación o Mean Time To Repair en inglés (MTTR), representa el tiempo necesario para reparar una avería y volver a su funcionamiento, en otras palabras, indica la facilidad para reparar un equipo, un valor bajo de este promedio nos puede indicar si usar hasta averiar o de lo contrario tomar medidas para su reparación en cuanto a mejorar protocolos o almacenar piezas fundamentales para el equipo. Para calcular se debe emplear la siguiente formula.

$$MTTR = \frac{Tiempo\ total\ de\ mantenimiento}{Numero\ de\ rapaciones}$$

3.5.6.3 Tiempo medio entre fallas (MTBF).

El tiempo medio entre fallas o Mean Time Between Failures en inglés (MTBF), es un dato del promedio del tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente, estas averías se relacionan directamente con factores del mantenimiento, mientras más elevado sea el MTBF, la fiabilidad del funcionamiento del equipo aumenta. Para calcular se debe utilizar la siguiente formula.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Numero de paradas}}$$

El aumento del MTBF es de vital importancia a la hora de poner en marcha este plan de mantenimiento ya que esto indicara si las acciones realizadas están teniendo un efecto positivo en el proceso y luego de eso se podrá analizar como aumentar este tiempo y como mejorar el plan de mantenimiento preventivo/predictivo.

3.5.7 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología la cual permite establecer una jerarquización de instalaciones, sistemas, equipos o elementos de un equipo, esto se logra realizando una evaluación respecto a diversos ámbitos según las necesidades de la empresa estos son, daños al personal, impacto ambiental, perdida de producción, daños a las instalaciones.

Se realiza un sistema de puntuación de dichos ámbitos, el cual se utiliza para obtener el nivel de criticidad a través del cálculo de consecuencia y frecuencia de falla.

Echo esto deben ubicar los valores calculados en la matriz de criticidad que está a continuación, la cual dirá si corresponde a un equipo no critico (NC), medianamente critico (MC) y critico (C).

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Gestión del mantenimiento y activos físicos

Figura 16: Matriz de criticidad

Se utilizará esta metodología para identificar los equipos más críticos del proceso productivo de Dialum, para luego centrarse en la jerarquización de sus respectivos componentes, y así establecer los repuestos que serán de ayuda en la a reducción tiempo de reparación, costos de logística, entre otros beneficios.

3.5.8 Balance Scorecard

El Balance Scorecard (BSC) o Cuadro de Mando integral, es una herramienta de gestión empresarial, la cual consiste en la planificación y dirección que permite relacionar estrategias y objetivos con indicadores y metas.

Esto sirve para enlazar estrategias y objetivos claves, mostrando resultados de desempeño a través de áreas críticas. Para ello cuenta con indicadores de control financieros y no financieros que abarcan diferentes áreas a evaluar como se ve en la imagen siguiente, estos son el desempeño financiero, conocimiento del cliente, procesos internos de negocio y aprendizaje y conocimiento (RRHH). Una de las grandes importancias que aporta el utilizarlo es permitir tener una guía de desempeño actual y saber cómo apuntar a un futuro desempeño.

CUADRO DE MANDO INTEGRAL					
PERSPECTIVA	OBJETIVO	INDICADOR	METAS		INICIATIVA O PLANES DE ACTUACIÓN
			P	R	
FINANCIERA	-Crecimiento ingresos - Mejora productividad	-% aumento cuota -Reducción costes			
CLIENTES	-Fidelización -Satisfacción	- % de crecimiento del negocio con los clientes actuales encuestas, - nº quejas clientes			
PROCESOS	-Asegurar calidad producto/servicio Mejorar capacidad respuesta	Indicadores para: -PR. De innovación -PR. operativos -PR. Post-venta			
RRHH: Aprendizaje y Crecimiento	-Aumentar la Formación - comunicación interna	-Capacidad personal -Capacidad S. información -Clima laboral; motivación			

Fuente: Gestipolis

Figura 17: Ejemplo de Balance Scorecard

3.5.9 Mejora continua

Es un enfoque para la mejora de procesos operativos, el cual consiste en la revisión de forma continua para encontrar problemas o desviaciones, es por ello que busca analizar, los procesos, como se desarrollan y donde se encuentran las falencias. Para así proponer estrategias que mejoren la gestión del mantenimiento y corrijan las desviaciones.

Esto ayuda a realizar mediciones y retroalimentación sobre el rendimiento de los procesos y las acciones a implementar en el sistema.

En este proyecto se utilizará este enfoque para poder ir mejorando las diferentes tareas y frecuencias establecidas en el plan de mantenimiento preventivo/predictivo, para que mediante la experiencia de la implementación se pueda ir adaptando hasta lograr su máxima eficacia.

Por otra parte, se utilizará en la estrategia de gestión de repuesto. Si bien se analizaron los equipos críticos y de acuerdo con ello se realiza un primer listado de repuestos, al pasar el tiempo se podrá ir aumentando o disminuyendo la cantidad de cada uno de los componentes ya existente como a su vez ir eliminando o agregando componentes nuevos todo de acuerdo con como vayan cambiando las necesidades de la planta.



Fuente: Ingeniare

Figura 18: Proceso de mejora continua

3.6 ETAPAS DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

3.6.1 Definir objetivos y prioridades

En este primer punto lo que se debe hacer es establecer que se quiere lograr con el plan de mantenimiento que metas se quieren alcanzar, si bien lo que se quiere lograr es reducir las paradas inesperadas, se pueden establecer otras metas de forma paralela, como establecer mejor de procesos, proponer sistemas de estratégicos como Six Sigma o 5S. A su vez en esta etapa se deben establecer límites o alcances a abarcar y a su vez establecer una prepuesto para su implementación.

3.6.2 Listado de activos y tareas

Finalizado el primer punto se debe establecer un listado de todos los equipos y clasificarlos como reparables o no reparables para poder establecer el análisis preventivo, para luego establecer que revisiones se realizaran y cada que frecuencia.

Las tareas y frecuencias de mantenimiento pueden establecerse de 3 formas, la primer es mediante datos estadísticos a través de cálculos, la segunda a través de información del fabricante y como última opción la experiencia obtenida, ya sea de operadores, mecánicos o planificadores. Este proyecto se centrará en la segunda y terca opción debido a que esta planta no cuenta con datos históricos y al realizar cálculos se requieren mayores competencias y un tiempo mayor.

3.6.3 Gestión de prioridades y recursos

Gestión de prioridades y recursos es uno de los pasos más importantes ya que depende ello poder tener buenos resultados. Para poder dirigir los recursos se deberá jerarquizar la importancia de cada componente dentro de un equipo. Debido a esto en este proyecto se utilizará un análisis de criticidad para saber dónde se deben enfocan las zonas críticas y respectivamente utilizar dichos recursos en dichas áreas.

3.6.4 Revisión y mejora

Como punto final se encuentra la revisión y puesta en marcha del plan de mantenimiento para luego implementar mejora. Para esto se utilizará la estrategia de mejora continua para poder actualizar y mejorar el primer plan propuesto de forma permanente, de manera que se pueda ir agregando o quitando componentes, y a su vez mejorando la frecuencia de inspecciones de acuerdo con experiencias, incluyendo y aumentando la cantidad de repuestos o disminuyendo. Todo esto con el fin de mejorar los indicadores propuestos.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO PLAN DE MANTENIMIENTO

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 DEFINICION DE OBJETIVOS Y PRIORIDADES

Como primer punto para el desarrollo de este proyecto, es la definición de objetivo y prioridades, para ello se utilizaron dos herramientas. La primera, establecer la estrategia del mantenimiento, que es la decisión tomada por los responsables de la gestión de la planta para dirigir el plan de mantenimiento.

Aquí se menciona el actuar para generar el plan, señalando el alcance y las políticas por las que se regirá en este caso Cristales Dialum Laminated, la duración y metas a largo plazo, los responsables de la implementación de la estrategia de mantenimiento, las herramientas y metodologías a utilizar, entre otros aspectos. Es por lo que a continuación se muestran un extracto de la Estrategia de mantenimiento y a la vez algunas figuras que resumen lo que contiene este documento [Ver ANEXO B: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED].

Estrategia de mantenimiento.doc

Estrategia de mantenimiento

Alcance Este documento fue elaborado para cumplir con los requerimientos establecidos en la sección 000-EI-00-01 Confiabilidad operacional.
Refiere al documento 06-01 LT Operational Reliability Policy Requirements para cubrir los temas relacionados con los requerimientos y políticas.

Política ODS 06.01 Todo el conjunto debe ser accesible a un nivel de calidad e integridad que cumpla los objetivos del negocio, incluyendo los requerimientos tanto regulatorios como de EHS: Calidad Responsabilidad de Dios.

Es este documento Este documento contiene los siguientes títulos

Títulos	Nº páginas
Alcance y política	1
Introducción, duración, largo plazo y referencias	2
Personas responsables para la estrategia de mantenimiento de la instalación	3
Impet para la estrategia de mantenimiento de la instalación	3
Estrategia de mantenimiento	8
Historia de las revisiones	14

Continúa en la próxima página

Página 1

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 19: Estrategia de mantenimiento preventivo/predictivo



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Figura 20: Elementos del cómo

En esta segunda imagen se muestra los “elementos del cómo”, que quiere decir cuáles serán las diferentes estrategias para lograr el cometido final el cual es elaborar este plan de mantenimiento preventivo predictivo. Todo estos para en su mayoría ser utilizado en este proyecto y los que no serán utilizados dejarlos planteados para una futura implementación.

Dicho lo anterior se resumirá a través de algunas figuras lo que quiere decir cada estrategia, partiendo por la estrategia de equipos que muestra cuales son los roles esperados para desarrollar las diferentes actividades de mantenimiento de la planta,



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Figura 21: Estrategia de equipo

ROLES	DESCRIPCIÓN	ENCARGADO
Ingeniero en confiabilidad	Organizar y revisar tareas de mantenimiento Análisis estadísticos de datos para modelos de confiabilidad	Ing. Confiabilidad; Sin personal.
Lider en mantenimiento y confiabilidad	Velar por el cumplimiento de las tareas a realizar y que el resto del equipo de trabajo se alinee con los objetivos y estrategias	Ing. Confiabilidad; Sin personal.
Liderazgo en instalaciones	Proveer inputs en las necesidades de recursos del proceso productivo, velar por el bien de las instalaciones	Ingeniero en mantenimiento; Sebastián Caceres (provisorio)
Ingeniero en mantenimiento	Proveer input en el área de mantenibilidad del proceso productivo, gestionar recursos para tareas periódicas de mantenimiento	Ing. Mantenimiento Sin personal específico
Coordinador PPM	Proveer input basado en la experiencia en la implementación del PPM	Ing. Mantenimiento Sin personal específico
Tecnico mecanico	Encargado de efectuar reparaciones y acciones de mantenimiento directas, además de recolectar datos sólidos	Tecnico Mantenimiento Sebastián Caceres
Encargado de bodega	Gestionar repuestos y activos para la estrategia de mantenimiento	Mauricio Gutierrez
Operador	Realizar acciones básicas de mantenibilidad y recolección de datos de activos.	

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Tabla 2: Roles de la estrategia de equipo

Luego tenemos la estrategia de Turnaround la cual se refiere a las paradas generales de planta o por sus siglas PGP la cual se resume en la imagen siguiente, explicando que durante un periodo de dos años funcionara en base al mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, para luego realizar una detención de la planta para realizar mantenimientos de gran envergadura donde durara un plazo aproximado de 10 días



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 22: Estrategia de Turnaround

Como último punto a manera de resumen se presenta la estrategia de máquinas, la cual quiere decir cómo se mantendrán los activos a lo largo del proceso, y a través de que modelos de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum.

Figura 23: Estrategia de maquinas

La segunda herramienta utilizada para la definición de objetivos y prioridades es el desarrollo de un Balance Scorecard para poder enlazar los objetivos y metas que tiene y busca la empresa con la generación e implementación del protocolo de mantenimiento, a su vez permite establecer los indicadores a utilizar, para posteriormente poder medir los resultados de la implementación del plan de mantenimiento generado.

PERSPECTIVA	OBJETIVOS	INDICADOR	OBJETIVO	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	OPTIMO	TOLERABLE	DEFICIENTE	RESULTADO	ENCARGADO
FINANCIERA	Aumentar rentabilidad de la empresa	Incremento de capital	20%	Anual	10%	6%	3%		Gerente financiero
FINANCIERA	Disminución costos de reparación	Costos de reparación	12%	Anual	1000%	500%	200%		Gerente financiero
CLIENTE	Mejorar plazos de entrega productos	Tiempo de entrega	10%	Mensual	10%	8%	5%		Encargado producción
CLIENTE	Mejorar retención de clientes	Reclamo de cliente	0,5%	mensual	0,5%	0,8%	1%		Encargado producción
PROCESO	Disminuir el tiempo de reparación de los equipos en proceso	MTTR	20%	Anual	10%	500%	3%		Encargado mantenimiento
PROCESO	Aumentar tiempo entre fallas de los equipos del proceso	MTBF	15%	Anual	15%	10%	8%		Encargado mantenimiento
CAPACIDAD DE APRENDIZAJE	Mejorar de conocimiento y habilidades	Capacitación sobre equipos y proceso	10 horas	Anual	10	8	5		Encargado de mantenimiento
CAPACIDAD DE APRENDIZAJE	Implementación de herramientas y tecnología	Capacitación sobre software y uso adecuado de equipos y herramientas	20 horas	Anual	20	15%	10%		Encargado de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Figura 24: Balance Scorecard, Cristales Dialum Laminated

4.2 LISTADO DE EQUIPOS

Fijada la estrategia y los objetivos, se realiza un listado de todos aquellos equipos los cuales se consideran mantenibles de acuerdo con los requerimientos de la empresa, es por ello que se realiza un levantamiento de la línea de proceso de laminado de cristales, identificado el sistema, sus componentes, TAG y asignación de actividades junto a sus respectivas frecuencias. A modo de ejemplo se muestra un extracto del listado de componente del equipo denominado TLT. Para ver listado completo dirigirse a [Ver ANEXO C: LISTADO DE EQUIPOS].

TAG	TLT	N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	FRECUENCIA
M00	MOTOR TRANSPORTE	1	Inspección visual	1 mes
		2	Inspección de ruidos	1 mes
		3	Lectura de temperatura	1 mes
		4	Comprobación de torque	6 meses
		5	Alineamiento	6 mese
		6	Vibraciones	2 meses
		7	Termografía	2 meses
ROD00	DESCANSOS MOTOR TRANSPORTE	1	Inspección visual	1 mes
		2	Inspección de ruidos	1 mes
		3	Termografía en descansos	2 meses
		4	Vibraciones	2 meses
		5	Lubricación	3 semanas
RC00	TRANSMISION POR CADENA	1	Inspección visual cadena y piñones	1 mes
		2	Limpieza y lubricación	3 semanas
		3	Medición de tensión	3 semanas
CAR00	CARDANES	1	Inspección visual (desgaste)	1 mes
		2	Lubricación	2 meses
ROD01	RODAMIENTO BRAZOS	1	Inspección visual	1 mes
		2	Inspección de ruidos	1 mes
		3	Termografía en descansos	6 meses
		4	Vibraciones	2 meses
		5	Lubricación	1 mes

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Tabla 3: Listado de equipos

En este primer listado se observan tareas de mantenimiento tipo predictivo. Para evaluar las tareas de mantenimiento preventivo se hizo recolección de los manuales de cada equipo para poder establecer una lista de actividades similar y luego poder unificarlo en un solo protocolo como se mostrará a continuación. Para ver el protocolo final dirigirse a los anexos, [Ver ANEXO D: PROTOCOLO MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PREDICTIVO, CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED].

Componentes	N°	Descripción	Responsable	Frecuencia				
				Día	Sem	Men	Trimestral	An
				rio	anal	sual	Semanal	ual
Lavadora general	1	Comprobar limpieza		X				
	2	Quitar vidrios rotos		X				
	3	Limpiar tinas de circulación de agua		X				
	4	Comprobar estado de cepillos			X			
	5	Tensión de correas				X		
	6	Tensión de correar (Comprobar o cambiar)				X		
	7	Comprobar Distancia de cepillos / rodillos o cambio				X		
	8	Limpiar lado interior de la maquia				X		
	9	Cambio o limpieza de filtros ventilador				X		
	10	Intercambiador de cinturones						X
Lubricación de lavadora	1	Rodamientos rodillo de transporte						X
	2	Engranajes cónicos				X		

FICHA REGISTRO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
TAG	TLT	N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	Fecha ultimo mantenimiento	Fecha próximo mantenimiento	Responsable	Observaciones
MO0	MOTOR TRANSPORTE	1	Inspección visual				
		2	Inspección de ruidos				
		3	Lectura de temperatura				
		4	Comprobación de torque				
		5	Alineamiento				
		6	Vibraciones				
		7	Termografía				
ROD00	DESCANSOS MOTOR TRANSPORTE	1	Inspección visual				
		2	Inspección de ruidos				
		3	Termografía en descansos				
		4	Vibraciones				
		5	Lubricación				

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Tabla 4: Registro plan de mantenimiento preventivo

REGISTRO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO											
N°	TAG	Componente	Subsistema	Sistema	Fecha	Hora	Descripción de la falla	Síntomas	Solución	TTR	Responsable
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum

Tabla 5: Registro mantenimiento correctivo

4.3 GESTIÓN DE PRIORIDADES Y RECURSOS

4.3.1 Análisis de criticidad

Terminado el listado de equipos se procede a realizar el análisis de criticidad que como se dijo anteriormente nos ayudará a definir las prioridades dentro del proceso y saber dónde se debe enfocar los recursos, para ello se establecerán los factores con las respectivas ponderaciones para luego realizar la puntuación.

Frecuencia de falla (FF)	Ponderación
Mayor o igual a 8 fallas al mes	4
De 5 a 7 fallas al mes	3
De 2 a 4 fallas al mes	2
Menor o igual a 1 falla al mes	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Ponderación frecuencia de falla

Impacto operacional (IO)	Ponderación
Parada inmediata de toda la producción	10
Afecta más del 50% a la producción	7
Afecta menos del 50% a la producción	4
No afecta a la producción	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Ponderación impacto operacional

Flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No se dispone de otros equipo igual o similar	4
El sistema puede seguir funcionando	2
Se dispone de otro equipo igual o similar	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Ponderación flexibilidad operacional

Costo de mantenimiento (CM)	Ponderación
Mas de \$2.000.000 de pesos	3
Entre \$800.000.000 y menos de 2.000.000 de pesos	2
Menos de \$800.000 de pesos	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Ponderación costo mantenimiento

Impacto en seguridad ambiente higiene (ISAH)	Ponderación
Afecta seguridad humana	8
Afecta al medio ambiente produciendo daños reversibles	6
Afecta instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores - accidentes e incidentes	2
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Ponderación impacto en seguridad ambiente higiene

Estas ponderaciones fueron creadas de acuerdo con criterios de la planta, a modo de ejemplo señalaremos un equipo el cual fue evaluado, para luego establecer donde se ubica en la tabla de criticidad. Para ello se utilizarán fórmulas básicas las cuales están indicadas a continuación y serán utilizadas en el ejemplo.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: CALANDRA	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	2
IMPACTO OPERACIONAL	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	2
TOTAL	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Análisis de criticidad

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia}$$

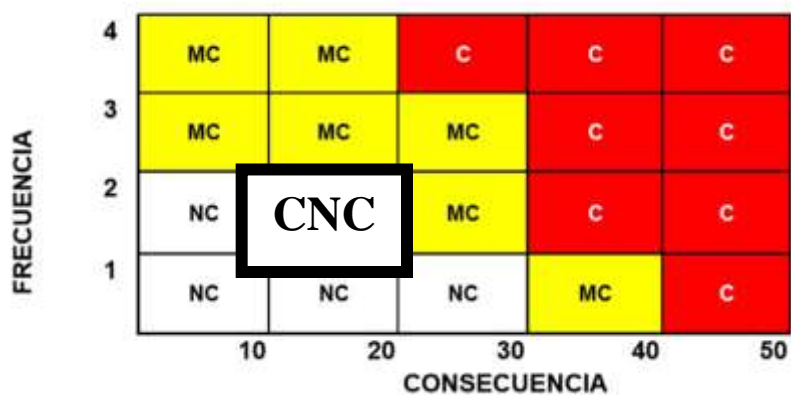
$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costos} + \text{Impacto Seguridad y Medio ambiente}$$

$$\text{Frecuencia de falla} = 2$$

$$\text{Consecuencia} = (7 \times 2) + 2 + 1 = 18$$

$$\text{Criticidad} = 2 * 18 = 36$$

Luego, se procede a ubicar la cantidad calculada de consecuencia en el eje X y la cantidad de frecuencia de falla en el eje Y.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Ejemplo nivel de criticidad CNC, DIALUM

Obtenido los resultados se pueden realizar conclusiones de este proceso. En este caso se establece qué es un equipo no crítico, debido a la puntuación que le dan los trabajadores de la planta, esto debido a que es un equipo nuevo que no presenta fallas y que a la vez es prescindible a la hora del proceso, ya que existen cristales que no necesitan ser dimensionados, por lo que evitan esta etapa y no afecta totalmente a la planta.

A partir de los distintos resultados de cada equipo [Ver ANEXO E: ANALISIS DE CRITICIDAD EQUIPOS CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED]. se le realizara un análisis de criticidad a los componentes de los equipos más críticos para poder establecer un listado de repuestos esto debido a que no existen repuestos en la industria y por ende los tiempos de reparación son demasiado altos generando costos excesivos. Los análisis de criticidad de cada equipo se agregarán como anexos al final del documento.

4.3.2 Listado de repuesto, herramientas y equipos

En esta instancia para realizar el listado de repuesto como se menciona anteriormente se utiliza la estrategia de criticidad para evaluar componentes y la experiencia de los trabajadores de la planta, para ello se evaluó en los equipos más críticos cuales son los problemas recurrentes y que componente son afectados y tiene un gran impacto en la producción a la hora de tener que realizar reparaciones imprevistas o sustitución de componentes programados por mantenimiento.

Al realizar este listado se limitó el nombre de los componentes y su descripción debido al servicio que dan los proveedores de los equipos, ya que en sus manuales solo se encuentran imágenes de las partes y su codificación para pedirlo de forma directa a ellos, limitando la compra a otros proveedores de repuestos o partes, esto se podría analizar como una estrategia de marketing del proveedor. A la vez se omiten valores individuales, generando solo un valor aproximado final.

A modo de ejemplo se muestra cómo se plantean los repuestos por manual, para luego dejar el primer listado de repuesto base, para la línea de laminado de Cristales Dialum Laminated.

Además, a continuación, se le suma un listado de herramientas y equipos iniciales, analizado por el equipo de mantenimiento el cual estiman necesario para la realización de las tareas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

LISTADO DE REPUESTOS		
CODIGO	NOMBRE	CANTIDAD
37648	TOOTH GEAR	1
36114	WHEEL, ASSEMBLY	2
P52054	TABLE, LIFT	4
P521493	TABLE,TILTING	1
P515546-B	WHEEL TURN	5
2362	BEARING UNIT, FLANGE	2
P521780-A	SCREW JACK, ASSEMBLY	1
42020	ARTICULATED SHAFT	2
41792	ARTICULATED SHAFT	2
P520137	CLUTCH, RIGID	2
P519947	ROLLER, CHAIN	1
P520126	CHAIN WHEEL BEARING	2
P520126	CHAIN WHEEL BEARING	2
450	BEARING UNIT FLANGE	1
214	CHAIN WHEEL, CONIC SLEEVE	1
P504389	ROLL	3
P505565	CHAIN, ASSEMBLY	1
377	SLOTTED BALL BEARING	4
P503611	CHAIN WHEEL, BEARIN	4
29222	CHAIN WHEEL BEARING	1
5389	HEXAGON SCREW, NO FULL PITCH	1
13090	LOCKING NUT	1
10955	WASHER, FRAME	1
1275	WASHER	1
P503641	TIMING PULLEY	1
P503822	BASE	4
426	BEARING UNIT, VERTICAL	1
P574529	ELECTRIC MOTOR LIFT TABLE	1
2058	SPEEDER C225	1
P301056	ELECTRIC MOTOR LIFT TABLE	1
1489	ELECTRIC MOTOR, WASHER	1
1257	WATER PUMP, WHASHER	1
P538912	CHAIN TRANSPORT TABLE	4
1087	SPEEDER C134	1
N/A	LUBRICANTE SHELL OMALA S4WE320	1
N/A	LUBRICANTE SHELL OMALA 460	1
N/A	GRASA MULTIPROPOSITO	4

LISTADO DE REPUESTOS		
CODIGO	NOMBRE	CANTIDAD
37648	ENGRANAJES DENTALES	1
36114	RUEDA, MONTAJE	2
P52054	MESA, ASCENSOR	4
P521493	MESA, INCLINACIÓN	1
P515546-B	RUEDA GIRATORIA	5
2362	UNIDAD DE RODAMIENTO, BRIDA	2
P521780-A	GATO DE TORNILLO, MONTAJE	1
42020	EJE ARTICULADO	2
41792	EJE ARTICULADO	2
P520137	EMBRAGUE, RÍGIDO	2
P519947	RODILLO, CADENA	1
P520126	COJINETE DE RUEDA DE CADENA	2
P520126	COJINETE DE RUEDA DE CADENA	2
450	BRIDA DE LA UNIDAD DE RODAMIENTO	1
214	RUEDA DE CADENA, MANGA CÓNICA	1
P504389	RODAR	3
P505565	CADENA, MONTAJE	1
377	RODAMIENTO DE BOLAS RANURADO	4
P503611	RUEDA DE CADENA, BEARIN	4
29222	COJINETE DE RUEDA DE CADENA	1
5389	TORNILLO HEXAGONAL, SIN PASO	1
13090	TUERCA DE BLOQUEO	1
10955	LAVADORA, MARCO	1
1275	LAVADORA	1
P503641	POLEA DE SINCRONIZACIÓN	1
P503822	BASE	4
426	UNIDAD DE RODAMIENTO, VERTICAL	1
P574529	MOTOR ELECTRICO, MESA ELEVADORA	1
2058	REDUCTOR C225	1
P301056	MOTOR ELECTRICO, MESA ELEVADORA	1
1489	MOTOR ELECTRICO LAVADORA	1
1257	BOMBA DE AGUA LAVADORA	1
P538912	CADENA MESA DE TRANSPORTE	4
1087	REDUCTOR C134	1
N/A	LUBRICANTE SHELL OMALA S4WE320	1
N/A	LUBRICANTE SHELL OMALA 460	1
N/A	GRASA MULTIPROPOSITO	4

Fuente: elaboración propia, colaboración, Cristales Dialum Laminated

Tabla 12: Listado de equipos

N°	NOMBRE	DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR
1	LLAVES PUNTA CORONA	Juego de llave punta corona 14 piezas FORCE	1	\$69.990
2	LLAVE ALLEN	Set llaves hexagonales 12 unidades STANLEY	2	\$31.980
3	ALICATE DE PUNTA	juego 3 alicates STANLEY	1	\$45.190
4	ALICATE UNIVERSAL			
5	ALICATE CORTANTE			
6	DESTORNILLADORES	Set destornilladores acero 6 unidades	1	\$11.690
7	ALICATE SEEGER	Alicate exterior recto 7" STANLEY	1	\$11.190
8	ALICATE SEEGER	Alicate interior recto 7" STANLEY	1	\$11.090
9	LLAVE FRANCESA	Llave francesa 12" STANLEY	1	\$15.490
10	LLAVE FRANCESA	Llave francesa 24" Yatoo	1	\$60.990
11	LLAVE STILLSON	Llave Stillson 12" recta Smart Tools	1	\$11.190
12	LLAVE STILLSON	Llave Stillson 24" recta Smart Tools	1	\$23.490
14	JUEGO DE DADOS	Juego de dados 24 piezas FORCE	1	\$99.990
15	MARTILLO	Martillo cabo fibra vidrio 15 Oz STANLEY		\$10.190
16	MARTILLO DE GOMA	Martillo de goma 24 Oz Redline	1	\$12.480
18	LLAVE DE TORQUE	Llave de torque 1/2" 30-150 Lb-ft FORCE		\$42.990
20	ESMERIAL ANGULAR	Esmeril angular 4" 1/2 900W STANLEY	1	\$44.990
21	MAQUINA DE SOLDAR	Soldadora Arco manual 200A INDURA	1	\$429.990
22	LIMA PLANA	Set 4 limas 8"	1	\$14.190
23	LIMA REDONDA			
24	TORNILLO MECANICO	Tornillo de banco con yunke 5" OKB	1	\$57.190
26	CAIMAN	Caimán curvo 10"	1	\$5.590
27	MACHO	Set macho y terraja 14 piezas	1	\$24.990
28	TERRAJA			
29	COLA DE CHANCHO	Set extractor de pernos de 3 a 20 mm 5 piezas	1	\$10.990
30	HUINCHA DE MEDIR	Huincha de medir 8 metros STANLEY	2	\$33.700
31	NIVEL DE MANO	Nivel torpedo 8"	1	\$1.632
32	PIE DE METRO	Pie de metro 6" MITUTOYO	1	\$69.900
33	TERMOMETRO	Termómetro infrarrojo digital uso industrial -50°C a 400°C	1	\$38.934
TOTAL				\$1.120.046

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Listado de herramientas

N°	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
1	EQUIPO DE ALINEAMIENTO	Alineador laser de ejes inalámbrico DOO-VLPLUS	1	\$10.079.760
2	EQUIPO DE VIBRACIONES	Analizador de vibraciones VIBRIO M+ DDS Free	1	\$3.995.000
3	EQUIPO ALINEAMIENTO DE POLEA	Alineador laser LBT	1	\$1.098.100
TOTAL				\$15.172.860

Fuente: Elaboración propia, Colaboración Adash

Tabla 14: Listado de equipos

4.4 REVISIÓN Y MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Obteniendo una jerarquización del proceso y los recursos a utilizar se debe implementar una revisión de forma continua a la implementación del plan de mantenimiento preventivo/predictivo para encontrar fallas en lo propuesto o falencias, ya sea cambio de intervalos de inspecciones, aumento de cantidad de repuestos o agregar repuestos no considerados en la etapa de gestión de recursos, agregar o quitar herramientas, equipos, etc.

CAPITULO V: EVALUACIÓN ECONOMICA

5.1 INTRODUCCIÓN A LOS COSTOS

Los costos de mantenimientos se refieren a los costos generados debido a las tareas a realizar para conservar o restaurar un bien o producto a un estado específico funcional. En el sector de mantenimiento en algunos casos es considerado como un gasto. Pero eso depende de cómo se aborde, en este caso es considerado un costo ya que es una inversión en la protección de los activos físicos y un seguro a nivel de la producción, es decir que la planta no falle y pueda producir lo que se estima.

Los costos se pueden agrupar en dos grandes categorías

- a) Costo de relación directa con la operación de mantenimiento: costos administrativos, mano de obra, materiales, repuestos, subcontratación, almacenamiento, entre otros.
- b) Costos por pérdida de producción: Se relaciona con la pérdida por falla de los equipos, ya sea por disminución de la producción o pérdida por fallas en la calidad del producto debido al mal funcionamiento de los equipos.

5.2 COSTOS FIJOS

Los costos fijos no dependen de la producción y venta de los productos ofrecidos. Dentro de estos costos tenemos la mano de obra, los materiales necesarios para el mantenimiento programado (mantenimiento preventivo y predictivo), además de alquiler de equipos, suministros para lubricación de activos, entre otros.

Todos estos costos aseguran el estado de las máquinas a mediano y largo plazo. En muchas empresas tienden a reducirlo, infiriendo que es la mejor opción para generar ahorros a corto plazo, pero implica que en el futuro la disponibilidad de los activos está siendo comprometida, reduciéndola para su producción generando el aumento de incertidumbre.

5.3 COSTOS VARIABLES

A diferencia de los costos fijos, los costos variables son totalmente dependiente de la producción y la venta. Dentro de los costos variables en el mantenimiento encontramos la mano de obra, materiales y herramientas para realizar acciones que son imprevista denominado como mantenimiento correctivo.

5.4 DISPONIBILIDAD

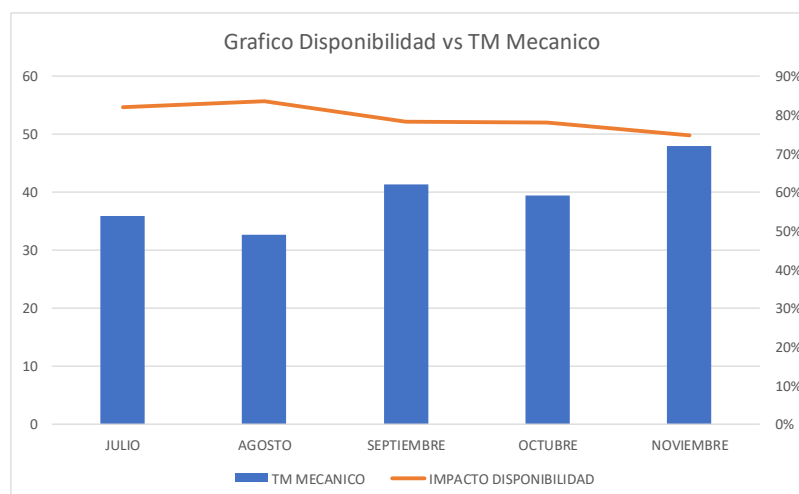
Para poder establecer los diferentes costos, primero debemos establecer el impacto generado por las detenciones inesperadas en el indicador de disponibilidad del proceso de producción.

Debido a la falta de datos sólidos, se realizarán estimaciones de las horas perdidas.

DISPONIBILIDAD			
MES	TIEMPO DISPONIBLE	TM MECANICO	IMPACTO DISPONIBILIDAD
JULIO	198	35,87	82%
AGOSTO	198	32,72	83%
SEPTIEMBRE	189	41,27	78%
OCTUBRE	180	39,43	78%
NOVIEMBRE	189	48	75%
		PROMEDIO	79%

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Tabla 15: Disponibilidad estimada Cristales Dialum Laminated.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Gráfico de barras acumulada, Disponibilidad vs TM mecánico

De acuerdo a la representación grafica del impacto en la disponibilidad, se puede ver que el tiempo de parada de maquina con los meses va aumentando, lo que a la vez radica en que baje la disponibilidad ya que ambos son inversamente proporcionales, esto se puede atribuir ha que debido a falta de mantenimiento programado han ido aumentando la falla en el proceso, y producto de una mala preparación aumenta el tiempo de reparación.

5.5 COSTOS ASOCIADOS A DETENCIONES

Cada detención del proceso tienes costos asociados, entre ellos esta, el costo de perdida por no producir y el costo de horas hombre (HH) invertidas en las intervenciones, es por ello que al igual que en la disponibilidad se desarrolla un cuadro el cual nos señale cada costo por hora y el costo mensual.

BASE PARA CALCULOS		
DESCRIPCIÓN	COSTO HH	COSTO MENSUAL
VALOR HORA/PRODUCCIÓN	\$2.087.431	\$375.737.580
VALOR HH MECANICO	\$3.561	\$640.980
VALOR HH ELECTRICO	\$3.561	\$640.980
VALOR HH OPERADOR	\$2.558	\$460.440
VALOR HH ING. CONFIABILIDAD	\$5.537	\$996.660

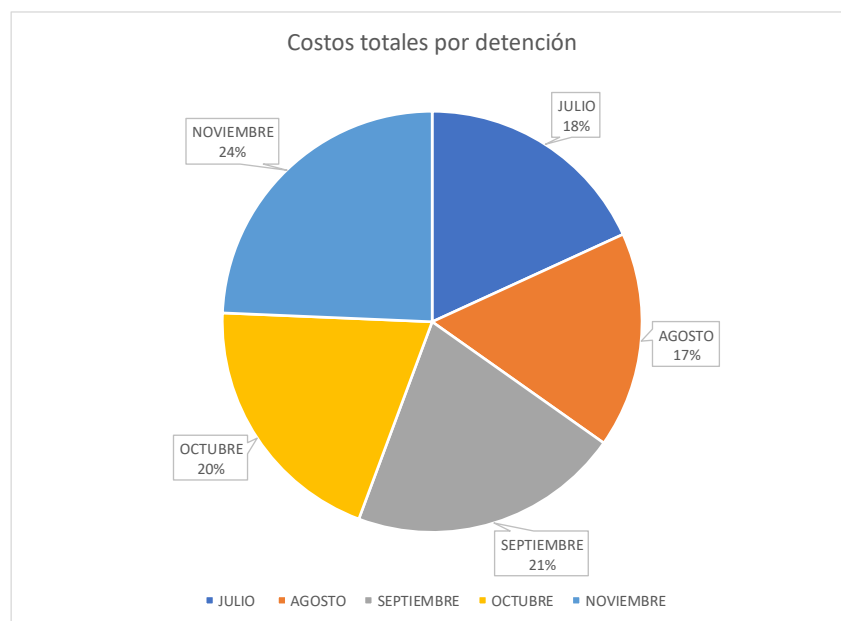
Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Tabla 16: Base de datos para cálculos

DESCRIPCION	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
COSTO POR DETENCION DEL PROCESO	\$74.876.150	\$68.300.742	\$86.148.277	\$82.307.404	\$100.196.688
COSTO HH MECANICO	\$127.733	\$116.516	\$146.962	\$140.410	\$170.928
COSTO HH OPERACIONES	\$91.755	\$83.698	\$105.569	\$100.862	\$122.784
Total	\$75.095.639	\$68.500.957	\$86.400.809	\$82.548.677	\$100.490.400

Fuente: Elaboración propia. Colaboración Cristales Dialum Laminated

Tabla 17: Costos asociados a detenciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Gráfico circular, Costos totales por detención

A partir del gráfico de pie (gráfico circular o de torta) podemos ir viendo como aumentan los costos al paso del tiempo, esta vez viendo como interactúan las horas hombres además de las horas por pérdida de producción

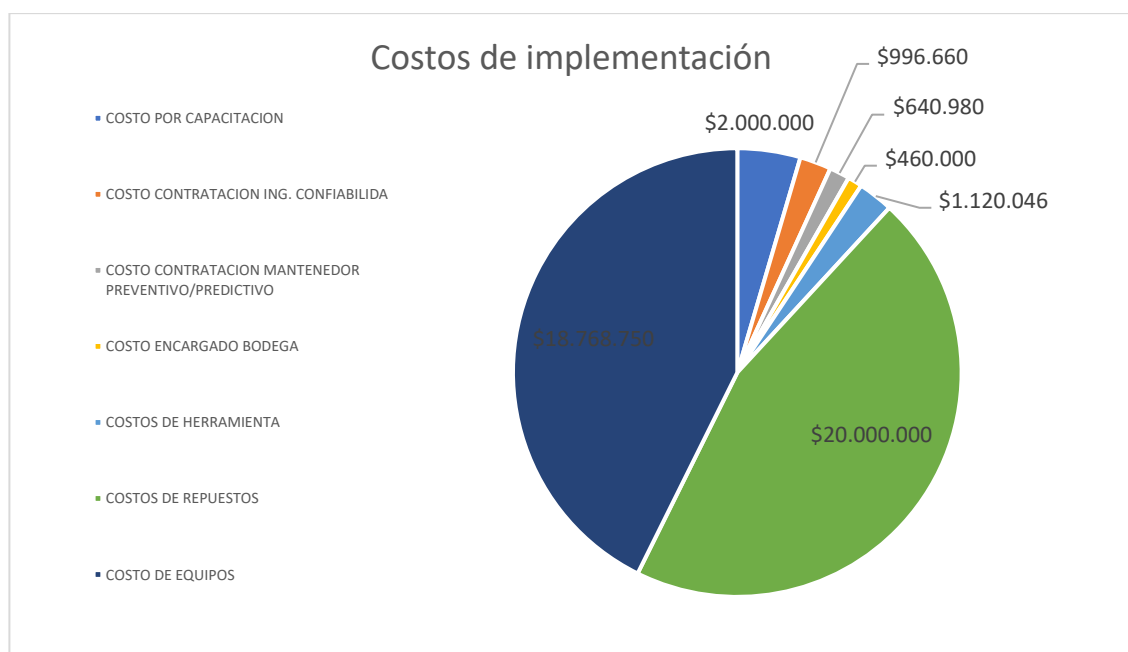
5.6 COSTOS ASOCIADO A IMPLEMENTACIÓN

En esta etapa consideraremos los costos que se deben considerar para implementar el plan de mantenimiento preventivo-predictivo. El cual tiene como consideración las herramientas, equipos, personal necesario y sus respectivas capacitaciones.

DESCRIPCIÓN	VALOR
COSTO POR CAPACITACION	\$2.000.000
COSTO CONTRATACION ING. CONFIABILIDA	\$996.660
COSTO CONTRATACION MANTENEDOR PREVENTIVO/PREDICTIVO	\$640.980
COSTO ENCARGADO BODEGA	\$460.000
COSTOS DE HERRAMIENTA	\$1.120.046
COSTOS DE REPUESTOS	\$20.000.000
COSTO DE EQUIPOS	\$18.768.750
SUMA	\$33.986.436

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Tabla 18: Costos asociados a implementación



Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Grafico Circular, costos de implementación

En este punto al graficar los costos podemos ver que la inversión inicial abarca en su gran mayoría al costo de equipos y el costo de repuestos, ya que ambos son vitales en la implementación, pero son un costo único a la vez los costos de contratación son bajos pero son costos fijos.

Una vez que ya se obtiene esta serie de básico se puede realizar un flujo de caja inicial en el cual se puede plasmar la inversión inicial y realizar una estimación de acuerdo con lo que podría producir la empresa mejorando la disponibilidad de los equipos.

Para ello se estima que dentro de los primeros seis meses la disponibilidad aumente un 5% del valor promedio llegando a un 10% en un año.

PERIODO	Mes 0	Mes 1-6	Mes 7-12
INVERSIÓN INICIAL	\$41.888.796		
INGRESOS PROMEDIO ACTUAL		\$296.832.688	\$296.832.688
INGRESO PROMEDIO ESPERADO		\$311.674.323	\$326.515.957
COSTO CONTRATACIÓN		\$2.097.640	\$2.097.640
COSTOS MANTENCION		\$1.500.000	\$1.500.000
FLUJO DE CAJA	\$-41.888.796	\$11.243.994	\$26.085.629

Fuente: Elaboración propia, colaboración Cristales Dialum Laminated

Tabla 19: Flujo de caja estimativo periodo de un año

Este flujo de caja final nos muestra en cuanto tiempo se podría recuperar la inversión de poder implementar este plan de mantenimiento preventivo/predictivo, si bien la mayoría de los valores son estimativos, el resultado real no debiese tener una gran variación.

Además, este flujo de caja no incorpora algunos costos los cuales se mencionarán a continuación debido a que no busca abarcar temas profundos de inventariado y a la vez introducirse en la contratación de servicios externos para mantenimiento, pero si hay que tenerlo en cuenta a la hora de llevar este proyecto a la realidad ya que varias de las actividades a realizar necesitan personal capacitado.

5.7 COSTOS DE ALMACENAMIENTO DE INVENTARIO

El costo de almacenamiento considera a todo lo asociado a mantener el inventario, dentro de estos costos podemos encontrar el costo de capital, que es el costo de oportunidad de tener el dinero invertido en inventario, costo de bodega que es el costo de mantención de la bodega (servicios básicos, aseo, etc.), arriendo o depreciación del inmobiliario y costo de compra, costos de servicio, se refiere a los recursos humanos para manejar el inventario, tecnología de control, etc. Y por último se encuentra el riesgo de inventario que es el costo de obsolescencia de los activos inventariados.

Los costos de inventario dependen del volumen el cual se maneje, por ende, mientras mayor inventario guardado, mayor costo de almacenamiento. Es debido a eso que gestionar adecuadamente el inventario es vital ya que una alta cantidad generara costos innecesarios y no contar con la cantidad suficiente puede generar problemas a la hora de realizar una reparación.

Para este proyecto no se calculará el costo de almacenamiento, debido a que se crea un listado básico de repuesto, con valores referenciales ya que los proveedores de los equipos trabajan con repuestos específicos y tiene un cierto nivel de confidencialidad.

Aun así, mencionamos estos costos porque son importantes a la hora de tener que realizar reducción de presupuesto, y porque una mala implementación y gestión puede elevar los costos de manera innecesaria.

5.8 COSTOS EXTERNALIZACIÓN DE SERVICIOS.

El costo de externalización de servicio se refiere a la contratación de mano de obra externa, para realizar servicios específicos especializados, que necesite competencias las cuales no se encuentran en la empresa, por lo general se realiza cuando los equipos están sujetos a cumplir con normativas o regulaciones.

Para este proyecto se menciona este costo debido a que hasta el momento no se encuentra un equipo de mantenimiento conformado por lo que la mayoría del mantenimiento debiera ser externalizado. Para ello se debe tener en cuenta un presupuesto

anual para realizar dichas acciones de contratación de servicios y/o arriendo de equipos especiales.

CONCLUSIÓN

Mediante el transcurso de todo el trabajo se lograron desarrollar los objetivos propuestos, tras la generación de un protocolo de mantenimiento preventivo, predictivo.

Por un lado, al desarrollar este plan se puede observar que se crea una línea base para crear conciencia y cultura sobre el mantenimiento, y la importancia que tiene este a la hora de reducir costos y accidentes producto de la falla de los procesos. Por otro lado, la empresa capta los conocimientos básicos para poder ir desarrollando más a fondo el protocolo de mantenimiento adaptándolo a las necesidades futuras.

Al establecer el análisis de criticidad y los KPI'S, hay que mencionar que este primero es un análisis inicial de acuerdo con el conocimiento y el comportamiento actual del proceso, teniendo en consideración que puede ser más exacto con el paso del tiempo. Por otra parte, los indicadores propuestos, servirán para la implementación de un modelo de confiabilidad que permita conocer de forma más exacta la vida útil de los equipos y poder ver dónde enfocar los recursos. Y a la vez para tener datos cuantificables del comportamiento para desarrollar más a fondo el modelo de mantenimiento.

Finalmente se recomienda la implementación de software gestión del mantenimiento, y capacitación respecto a su uso, permitiendo almacenar datos y ayudar en el plan de acciones del mantenimiento. También reestablecer la cantidad de equipos que han fallado y han sido extraídos y no se han vuelto a reestablecer en el funcionamiento óptimo del proceso

BIBLIOGRAFÍA

CRESPO, Adolfo, BARBERA, Luis, KRISTJANPOLLER, Fredy, STEGMAIER, Raúl y VIVEROS, Pablo. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo [en línea]. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 2013, vol.21, pp. 125-138, <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>> [consulta: 22 de septiembre de 2021]. ISSN 0718-3305

CRISTALES DIALUM S.A. Catalogo Dialum Español. [en línea], <<https://www.dialum.com/dinamicos/catalogos/catalogo-dialum-espanol-1474637276.pdf>>. [consulta: 13 de septiembre de 2021].

DUGUID Jorquera, Leonardo Javier. Elaboración de un plan de mantenimiento para planta dosificador de hormigón. Memoria (Ingeniería en Ejecución en Mantenimiento Industrial) Concepción, Chile; UTFSM. Sede Concepción. 2019. 56 pp.

GARCIA Garrido, Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz de Santos, 2003. 304 p. ISBN 84-7978-548-9.

Mora Gutiérrez, Alberto. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. México; Alfaomega, 2009. 528 p. ISBN 95-8682-769-0.

ANEXOS

ANEXO A: HISTORIAL DE FALLAS CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINTATED.

REGISTRO PARADAS DE MÁQUINAS								
	ÁREA	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO TOTAL	SÍNTOMAS	MOTIVO	SOLUCIÓN
Semana 8	PLC LAMINADO	24-02-2021	8:30	10:54	2:24	1. Se apaga la línea al intentar girar lo rodillos de pvb 2. Rodillos de transporte giran al revés 3. No se activa el control de 24V	Desconfiguración espontánea PLC	1. Revisión paradas de emergencia 2. Reinicio línea (4 veces) 3. Reinicio manual PLC CP2 4. Reprogramación valores plc
Semana 9	PLC LAMINADO	01-03-2021	7:45	8:15	0:30	1. La línea no prende 2. No se activa el control de 24V 3. Rodillos no giran	Desconfiguración espontánea PLC	1. Reinicio línea (2 veces) 2. Reinicio manual PLC CP2 3. Reprogramación valores plc
	PLC LAMINADO	05-03-2021	8:15	10:45	2:30	1. La línea aumenta espontáneamente la velocidad de 5 m/min a 10 m/min 2. No se activa el control de 24V 3. Rodillos comienzan a girar en sentido contrario 4. Pulpo de sala limpia baja a punto 0 espontáneamente	Desconfiguración espontánea PLC	1. Reinicio línea (4 veces) 2. Reinicio manual PLC CP2 3. Reprogramación valores plc 4. Reprogramación de valores max y min de la línea 5. Revisión de todos los pulsadores de emergencia
Semana 10	PLC LAMINADO	08-03-2021	7:30	9:21	1:51	1. Línea parte con normalidad pero rodillos de transporte al interior de la sala limpia no funcionan. 2. Rodillos comienzan a girar en sentido contrario 3. Pulpo de sala limpia baja a punto 0 espontáneamente	Corte en automático QF100 para señales de control de sensores	1. Reinicio línea (2 veces) 2. Reinicio manual PLC CP2 3. Reprogramación valores plc 4. Revisión de automáticos
	PLC LAMINADO	11-03-2021	8:39	9:23	0:44	1. Línea parte con normalidad pero aumenta espontáneamente la velocidad de 5 m/min a 10 m/min 2. No se activa el control de 24V 3. Se pierde comunicación con los PLC de horno y labadora	Pérdida de comunicación entre PLC central CP2 con los PLC de calandra y labadora	1. Reinicio línea (4 veces) 2. Reinicio manual PLC CP2 3. Revisión de automáticos sala limpia, horno y lavadora
	LOGÍSTICO	12-03-2021	9:15	15:45	6:30	Falta de producción, incumplimiento de camión de lirquen no deja sin planchas 3mm Cal	Falta de producción, incumplimiento de camión de lirquen no deja sin planchas 3mm Cal	Falta de producción, incumplimiento de camión de lirquen no deja sin planchas 3mm Cal
SEPTIEMBRE	PLC LAMINADO	03-09-2021	12:30	13:05	0:35	Desconfiguración de PLC, provoca reinicio en puesta en marcha de la línea de transporte.	Corte de luz en general.	Reinicios de la línea de transporte.
	PLC LAMINADO	03-09-2021	13:30	13:55	0:25	Se apaga línea de transporte	Desconfiguración espontánea PLC	Reinicios de la línea de transporte.
	Línea Transporte	03-09-2021	15:00	17:30	2:30	Corte de cadena de transmisión	Desconfiguración de la línea aumenta la velocidad en 500%	1. Detener funcionamiento de la línea 2. Apertura protección cadena 3. Buscar sección cortada
	Línea Transporte	06-09-2021	8:00	11:30	3:30	Corte de cadena de transmisión	Mantenimiento correctivo cadena de transmisión cortada	1. Búsqueda y compra de repuesto (\$9,044) 2. Mantenimiento correctivo cadena 3. Ajuste de alineación motor/piñon y tensar cadena
	Línea Transporte	07-09-2021	16:10	17:15	1:05	Corte de cadena de transmisión	Mantenimiento correctivo cadena de transmisión cortada	1. Detener funcionamiento de la línea 2. Apertura protección cadena y búsqueda sección cortada. 3. Mantenimiento correctivo cadena (repuesto en posesión). 4. Ajuste de alineación motor/piñon y tensar cadena
	Línea Transporte	10-09-2021	11:30	16:30	5:00:00	Corte cadena de transmisión	Piñon de transmisión cadena en malas condiciones, lo que provoca movimiento constante de el provocando golpes con la cadena.	1. Detener funcionamiento de la línea. 2. Apertura protección de cadena, búsqueda sección cortada y motivo de corte (Piñon en malas condiciones) 3. Mantenimiento correctivo cadena (repuesto en posesión), extracción piñon de transmisión y reemplazo. 4. Ajuste de alineación motor/piñon y tensar cadena.
	Línea Transporte	21-09-2021	8:48	9:50	1:02	Se apaga línea de transporte	Desconfiguración PLC	Reinicio de la línea de transporte, puesta en marcha PLC
octubre	Línea Transporte	13-10-2021	12:50	13:30	0:40	Se detiene línea de transporte	Desconfiguración PLC	Reinicio de la línea de transporte, puesta en marcha PLC
	Línea Transporte	14-10-2021	14:53	15:23	0:30	Se detiene línea de transporte	Desconfiguración PLC	Reinicio de la línea de transporte, puesta en marcha PLC

ANEXO B: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED

Estrategia de mantenimiento

Alcance Este documento fue elaborado para cumplir con los requerimientos establecidos en la sección ODMS 08.01 Confiabilidad operacional.

Referirse al documento 08.01 L1 Operational Reliability Policy/Requirements para mayores detalles relacionados con los requerimientos y políticas.

Política ODMS 08.01 Todo el complejo debe ser mantenido a un nivel de salud e integridad que satisfaga los objetivos del negocio, incluyendo los requerimientos tanto regulatorios como de EH&S/ Cuidado Responsable de Dow.

En este documento Este documento contiene los siguientes tópicos

Tópicos	Ver página
Alcance y política	1
Introducción, duración, largo plazo y referencias	2
Personas responsables para la estrategia de mantenimiento de la instalación	3
Input para la estrategia de mantenimiento de la instalación	5
Estrategia de mantenimiento	8
Historia de las revisiones	14

Continúe en la próxima página

Introducción

Este documento describe la estrategia general de mantenimiento, en el site de Cristales Dialum Laminated, para responder a las necesidades del proceso productivo y mantener o aumentar la capacidad productiva de la planta, asegurando la disponibilidad de los equipos, servicios e instalaciones en general, de modo que las diferentes unidades de la organización puedan cumplir con las funciones asignadas, logrando de este modo un óptimo retorno del capital invertido.

Esta estrategia esta soportada completamente por el team de liderazgo del lugar, que proveen el alcance y dirección, basado en las mejores prácticas y en las mejores prácticas que forman parte del GMWP.

Esta estrategia incluye la designación de los roles claves y sus responsabilidades para la función de mantenimiento, de modo de asegurar el alcanzar el desempeño deseado de los equipos durante su vida útil.

Establecer las disciplinas de operación de modo que los equipos sean mantenidos de la forma en que se asegura la máxima confiabilidad.

Esta estrategia incluye la identificación de los equipos críticos para el proceso productivo y la estrategia particular que se puede aplicar a cada uno de ellos, basados en un análisis basado en el riesgo (RBI).

El análisis debe estar basado en el riesgo que considerará el impacto en la seguridad de las personas y el medio ambiente, el proceso productivo, la complejidad del equipo y un análisis de costo en el largo plazo (LTCO).

Duración

Esta estrategia soporta los objetivos del negocio, revisando y actualizando anualmente los objetivos y metas de la función de Mantenimiento, orientados por la estrategia definida por el negocio.

Largo Plazo

Se establecerán indicadores de medición del desempeño tanto anual, como de largo plazo, teniendo como referencia el ciclo de vida del proceso productivo.

Referencias

- Sitio global de Mantenimiento: Maintenance.

Continúe en la próxima página

A. Personas responsable para la estrategia de mantenimiento de la instalación

Introducción Listado de personas responsables en el desarrollo y revisión periódica de la estrategia de mantenimiento del site de Talcahuano.

Roles involucrados	Role	Responsabilidades	Nombre
Responsable por el desarrollo y revisión	Ingeniero en confiabilidad	Organizar el team, desarrollar y revisar periódicamente la estrategia de mantenimiento para el site. Proveer input al análisis estadístico de los datos para modelar la confiabilidad del proceso productivo. Cuando sea necesario actúa como SME (experto en la materia) trabajando con el team, para mejorar la confiabilidad.	Sin encargado, Se recomienda contar con una persona que se encargue de dichas responsabilidades, con habilidades competentes.
	Líder en mantenimiento y confiabilidad operacional	Se asegura que el desarrollo de las estrategias de cada site esté alineado con la estrategia y objetivos de mantenimiento del negocio.	Sin encargado, Se recomienda contar con una persona que se encargue de dichas responsabilidades, con habilidades competentes

Continúe en la próxima página

A. Personas responsable para la estrategia de mantenimiento de la instalación

Introducción Listado de personas responsables en el desarrollo y revisión periódica de la estrategia de mantenimiento del site de Talcahuano.

Roles involucrados	Role	Responsabilidades	Nombre
	Liderazgo en instalaciones	Provee inputs en el desarrollo de la estrategia especialmente en las necesidades de recursos y liderazgo.	Sebastian Cáceres
	Ingeniero en mantenimiento	Provee input a la estrategia, en el área de mantenibilidad del proceso productivo.	Sin encargado, Se recomienda contar con una persona que se encargue de dichas responsabilidades, con habilidades competentes
	PPM Coordinator, Business Inventory Coordinator, Equipment Condition Monitor, Business REN	Provee input a la estrategia, basado en su experiencia en la implementación del plan de PPM.	Sin encargado, Se recomienda contar con una persona que se encargue de dichas responsabilidades, con habilidades competentes

Continúe en la próxima página

B. Input para la estrategia de mantenimiento de la instalación

Introducción

Los datos de entrada para el desarrollo de la estrategia son los siguientes:

- La estrategia general de mantenimiento del negocio.
- Los Objetivos de Cristales Dialum Laminated
- Consideraciones locales o gubernamentales específicos.
- Nivel actual de desempeño de los equipos.

Estrategia preliminar del negocio para mantenimiento

La estrategia debe estar enfocada en mínimo costo de largo plazo (LTCO) y las condiciones actuales del proceso productivo:

1. Entender las condiciones requeridas para cada equipo en función de la vida útil de la planta o proceso particular.
2. Analizar el desempeño y entregar información y proyecciones de costos. Reducir los costos directos e indirectos de una mala confiabilidad.
3. Crear el inventario de repuestos.
4. Optimizar el tiempo entre paros de planta (GTM), planificándolo de modo de minimizar el impacto en el resultado del negocio.
5. Conocer la información comparativa interna y externa.
6. Alcanzar las expectativas del negocio, aplicando el GMWP.

Continúe en la próxima página

B. Input para la estrategia de mantenimiento de la instalación

Desarrollo de un modelo de confiabilidad

Desarrollar un modelo de confiabilidad del proceso productivo, para permitir un análisis de gap entre de desempeño actual versus la capacidad del proceso productivo y el impacto de la falta de confiabilidad de los equipos.

Usar esta herramienta para desarrollar una lista de objetivos del mantenimiento que medirán el impacto de la estrategia del mantenimiento. Estos objetivos podrían incluir:

- El AC (Asset Capability) y el AMR (Asset Mechanical Reliability).
- Costo de mantenimiento como porcentaje del RAB (Replacement Asset Base – Maint U\$/RAB).
- Costo del mantenimiento por unidad de producción.
- Proyección del costo de mantenimiento de 5 años, para cumplir con los objetivos del negocio.
- Costo del inventario de repuestos como porcentaje del RAB (Replacement Asset Base – Value U\$/RAB).
- Frecuencias y duración de los Turnaround.
- Reducción de los LOPC.
- Condición esperada del proceso productivo durante su vida útil.

Los próximos pasos en el desarrollo de la estrategia de mantenimiento son:

1. Identificar la estrategia para los equipos principales del negocio de producción. Las categorías sugeridas son:
 - Los equipos o sistemas clave para el procesamiento de cristal laminado
 - Equipos rotatorios.
 - Equipos de contención.
 - Equipos eléctricos, e instrumentación.
 - Equipos de análisis.

Continúe en la próxima página

B. Input para la estrategia de mantenimiento de la instalación

Desarrollo de un modelo de confiabilidad

- Prevención de corrosión.
- La disciplina de operación del mantenimiento.

Identificación de repuestos críticos para la seguridad del negocio, para prevenir una falla catastrófica. Se debe desarrollar una lista de los repuestos y un plan para disponer de estos repuestos, de modo de reducir los costos para el negocio.

El Modelo de confiabilidad a identificado oportunidades en los siguientes equipos del proceso productivo:

1. CNC Lisek
2. Lavadora
3. Calandra
4. Autoclave
5. Secadora

Información de soporte

- Estrategia de mantenimiento de los equipos (manuales, etc.).
- Estrategia del Team de Mantenimiento.
- Estrategia de gestión de partes de repuesto (MRO).
- Estrategia de Turnaround. (GTM).
- Estrategia en desarrollo de proyectos (GPM).

Continúe en la próxima página

C. Estrategia de mantenimiento

2023 Objetivos para la función de mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento, que contribuye directamente al nivel de desempeño del proceso productivo, son:

Etapa	Año 2023	Benchmark
1	Seguridad y medio ambiente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Accidentes reportables: 0 ▪ LOPC, originados por fallas de equipos < 2 ▪ Incidentes de proceso: 0 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ = 0 (meta 20023) ▪ < 0.25 (meta 2023)
2	% off line por falla de equipos: <ul style="list-style-type: none"> • < 2% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sin información
3	N° detenciones por fallas de equipos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ < 24 	
4	Inventario Repuestos: < USD 45000, al término del 2004	<ul style="list-style-type: none"> • < USD 40000

Continúe en la próxima página

C. Estrategia de mantenimiento

Estrategia de mantenimiento

La clasificación de la estrategia de mantenimiento para cada elemento de equipo de la planta. Se clasifican en las 5 siguientes categorías:

Run to failure – reparar o reemplazar cuando sea necesario, después de fallar.

Preventive maintenance – programar mantenencias basadas en la estimación del ciclo de vida del elemento.

Predictive maintenance – monitorear la condición del equipo basado en la estimación del ciclo de vida, y realizar monitoreos basados en detectar la condición que prediga la falla.

On line condition monitoring – cuando existe instrumentación u otro elemento de detección, permanentemente instalado en el equipo, que esta monitoreando un componente crítico y alerta al personal cuando se excede el valor normal de operación de un parámetro determinado.

Combination of any above – algunos elementos de equipo pueden requerir la aplicación de más de una estrategia, debido a su complejidad para identificar el modo de falla.

Es importante desarrollar una estrategia detallada de mantenimiento a los equipos. Una herramienta eficiente, conocida es: Fracttal. El software Fracttal nos guiará y documentará respecto a decisiones estrategia particular a cada elemento.

Modelo de confiabilidad del proceso productivo

El Modelo de confiabilidad debe ser actualizado anualmente, a principios del mes de diciembre. Además, se debe realizar una lista de oportunidades y desarrollar planes de acción, los que servirán de base para la planificación de objetivos del team de Mantenimiento.

Todos los planes de acción deben ser completados durante el año en que se planificaron.

C. Estrategia de mantenimiento

¿Qué estrategia aplicar a cada equipo?

Se realizará un análisis a cada equipo de la planta, con el objeto de definir tres grupos de equipos, los que quedarán asociados a tres tipos de estrategias:

- Equipos críticos, los que impactan significativamente en la confiabilidad del proceso productivo. Para su identificación se usará el modelo de confiabilidad, con base anual, y se realizará un análisis de modos de falla con el objeto de identificar los elementos específicos que están impactando la confiabilidad.

A Cada modo de falla identificado se le debe realizar una estrategia de mantenimiento particular, para llevarlo a niveles de confiabilidad.

Dentro del análisis para identificar los equipos críticos se debe incluir a los equipos eléctricos/instrumentación, esto para priorizar los esfuerzos de mantenimiento.

Se dará especial esfuerzo en diseñar y aplicar una estrategia de mantenimiento a los equipos que resulten con un nivel de riesgo: ALTO + MEDIO-ALTO. La estrategia resultante debe ser la que tenga el menor costo de largo plazo (LTOC).

La forma de implementar esta estrategia es desarrollando un programa tri-anual, que dé respuesta a la estrategia definida a cada equipo que tenga un nivel de riesgo: ALTO + MEDIO-ALTO

Todos los equipos críticos deberían tener requerimientos sobre sus necesidades de mantenimiento o cambio; información que debería ser revisada anualmente. Esta información (costo y tiempo) ayudara en mantener un plan de inversión de largo plazo, para capitales de categoría 3 en armonía con los costos de mantenimiento esperados de largo plazo (LTCO).

Continúe en la próxima página

C. Estrategia de mantenimiento

Sistema de administración del mantenimiento, MMS

Todas las actividades de mantenimiento serán administradas por MMS (Maintenance Management System), para lo cual se generarán las ordenes de trabajo correspondientes, las que deberán tener una frecuencia de repetición de cada trabajo.

Una vez al día se ingresará la información relevante al MMS, lo cual es responsabilidad de cada operador-mantenedor.

Una vez concluido el trabajo, se emitirá un informe de trabajo y cerraran las ordenes de trabajo.

Recursos para mantenimiento

La fuerza de trabajo considerada para desarrollar esta estrategia de Mantenimiento consiste en:

- 1 técnico del área Eléctrica/Instrumentación, cumpliendo roles de diagnosticadores y mantenedores.
 - 2 técnicos del área mecánica, cumpliendo roles de diagnosticadores y mantenedores
 - 1 coordinador de PPM.
 - 1 coordinador de bodega de repuestos.
 - 1 especialista técnico, cumpliendo con el rol de Ingeniero de confiabilidad.
 - Se tiene considerado la asignación de recursos para realizar actividades de planificación y programación.
 - En los casos de Turnaround (T/A), se planificarán los recursos materiales y humanos, dependiendo de las actividades involucradas.
-

Continúe en la próxima página

C. Estrategia de mantenimiento

Roles GMWP	Roles Asociados al GMWP.	Asignado a
2004	Planner	Sin encargado, se recomienda contar con personal con competencias
	Programador de mantenimiento	Sin encargado, se recomienda contar con personal con competencias
	Coordinador de materiales	
	Persona que hace el trabajo	Se recomienda 1 Electrico/instrumentista 2 mecánicos
	Ingeniero de confiabilidad	Sin encargado, se recomienda contar con personal con competencias
	Coordinador de PPM	Sin encargado, se recomienda contar con personal con competencias
	Coordinador de actividades de mantenimiento y operaciones de la planta	Sebastián Caceres

Continúe en la próxima página

C. Estrategia de mantenimiento

Estrategia de Repuestos (MRO)

El target de largo plazo para el inventario de repuestos para Cristales Dialum Laminated es: USD 40000. Y < 45000 items de inventario.

Este target fue definido basado en:

- Revisión de todos los equipos para identificar: repuestos comunes, proveedores locales con stock propio.
- Uso de Reliability Modeling.
- Uso de SOS (Spare Parts Optimization risk assessment tool or equal) como guía a decisión de la necesidad de repuestos.
- Evaluar la opción de fabricación local de repuestos, según necesidad.
- Chequeo de posibilidad de repuestos alternativos, con stock local.
- Evaluar si el tiempo de entrega para un repuesto es un riesgo aceptable.

El team de mantenimiento debe establecer un proceso para el retiro de los repuestos, de modo que se asegure que el inventario físico coincida con el registrado en el software de administración del inventario de repuestos.

Además, se considera la toma de inventarios periódica para identificar los desvíos, para lo cual se establece un plan específico por familias:

Estrategia de Turnaround

Basado en la lista de equipos y los requerimientos de mantenimiento esperados, cumplir con regulaciones locales y la estrategia del negocio, se considera el siguiente plan de Turnaround:

Turnaround Cycle Goal is 2 Years.

Turnaround Duration Goal is 10 Days.

Continúe en la próxima página

D. Otros Recursos

Sistema de Información

La herramienta definida para el sistema de información administrativo es el MMS.

Historia de revisión

Historia de revisión

La información siguiente documenta los últimos 3 cambios hechos al documento, con todos los cambios listados durante los últimos 6 meses.

Fecha	Revisado por	Cambios
11-11-2021	Sebastián Díaz Barra	Elaboración del documento.

ANEXO C: LISTADO DE EQUIPOS

	EQUIPO	TAG
TLT	TLT MOTOR TRANSPORTE	M00
	TLT RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 00
	TLT CADENA TRANSPORTE	RC 00
	TLT CARDANES	CAR 00
	TLT RODAMIENTO BRAZOS	ROD 01
	TLT SCREW JACK	SJ 00
TRANSPORTE	TLT PISTONES RUEDAS POSICIONAMIENTO	PIST 01
	C1 MOTOR TRANSPORTE	M01
	C1 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 02
	C1 CADENA TRANSPORTE	RC 01
	C2 MOTOR TRANSPORTE	M02
	C2 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 03
	C2 CADENA TRANSPORTE	RC 02
	C2 PISTONES RUEDA S POSICIONAMIENTO	PIST 02
	C3 MOTOR TRANSPORTE	M03
	C3 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 04
	C3 CADENA TRANSPORTE	RC 03
	C3 PISTONES RUEDAS POSICIONAMIENTO	PIST03
	C4 MOTOR TRANSPORTE	M04
	C4 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 05
	C4 CADENA TRANSPORTE	RC 04
	C5 MOTOR TRANSPORTE	M05
	C5 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 06
	C5 RODAMIENTOS GUIATRANSPORTE	RODG 00
	C5 CADENA TRANSPORTE	RC 05
	C6 MOTOR TRANSPORTE	M06
	C6 RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 07
C6 RODAMIENTOS GUIATRANSPORTE	RODG 01	
C6 CADENA TRANSPORTE	RC 06	
LAVADORA	WM MOTOR CEPILLO 1 (P1)	MC 01
	WM MOTOR CEPILLO 2 (P1)	MC 02
	WM MOTOR CEPILLO 3 (P2)	MC 03
	WM MOTOR CEPILLO 4 (P2)	MC 04
	WM MOTOR CEPILLO 5 (P3)	MC 05
	WM MOTOR CEPILLO 6 (P4)	MC 06
	WM MOTOR TRANSPORTE	ML 01
	WM MOTOR APERTURA	ML 02
	WM TREN DE RODAMIENTOS 1 (P1)	TR 01
	WM TREN DE RODAMIENTOS 2 (P2)	TR 02
	WM TREN DE RODAMIENTOS 3 (P3)	TR 03
	WM TREN DE RODAMIENTOS 4 (P4)	TR 04
	WM TREN DE RODAMIENTOS 5 (P5)	TR 05
	WM TREN DE RODAMIENTOS 6 (P6)	TR 06
	WM TORNILLO SIN FIN 01 (P1)	TSF 01
	WM RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN 01 (P1)	RTSF 01
	WM TORNILLO SIN FIN 02 (P2)	TSF 02
	WM RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN 02 (P2)	RTSF 02
	WM TORNILLO SIN FIN 03 (P5)	TSF 03
	WM RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN 03 (P5)	RTSF 03
	WM TORNILLO SIN FIN 04 (P6)	TSF 04
	WM RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN 04 (P6)	RTSF 04
	TAN	TAN MOTOR PVB 1
TAN JUEGO RODAMIENTO PVB 1		RPVB 01
TAN MOTOR PVB 2		MP 02
TAN JUEGO RODAMIENTO PVB 2		RPVB 02
TAN MOTOR PVB 3		MP 03
TAN JUEGO RODAMIENTO PVB 3		RPVB 03
TAN MOTOR PVB 4		MP 04
TAN JUEGO RODAMIENTO PVB 4		RPVB 04
TAN BOMBA DE VACIO		
TAN BOMBA DE VACIO		
TAN CORREA MOVIMIENTO VERTICAL		TERMINAR
TAN RODAMIENTO MOVIMIENTO VERTICAL		
CALANDRA	EPY MOTOR TRANSPORTE COLD PRESS	MTC 01
	EPY TREN DE RODAMIENTOS	TR 07
	EPY TREN DE RODAMIENTOS	TR 08
	EPY MOTOR APERTURA COLD PRESS	MAC 01
	EPY RODAMIENTO ALINEAMIENTO COLD PRESS	RAC 01
	EPY VASTAGO TRANSPORTE COLD PRESS	VTC 01
	EPY CADENA TRANSPORTE COLD PRESS	RC 08
	EPY TREN MOV HORIZONTAL COLD PRESS	TR 09
	EPY TREN MOV VERTICAL COLD PRESS	TR 10
	EPY MOTOR TRANSPORTE HOT PRESS	MTC 02
	EPY TREN DE RODAMIENTOS 9	TR 09
	EPY TREN DE RODAMIENTOS 10	TR 10
	EPY MOTOR APERTURA HOT PRESS	MAC 02
	EPY RODAMIENTO ALINEAMIENTO HOT PRESS	RAC 02
	EPY VASTAGO TRANSPORTE HOT PRESS	VTC 02
	EPY CADENA TRANSPORTE HOT PRESS	RC 09
	EPY TREN MOV HORIZONTAL HOT PRESS	TR 11
	EPY TREN MOV VERTICAL HOT PRESS	TR 12
	EPY MOTOR TRANSPORTE HORNO	MT 03
	EPY TREN DE RODAMIENTOS TRANSPORTE HORNO 1	TR 13
	EPY CADENA TRANSPORTE HORNO	RC 10
	EPY TREN DE RODAMIENTOS TRANSPORTE HORNO 2	TR 14
	EPY VENTILADOR 1	V 01
	EPY VENTILADOR 2	V 02
EPY VENTILADOR 3	V 03	
EPY VENTILADOR 4	V 04	
TOT	TOT MOTOR TRANSPORTE	M07
	TOT RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	ROD 08
	TOT CADENA TRANSPORTE	RC 07
	TOT SCREW JACK	SJ 01
	TOT RODAMIENTO BRAZOS	ROD 09
	TOT PISTONES RUEDAS POSICIONAMIENTO	PIST 04
TOT CARDANES	CAR 01	

ANEXO D: PROTOCOLO MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PREDICTIVO, CRISTALES DIALUM, PLANTA DIALUM LAMINATED.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	TAG	DESCRIPCION ACTIVIDADES GENERALES	FRECUENCIA								
					DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	2 MESES	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL O MAS		
LAVADO	LAVADO GENERAL	N/A		Comprobar limpieza	X								
		N/A		Quitar vidrios rotos	X								
		N/A		Limpieza final de circulación de agua	X								
		N/A		Comprobar estado de cepillos		X							
		N/A		Tensión de correa (Comprobar o cambiar)			X						
		N/A		Comprobar Distancia de cepillos / rodillos o cambiar			X						
		N/A		Limpieza total interior de la máquina			X						
		N/A		Cambio o limpieza de filtros ventilador								X	
		N/A		Revisar cambiador de cinturonos								X	
		DESCRIPCION ACTIVIDADES ESPECIFICAS COMPONENTES											
	LAVADORA	MOTOR CEPILLO 1 (P1)	MC 01	Inspección visual			X						
				Inspección de ruidos			X						
				Lectura de temperatura			X						
				Comprobación de torque			X						X
				Alineamiento									X
		MOTOR CEPILLO 2 (P1)	MC 02	Inspección visual			X						
				Inspección de ruidos			X						
				Lectura de temperatura			X						
				Comprobación de torque			X						X
				Alineamiento									X
	MOTOR CEPILLO 3 (P2)	MC 03	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	MOTOR CEPILLO 4 (P2)	MC 04	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	MOTOR CEPILLO 5 (P3)	MC 05	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	MOTOR CEPILLO 6 (P4)	MC 06	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	MOTOR TRANSPORTE	ML 01	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	MOTOR APERTURA	ML 02	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lectura de temperatura			X							
			Comprobación de torque			X						X	
			Alineamiento									X	
	TREN DE RODAMIENTOS	TREN DE RODAMIENTOS 1 (P1)	TR 01	Inspección visual									
				Inspección de ruidos									
		TREN DE RODAMIENTOS 2 (P2)	TR 02	Inspección visual									
				Inspección de ruidos									
		TREN DE RODAMIENTOS 3 (P3)	TR 03	Inspección visual									
				Inspección de ruidos									
	TREN DE RODAMIENTOS 4 (P4)	TR 04	Inspección visual										
			Inspección de ruidos										
	TREN DE RODAMIENTOS 5 (P5)	TR 05	Inspección visual										
			Inspección de ruidos										
	TREN DE RODAMIENTOS 6 (P6)	TR 06	Inspección visual										
			Inspección de ruidos										
	TORNILLO SIN FIN (P1)	TSF 01	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
	RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN (P1)	RTSF 01	Inspección visual			X							
			Termografía en dispositivos			X							
			Vibraciones			X							
	TORNILLO SIN FIN (P2)	TSF 02	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lubricación			X							
	RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN (P2)	RTSF 02	Inspección visual			X							
			Termografía en dispositivos			X							
			Vibraciones			X							
	TORNILLO SIN FIN (P3)	TSF 03	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lubricación			X							
	RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN (P3)	RTSF 03	Inspección visual			X							
			Termografía en dispositivos			X							
			Vibraciones			X							
	TORNILLO SIN FIN (P4)	TSF 04	Inspección visual			X							
			Inspección de ruidos			X							
			Lubricación			X							
	RODAMIENTO TORNILLO SIN FIN (P4)	RTSF 04	Inspección visual			X							
			Termografía en dispositivos			X							
			Vibraciones			X							

		DESCRIPCION ACTIVIDADES GENERALES									
LAMINADO	Transportadores	N/A	N/A	Inspección y limpieza de rodillos (si es necesario cambiar diámetros)					X		
		N/A	N/A	Comprobar estado de anillos de transporte (reemplazar si es necesario)					X		
	Mesa elevadora	N/A	N/A	Inspección, limpieza y nivelación rueda de bolas (cambiar en caso de daños)					X	X	
		N/A	N/A								
	Transmisión por cadena	N/A	N/A	Apretar y lubricación cadena conductora, revisión de pines (cambiar si es necesario)							
		N/A	N/A	Limpieza, lubricación de rolos de posicionamiento						X	
	APS	N/A	N/A	Comprobación de estado y apriete correa distribución accionamiento posicionador						X	X
		N/A	N/A	Limpieza de fotocélulas							
	Fotocélula	N/A	N/A	Lubricación cojinetes gas basculantes						X	
		N/A	N/A	Comprobar filtro aire de succion							
	TLT/TOT	N/A	N/A	Cambio de aceite TAN							X
		N/A	N/A	Limpieza de ventosas y comprobación de estado						X	
	TAN	N/A	N/A	Comprobación estado ruedas dentadas, correa de distribución, engrase de cojinetes eje elevación						X	
		N/A	N/A	Verificación ruedas motoras de goma							X
	Ventosax	N/A	N/A	Comprobar funcionamiento de cilindros de liberación cortadora							
		N/A	N/A	Comprobar holgura de cuchilla y ajustar						X	X
	PVB	N/A	N/A	Limpieza de prensa							
		N/A	N/A	Comprobar estado de rodillos							
	EPI prensa	N/A	N/A	Verificar estado apriete y lubricación de cadenas							
N/A		N/A	Comprobar tensor cadena equipo neumático								
Horno de convección	N/A	N/A	Comprobar juntas neumáticas del hoc								
	N/A	N/A	Comprobar daños y limpieza de correa de distribución y ruedas dentadas del impulsador del elevador de prensa								
		N/A	Lubricación cojinetes y verificar apriete embrague								
		N/A	Apretar de cadenas y lubricación								
		N/A	Lubricación de cojinetes								
DESCRIPCION ACTIVIDADES ESPECIFICAS COMPONENTES											
TLT	MOTOR TRANSPORTE	M00	Inspección visual						X		
			Inspección de ruidos						X		
			Lectura de temperatura						X		
			Comprobación de torque							X	
	RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	R000	Alineamiento							X	
			Vibraciones						X		
			Termografía						X		
			Inspección visual						X		
	TRANSMISION POR CADENA	RC00	Inspección de ruidos							X	
			Termografía en descansos						X		
			Lubricación						X		
			Lubricación						X		
CARDANES	CAR00	INSPECCION VISUAL CADENA Y PIÑONES									
		LIMPIEZA LUBRICACION									
		MEDICION DE TENSION									
		Inspección visual (flogaste)									
RODAMIENTO BRAZOS	R0001	Lubricación							X		
		Inspección visual						X			
		Inspección de ruidos						X			
		Termografía en descansos						X			
SCREW JACK	S00	Vibraciones							X		
		Lubricación						X			
		Inspección visual						X			
		Lectura de temperatura						X			
TOT	MOTOR TRANSPORTE	M07	Comprobación de torque						X		
			Alineamiento						X		
			Vibraciones						X		
			Termografía						X		
	RODAMIENTO MOTOR TRANSPORTE	R00 08	Inspección visual							X	
			Inspección de ruidos						X		
			Termografía en descansos						X		
			Vibraciones						X		
	TRANSMISION POR CADENA	RC 07	INSPECCION VISUAL CADENA Y PIÑONES								
			LIMPIEZA LUBRICACION								
			MEDICION DE TENSION								
			Inspección visual (flogaste)								
CARDANES	CAR 01	Lubricación							X		
		Inspección visual						X			
		Inspección de ruidos						X			
		Termografía en descansos						X			
RODAMIENTO BRAZOS	R00 09	Vibraciones							X		
		Lubricación						X			
		Inspección visual						X			
		Lectura de temperatura						X			
SCREW JACK	SJ 01	Lubricación							X		
		Inspección visual						X			
CALANDRA	EPI MOTOR TRANSPORTE COLD PRESS	MTC 01	Inspección visual								
			Inspección de ruidos								
			Lectura de temperatura								
			Comprobación de torque								
	EPI TREN DE RODAMIENTOS	TR 07	Alineamiento								
			Vibraciones								
	EPI MOTOR APERTURA COLD PRESS	MAC 01	Termografía								
			Inspección visual								
	EPI RODAMIENTO ALINEAMIENTO COLD PRESS	RAC 01	Inspección de ruidos								
			Termografía								
	EPI VASTAGO TRANSPORTE COLD PRESS	VTC 01	Inspección visual								
			Termografía								
	EPI CADENA TRANSPORTE COLD PRESS	RC 08	INSPECCION VISUAL CADENA Y PIÑONES								
			LIMPIEZA LUBRICACION								
	EPI TREN MOV HORIZONTAL COLD PRESS	TR 09	MEDICION DE TENSION								
			Inspección visual (flogaste)								
	EPI TREN MOV VERTICAL COLD PRESS	TR 10	Inspección visual								
			Inspección de ruidos								
	EPI MOTOR TRANSPORTE HOT PRESS	MTC 02	Inspección visual								
			Inspección de ruidos								
			Lectura de temperatura								
			Comprobación de torque								
	EPI TREN DE RODAMIENTOS 3	TR 09	Alineamiento								
			Vibraciones								
EPI TREN DE RODAMIENTOS 10	TR 10	Termografía									
		Inspección visual									
EPI MOTOR APERTURA HOT PRESS	MAC 02	Inspección visual									
		Inspección de ruidos									
		Lectura de temperatura									
		Comprobación de torque									
EPI RODAMIENTO ALINEAMIENTO HOT PRESS	RAC 02	Alineamiento									
		Vibraciones									
EPI VASTAGO TRANSPORTE HOT PRESS	VTC 02	Termografía									
		Inspección visual									
EPI CADENA TRANSPORTE HOT PRESS	RC 09	INSPECCION VISUAL CADENA Y PIÑONES									
		LIMPIEZA LUBRICACION									
EPI TREN MOV HORIZONTAL HOT PRESS	TR 11	MEDICION DE TENSION									
		Inspección visual (flogaste)									
EPI TREN MOV VERTICAL HOT PRESS	TR 12	Inspección visual									
		Inspección de ruidos									
EPI MOTOR TRANSPORTE HORNO	MT 03	Inspección visual									
		Inspección de ruidos									
		Lectura de temperatura									
		Comprobación de torque									
EPI TREN DE RODAMIENTOS TRANSPORTE HORNO 1	TR 13	Alineamiento									
		Vibraciones									
EPI CADENA TRANSPORTE HORNO	RC 10	INSPECCION VISUAL CADENA Y PIÑONES									
		LIMPIEZA LUBRICACION									
EPI TREN DE RODAMIENTOS TRANSPORTE HORNO 2	TR 14	MEDICION DE TENSION									
		Inspección visual (flogaste)									
EPI VENTILADOR	V 03	Comprobación altura de dientes de puerta de distribución									
		Cambio de empuje macho en dispositivos de seguridad de autoclave									
		Revisión de paredes en busca de corrosión									
		Reemplazo disco de ruptura (topwear)									
EPI VENTILADOR 3	V 03	Lubricar cojinetes anti-fricción, motor del ventilador									
		Revisión de niveles aceite anti-fricción ventilador									
EPI VENTILADOR 4	V 04										

		DESCRIPCION ACTIVIDADES GENERALES								
AUTOCLAVE		N/A	N/A	Limpieza interior autoclave					X	
		N/A	N/A	Comprobar seguridad de bloqueo para paso libre al interior del autoclave					X	
		N/A	N/A	Comprobación visual de señales de bloqueo y engrapado de segmentos del dispositivo de seguridad					X	X
		N/A	N/A	Comprobación de componentes relevantes para seguridad (presión, interruptores, etc)						X
		N/A	N/A	Dirección de acciones reductoras de control de aire						X
		N/A	N/A	Comprobación apriete de válvulas						X
		N/A	N/A	Comprobación apertura válvulas de control (presionostáticas)						X
		N/A	N/A	Verificación de adherencias de ventilación (si es necesario sustituir)						X
		N/A	N/A	Comprobar junta de la puerta (diagnostico o daños) reemplazar si es necesario						X
		N/A	N/A	Verificar conductos y embudo de aire en cámara de enfriamiento (inspección de daños visual)						X
		N/A	N/A	Comprobación de piezas giratorias (facilidad de movimiento) lubricar si es necesario						X
		N/A	N/A	Limpieza suspensión engrasamiento						X
		N/A	N/A	Verificar apriete de tornillos en conexiones						X
		N/A	N/A	Comprobar funcionamiento válvula seguridad manteniendo palanca						X
		N/A	N/A	Chequeo de sistema neumático						X
		N/A	N/A	Verificación apriete de válvulas						X
		N/A	N/A	Verificar estado línea de aire						X
		N/A	N/A	Calibración de controladores						X
		N/A	N/A	Control de medición de oxígeno (temper)						X
		N/A	N/A	Comprobación altura de dientes de puerta de distribución						X
		N/A	N/A	Cambio de empuje macho en dispositivos de seguridad de autoclave						1 AÑO
		N/A	N/A	Revisión de paredes en busca de corrosión						2 AÑOS
		N/A	N/A	Reemplazo disco de ruptura (topwear)						2 AÑOS
		N/A	N/A	Lubricar cojinetes anti-fricción, motor del ventilador						CADA 3000 HR O ANUAL
N/A	N/A	Revisión de niveles aceite anti-fricción ventilador						3 AÑOS		
DESCRIPCION ACTIVIDADES ESPECIFICAS COMPONENTES										
		VALVULA DE SEGURIDAD	S/G							
		ACUMULADOR DE AIRE	S/G							
		CILINDRO VENTILADORA	S/G							
		PISTON	S/G							
		ELECTROVALVULA	S/G							
		ELECTROVALVULA	S/G							
		VALVULA DE CORTE	S/G							
		MOTOR	S/G							
		MOTOR	S/G							
		CONJUNTO MOTOR BOMBILLA 1	S/G							
		CONJUNTO MOTOR BOMBILLA 2	S/G							
		BOMBA	S/G							
		S/G	S/G							
		S/G	S/G							

ANEXO E: ANALISIS DE CRITICIDAD EQUIPOS CRISTALES DIALUM,
PLANTA DIALUM LAMINATED

ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: CNC	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	2
IMPACTO OPERACIONAL	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	2
TOTAL	14
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	17
CRITICIDAD	NC
ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: LAVADORA	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	3
IMPACTO OPERACIONAL	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	2
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	4
TOTAL	21
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	26
CRITICIDAD	MC
ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: AUTOCLAVE	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	1
IMPACTO OPERACIONAL	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	4
COSTOS DE MANTENIMIENTO	3
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	8
TOTAL	23
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	39
CRITICIDAD	MC
ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: CALANDRA	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	2
IMPACTO OPERACIONAL	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	4
COSTOS DE MANTENIMIENTO	3
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	4
TOTAL	23
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	47
CRITICIDAD	MC

ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: SECADORA	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	2
IMPACTO OPERACIONAL	4
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	2
TOTAL	11
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	11
CRITICIDAD	MC
ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: SALA LIMPIA	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	3
IMPACTO OPERACIONAL	7
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	2
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	4
TOTAL	18
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	20
CRITICIDAD	MC
ANALISIS DE CRITICIDAD	
EQUIPO A EVALUAR: TOT Y TLT	PUNTUACIÓN
FRECUENCIA DE FALLA	3
IMPACTO OPERACIONAL	10
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	2
COSTOS DE MANTENIMIENTO	1
IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE	2
TOTAL	18
FRECUENCIA DE FALLA	2
CONSECUENCIA	23
CRITICIDAD	NC