UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2021

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A EQUIPO CRITICO EN LINEA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA AGRICOLA DESARROLLO AGRARIO

SANCHEZ JIMENEZ, RICARDO IGNACIO

https://hdl.handle.net/11673/50608

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A EQUIPO CRÍTICO EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA AGRICOLA DESARROLLO AGRARIO

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de Ingeniero de ejecución en MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:
Ricardo Ignacio Sánchez Jiménez

Profesor Guía:
Mg. Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2021

DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme en los momentos que más lo necesite.

A mis padres dedico este logro, quienes siempre han estado a mi lado entregándome apoyo, sabiduría, y enseñándome lo que es la vida.

A mis tres hermanas, por su amor incondicional.

A mis amigos y personas que confiaron en mí, y me permitieron ser parte de sus vidas.

A los Ingenieros de la Universidad, a quienes debo mi formación profesional.

KEYWORDS: RCM, FMECA, DIAGRAMA DE DECISIÓN RCM II, DIAGRAMA DE DISPERSION LOGARÍTMICA, MODOS DE FALLA, PREFACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la gran esperanza de poder mejorar la forma de realizar la mantención por parte del equipo de mecánicos, eléctricos y operarios de máquinas en la empresa Desarrollo Agrario, los cuales me acogieron siempre como uno más, invirtiendo parte de su tiempo en mí, lo cuál fue la principal fuente de motivación para poder llevar a cabo la idea de implementar un plan de mantenimiento.

Generar este plan llevo tiempo, dedicación y arduo estudio a los distintos conceptos de RCM y como implementarlo de manera eficaz a la empresa. Es por esto que, el plan propuesto, nos indica que, con la colaboración de los distintos actores del área de mantención y operaciones, se pueden lograr grandes beneficios en el mediano plazo.

Para lograr generar este plan, se partió utilizando la bitácora de fallos del periodo de producción. Con estos fallos, luego se utilizó el diagrama de dispersión logarítmica para la selección del equipo crítico. El análisis SIPOC nos permitió definir las funciones primarias y secundarias de nuestro equipo crítico, para lograr determinar, según este análisis y norma SAE J1010 y J1011 los modos de fallos presentes, asignándoles un número de prioridad de riesgo según norma SAE J1739. Con esto se pudo lograr tener un análisis de modos de falla, efectos y criticidad, más la hoja de decisión RCM II, junto a las tareas de mantenimiento propuestas para los modos de falla.

Para los modos de falla que cuentan con un numero de prioridad de riesgo alto, se generaron las tareas, se estableció el personal y el tiempo en que estos emplearan en cada uno de ellos. El potencial de sumar un 1% de disponibilidad de los equipos para la empresa, genera una rentabilidad de 14.784.35 UF, reduciendo el tiempo de indisponibilidad operacional en 7 horas.

Se puede determinar la prefactibilidad técnica económica del plan de mantenimiento como aprobada para la empresa, cubriendo gran parte de los modos de falla que más impacto operacional tienen, y que de esto se tratará el presente trabajo de titulación. Además, el aprendizaje de RCM para los trabajadores de Desarrollo Agrario les será de un gran beneficio para lograr lo que RCM busca al implementarse.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, CONTEXTO OPERATIVO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO 3
1. ANTECEDENTES GENERALES, PROCESO PRODUCTIVO Y SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO 4
1.1 ANTECEDENTES GENERALES 4
1.1.1 Desarrollo Agrario 4
1.2. PROCESO PRODUCTIVO 6
1.2.1. Flujo del proceso productivo 6
1.2.2. Áreas en el proceso productivo 6
1.2.3. Área de entrada de materia prima 7
1.2.4. Área de volcado 8
1.2.5. Área de lavado de bin 9
1.2.6. Área de descenso 9
1.2.7. Área de lavado y secado por aire 10
1.2.8. Área de secado por hornos 11
1.2.9. Área de separación 11
1.2.10 Área de clasificación 12
1.2.11 Área de calibración 12
1.2.12 Área de máquinas graneleras 13
1.2.13. Área de máquinas Rotofiller 14
1.2.14 Área de paletizado 14
1.2.15. Área de Pre-frío y frío 15
1.2.16. Área de transporte 15
1.3. LAYOUT DE LA EMPRESA 16
1.4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD 16
1.5. PROBLEMÁTICA 17
1.6. DIAGRÁMA DE DISPERSIÓN LOGÁRITMICA: JACK KNIFE 19
1.7 SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO: EQUIPO CALIBRADOR. 20
CAPÍTULO 2: JERARQUIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS 21
2. FUNCIÓN DEL EQUIPO CALIBRADOR 22
2.1. ANÁLISIS SIPOC: EQUIPO CALIBRADOR 23
2.2. GENERACIÓN DE FMECA 24
2.2.1. Falla funcional 25
2.2.2. Modo de fallo 25
2.2.3. Efecto de fallo 25

2.2.4. Numero de prioridad de riesgo....26
2.2.5. Criterio: Probabilidad de detección de un modo de falla (Pd)....26
2.2.6. Criterio: Probabilidad de ocurrencia (Po)....27
2.2.7. Criterio: Severidad de la consecuencia (So)....27
2.3. FMECA....28
2.4. DIAGRÁMA DE DECISION RCM II....31
2.4.1 Tareas Proactivas....32
2.4.2. Tareas a falta de....33
2.4.3. Tareas predictivas....34
2.5. HOJA DE DECISIÓN RCM II....35
CAPITULO 3: PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS ASOCIADOS....37
3. PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DE COSTOS....38
3.1. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO....38
3.1.1. Política de mantenimiento en la empresa....39
3.1.2. Disponibilidad actual en la empresa....40
3.1.3. Planificación del mantenimiento....41
3.1.4 Medidas de seguridad....42
3.2. FORMATO DE LA PAUTA DE TRABAJO....43
3.3. CHECK LIST PARA EQUIPO CALIBRADOR....45
3.4. COSTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD....48
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE RENTABILIDAD....50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....52
BIBLIOGRAFÍA....54
ANEXOS....56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1. Packing Desarrollo Agrario....4
Figura 1- 2. Campo Desarrollo Agrario....5
Figura 1- 3. Flujo del proceso....6
Figura 1- 4. Líneas de entrada de bin....7
Figura 1- 5. Área de volcado de bin....8
Figura 1- 6. Lavadora de bin....9
Figura 1- 7. Ascensor de bin....10
Figura 1- 8. Ventiladores axiales, aspersores y cepillos....10
Figura 1- 9. Hornos de secado....11
Figura 1- 10. Cintas de separación para homogeneizar la fruta....11
Figura 1- 11. Equipo clasificador Spectrim....12
Figura 1- 12. Equipo calibrador....13
Figura 1- 13. Máquina granelera....13
Figura 1- 14. Máquina Rotofiller 3....14
Figura 1- 15. Layout de la empresa....16
Figura 1- 16. Gráfico de indisponibilidad, diagrama dispersión logarítmica Jack Knife 19
Figura 1- 17. Transmisión de potencia a equipo calibrador....20

Figura 2- 1 Flujo de trabajo equipo calibrador....22
Figura 2- 2. Margen de deterioro de un activo....25
Figura 2- 3. Diagrama de decisión RCM II....32
Figura 2- 4. Intervalo P-F en las tareas a condición....34

Figura 3- 1. Porcentaje de horas de reparación en base a 17 horas....39
Figura 3- 2. Disponibilidad periodo de producción 2020....40
Figura 3- 3. Pauta de trabajo por orden de prioridad de riesgo de modos de falla....44
Figura 3- 4. Check list para equipo calibrador, área de clasificación....45
Figura 3- 5. Check List para equipo calibrador, área de calibración....46
Figura 3- 6. Check List para equipo calibrador, área de llenado....47
Figura 3- 7. Disponibilidad esperada para periodo de producción 2021....50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- 1. Cantidad, valor y precio CIF de las importaciones de paltas por país destino, 2017 18
Tabla 1- 2. Muestra de datos de Excel para uso de Jack Knife 19

Tabla 2- 1. Análisis SIPOC a equipo calibrador 23
Tabla 2- 2. Criterios sugeridos para la evaluación de detección 26
Tabla 2- 3. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia 27
Tabla 2- 4. Criterios sugeridos para la severidad del efecto 27
Tabla 2- 5. Relación entre función, falla funcional, modo de falla. 28
Tabla 2- 6 Relación entre modo de falla y efectos de falla. 29
Tabla 2- 7 Asignación de numero de prioridad de riesgo según norma SAE J1730 30
Tabla 2- 8 Muestra de hoja de decisión RCM II 31
Tabla 2- 9. Hoja de decisiones RCM II 35

Tabla 3- 1. Modos de falla ordenadas por número de prioridad de riesgo 41
Tabla 3- 2. Costo de repuestos y equipos a adquirir 49
Tabla 3- 3. Costos de mano de obra 49

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

FMECA: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad.

CIA LTDA: Compañía limitada.

SAG: Servicio agrícola ganadero.

CIF: Código de identificación fiscal.

ODEPA: Oficina de estudios y políticas agrarias.

SL: Sociedad limitada

SIPOC: Proveedor, entrada, proceso, salida, cliente.

MTTR: Tiempo medio entre fallas.

SAE: Sociedad de ingenieros automotrices.

RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

NPR: Número de prioridad de riesgo.

SIMBOLOGÍA

h : Hora

g : Gramo

min/falla : Minutos por falla

min : Minutos

bin/h : Bin por hora

$: Peso chileno

USD : Dólar estadounidense

Kg : Kilógramo

Palta/min : Paltas por minuto

Ton/h : Tonelada por hora

m : Metro

INTRODUCCIÓN

La globalización ha generado que las empresas tengan que mantenerse a la vanguardia en tecnología y calidad para poder ser rentables, en un mundo totalmente movido por las industrias. Desarrollo Agrario no es la excepción, y por tal motivo es que se quiere llegar a estos niveles de competencia en las áreas de producción, calidad y rentabilidad.

Motivados por la exportación de fruta de gran calidad, Desarrollo Agrario se posiciona dentro de la industria agrícola como una de las grandes en el ámbito nacional, por tecnología, cantidad y la gestión que posee de sus activos.

Para lograr mantener posicionada a la empresa a la vanguardia agrícola nacional, el presente trabajo muestra una opción factible para implementar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la línea de producción de un equipo crítico, mediante técnicas de confiabilidad, para lograr mitigar los modos de falla, generando tareas de mantenimiento para el equipo, evitando que pueda generar consecuencias operacionales de alto riesgo para la producción.

Desarrollo agrario trabaja en periodos de producción de aproximadamente 4 meses, en los cuales se aplica mantenimiento correctivo a los equipos, logrando producir lo propuesto por la gerencia. Esto es estimativo, puesto que nunca se ha realizado gestión a la forma de proceder que tienen a la hora de realizar mantenimiento a los equipos, lo que hace posible el análisis de implementar RCM a la empresa.

Actualmente existe el departamento de mecánica, que involucra seis personas operadoras de máquina, un electromecánico y el ingeniero mecánico a cargo. Solo el electromecánico es encargado de hacer rondas de mantenimiento, el cuál cuando se produce la falla, él asiste al operador presente en el lugar que el equipo falla, y en conjunto, reparan el componente.

La finalidad del presente trabajo es lograr seleccionar el equipo crítico de la empresa, jerarquizar sus modos de falla, y asignar las tareas de mantenimiento, añadiendo los correspondientes detalles, como la periodicidad que se deben realizar, quién la debe realizar y que tipo de mantenimiento es.

Siendo esto último consistente, se realizó el estudio económico y técnico de la prefactibilidad de la propuesta, dando como resultado los beneficios de seguridad, económicos, y más importante aún, generar un grupo de trabajo con conocimientos en RCM para la eficaz implementación de la nueva política de mantención.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para un equipo crítico en la línea de producción de la empresa Desarrollo Agrario, a través de la implementación de RCM, jerarquizando los modos de fallas y asignando tareas periódicas, estimando la prefactibilidad técnica-económica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información técnica del contexto operacional y los antecedentes históricos de la planta Desarrollo Agrario, priorizando un equipo crítico mediante diagrama de dispersión logarítmica.
- Jerarquizar los modos de fallo del equipo seleccionado mediante el análisis de modos de fallas, efectos y criticidad para la selección de tareas periódicas de mantenimiento.
- Planificar las tareas de mantenimiento evaluando la prefactibilidad técnico-económica, estimando los principales beneficios económicos.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, CONTEXTO OPERATIVO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO

1. ANTECEDENTES GENERALES, PROCESO PRODUCTIVO Y SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

En el presente capítulo se muestra una pequeña presentación de la empresa que se sostuvo el estudio de implementación, el proceso productivo para la generación de un producto, con sus respectivas áreas involucradas para lograrlo, la problemática principal de la empresa que motivo llevar a cabo el estudio y, para la parte final, la selección de un equipo crítico.

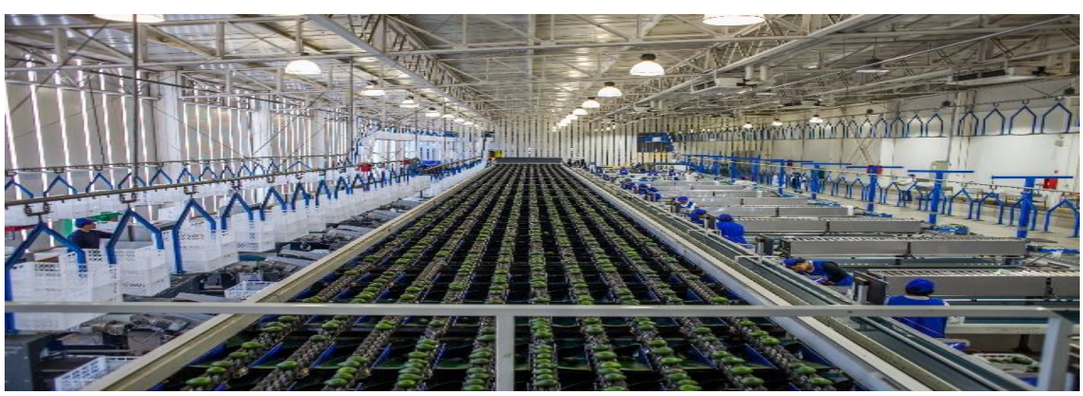
1.1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1.1 Desarrollo Agrario

Jorge Schmidt y CIA. LTDA nace como una empresa familiar dirigida por don Jorge Schmidt quién decide plantar en el año 1986 su primer campo ubicado en Llay-Llay en la región de Valparaíso con el nombre de "Desarrollo Agrario" con uva de mesa y otros frutales. En el año 2012 se construye la planta packing "DASA" que actualmente se dedica a la exportación de avocados o paltas de alta calidad. Esto dio origen a dos divisiones dentro de la empresa, la del packing (ver figura 1-1) y la parte del campo (ver figura 1-2).

El principal objetivo de la empresa es tratar muy bien la fruta. La forma en que se trata en el campo y en la planta es vital para poder exportar fruta de calidad premium. La planta y el campo cuentan con 5 meses de temporada alta en la cual maximizar los niveles de producción hacen vital minimizar las fallas de los equipos presentes en el proceso.

Luego de finalizar los meses de producción, los siete meses restantes se ocupan para realizar mantención a los equipos y sus componentes involucrados, en busca de fallos que puedan afectar la producción.



Fuente: http://www.jorgeschmidt.cl/

Figura 1- 1. Packing Desarrollo Agrario

El campo provee de la materia prima principal para que luego en packing sea procesada y se de origen a un producto que cuenta con los más altos estándares de calidad para poder ser exportados o vendidos en el mercado nacional.

Con más de 200 trabajadores en temporada alta Desarrollo Agrario se ha puesto en la vanguardia tecnológica internacional con la instalación de modernos equipos para aumentar la producción y calidad llegando a una capacidad de 34 [ton/h] de producción.

Fuente: http://www.jorgeschmidt.cl/

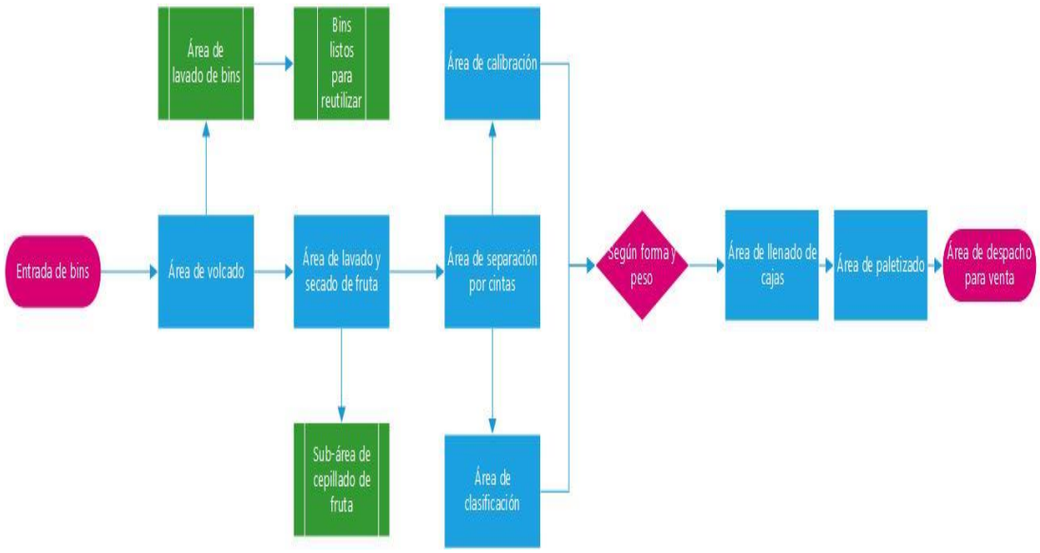
Figura 1- 2. Campo Desarrollo Agrario

Los principales mercados que se exportan avocados son el continente europeo con países como, Finlandia, Suiza, Francia, Alemania, Inglaterra, Irlanda, así también a países como China, Brasil, Estados Unidos, etc. Esto hace que las exigencias de calidad sean muy altas y para cumplirlas se requiera compromiso de parte de todo el personal trabajador y tecnologías que permitan exportar fruta con los más altos estándares, lo que es para Desarrollo Agrario parte de su esencia.

1.2. PROCESO PRODUCTIVO

1.2.1. Flujo del proceso productivo

El proceso productivo comienza por una entrada que es la llegada de la fruta en bins los cuales son ingresados en el proceso para iniciar la limpieza, separación por calibre y calidad, para posteriormente llenar las cajas y finalizar con un paletizado y estar en condiciones de poder ser exportados al mercado internacional.



Fuente: Elaboración propia mediante programa Visio Profesional.

Figura 1- 3. Flujo del proceso

Este proceso constituye una entrada de materia prima, obtenida de los campos cargadas en los bins, finalizando con una salida de un producto seleccionado por forma, defectos y calibre, dando origen a los pales, listos para ser exportado.

1.2.2. Áreas en el proceso productivo

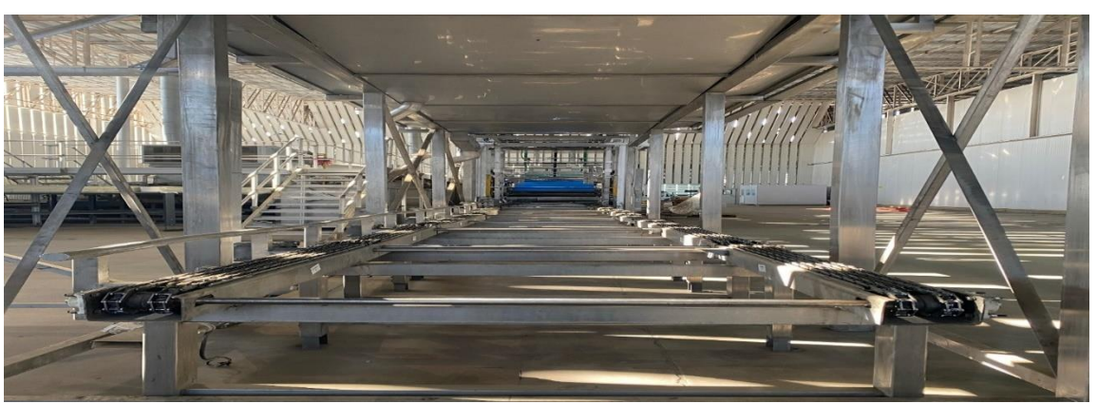
El proceso productivo se constituye de 14 áreas en total, las cuales involucran gente y activos que llevan a la empresa a cumplir el objetivo principal: la exportación de fruta de alta calidad. Para esto existen diversos equipos, algunos enfocados a la limpieza, otros a la clasificación, y otros al llenado de cajas con fruta, principalmente el proceso convierte la materia prima en un producto final seleccionado. A continuación, se describe cada una de las áreas involucradas, su función y equipos de trabajo.

1.2.3. Área de entrada de materia prima

Como inicio de proceso, los bins son cargados y transportados de tres mediante grúas horquillas eléctricas, las cuales posicionan estos encima de la primera línea que transportan los bins hacia el área de volcado. Los bins del campo llegan cargados con paltas de distintos pesos, sin ninguna clasificación, siendo esta fruta denominada materia prima. Cada cierta distancia en las líneas se cuenta con sensores retro reflectores, los cuales se van retroalimentando desde el volcador hacia atrás línea tras línea funcionando como un proceso en serie. Estos sensores al detectar que hay un bin accionan el motor para avanzar en el proceso, y en caso contrario lo detendrá. Estos sensores tienen como función indicar los avances y las paradas de este sistema de cintas interconectado, lo cual permitirá ir pasando de bin en bin a medida que van pasando hacia el volcador.

Este proceso al ser la entrada es vital que se mantenga en funcionamiento, principalmente se cuenta con siete motorreductores que dan el avance necesario a la cinta para que los bins empiecen a avanzar. Si se presentara algún tipo de falla es necesario retirar el sistema que está fallando para que el sistema no se detenga. Los sensores deben ser limpiados e inspeccionados con alta frecuencia ya que un sensor sucio podría no permitir el avance, dando como consecuencia tiempos muertos de producción.

Cuando el avance de las cintas de la entrada está trabajando con una alta disponibilidad se cuenta con un proceso de trabajo continuo, no produciendo periodos de alta o baja congestión, sino que se genera una alta producción y continuidad.



Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 4. Líneas de entrada de bin

1.2.4. Área de volcado

Mediante un sistema de altura de silla el área de volcado permite subir y torcer el bin sin dañarlo. El volcador principalmente cuenta con tres motorreductores con sistema de frenos magnéticos. Los primeros movimientos los da un motorreductor que mediante transmisión de cadena acciona el movimiento lineal para el avance de los bins. En paralelo, existe un sistema neumático que acciona dos pinzas a cada lado que recogerán el bin, y al hacer esto el sensor magnético interpretará esta señal y hará pasar el bin hacia el sistema de volcado. Luego los otros dos motores dan el movimiento al sistema de altura de silla y el otro permite torcer el bin. Este proceso de volcado cuenta con nueve sensores los cuales dos son magnéticos y siete de retrorreflexión. Los sensores de retrorreflexión interpretan que mientras hay un bin que bloquee la señal permite el avance de la cinta y los magnéticos trabajan en conjunto con el sistema neumático de las pinzas de agarre. Los polines son de vital importancia al igual que el cuidado de la tela y el eje desapilador. Es por esto que se debe realizar inspección visual frecuente al volcador, ya que si este equipo presenta paradas se producen periodos de vacíos de fruta para los posteriores procesos.

Cabe recalcar que, al volcar la fruta, esta es pasada por cepillos instalados en la salida del volcador, los cuales tienen como principal función realizar la primera etapa de limpieza de la superficie de la palta.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 5. Área de volcado de bin

1.2.5. Área de lavado de bin

Luego de volcar la fruta del bin, se procede al área de limpieza de bin la cual se produce en un segundo nivel. El primer equipo involucrado en este proceso es el elevador, el cuál cumple como principal función elevar el bin anteriormente vaciado hacia el segundo nivel, a través de un sistema **hidráulico-mecánico**. Este primer equipo involucrado cuenta con un mínimo de fallos siendo casi nulo, aun así, se producen atochamientos de bins cuando éstos vienen defectuosos o con deformaciones. Los bins son movidos a través de cadenas, se pasan por aspersores que contienen químicos mezclados con agua para desinfectar y limpiarlos.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 6. Lavadora de bin

1.2.6. Área de descenso

Al llegar hacia el final del recorrido, llegan al sistema de ascensor, en donde los bins se bajan empleando un sistema neumático de cilindros y sensores. Conectados a los cilindros se emplean pinzas de agarre, estas funcionan con presión neumática, toman el bin y lo descienden por tres etapas. Esta área es un subproceso del área de lavado de bines, y deja los bins totalmente disponibles para poder llenarlos nuevamente.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 7. Ascensor de bin

1.2.7. Área de lavado y secado por aire

Continuando con el proceso productivo de la fruta, se repite el proceso de pasar por cepillos para asegurar la limpieza en la superficie de la fruta, para luego ser secadas por aire al pasar por la zona aireo, que generan los ventiladores axiales, protegidos por un guarda motor, el cuál por ser la principal falla de este proceso se tienen los repuestos en un lugar cercano para realizar la mantención correctiva. Este proceso se realiza mediante aspersores de agua más otros productos que apuntan a la palta permitiendo desinfectarla. Al mismo tiempo se pasa por cepillos que permiten sacar la suciedad superficial.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 8. Ventiladores axiales, aspersores y cepillos

1.2.8. Área de secado por hornos

La palta continúa en constante cepillado por la parte inferior. Entran a la cámara de secado en los hornos a una temperatura de 45°C, calor producido por el combustible gas licuado. Es importante que la palta luego de este proceso salga seca, ya que una fruta húmeda o con moléculas de agua en la superficie no permitirán una buena toma de imagen para la clasificación de los avocados.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 9. Hornos de secado

1.2.9. Área de separación

Este proceso se lleva a cabo a continuación del secado final, se divide en dos cintas escalonadas que permiten homogeneizar la carga de frutas por cada una. La cinta ancha, alimenta las 5 líneas de selección, las cuales transportan la fruta hacia el sector en donde los trabajadores buscan defectos a través de una inspección visual, separando las paltas que irán al mercado nacional y exportación.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 10. Cintas de separación para homogeneizar la fruta

1.2.10 Área de clasificación

Este es el primer proceso del área de calibración y se lleva a cabo gracias a Spectrim. Este equipo sofisticado nos da como resultado la calidad deseada en la fruta que queremos, tomando en cuenta cualidades como que tan madura está la fruta, o que tan virada de color se encuentra. Esto lo hace mediante algoritmos de autoaprendizaje, cámaras y sensores, los cuales, en conjunto con el operador, dan la pauta necesaria para que Spectrim pueda clasificar las frutas de acuerdo con los defectos superficiales que estas contengan. La fruta que cumpla con los aspectos de calidad sugeridos seguirá su camino por los carriles de transporte, mientras que las que no se van por una cinta transportadora secundaria a un calibrador comercial, las cuales serán seleccionadas y posteriormente vendidas en el mercado nacional o interno.

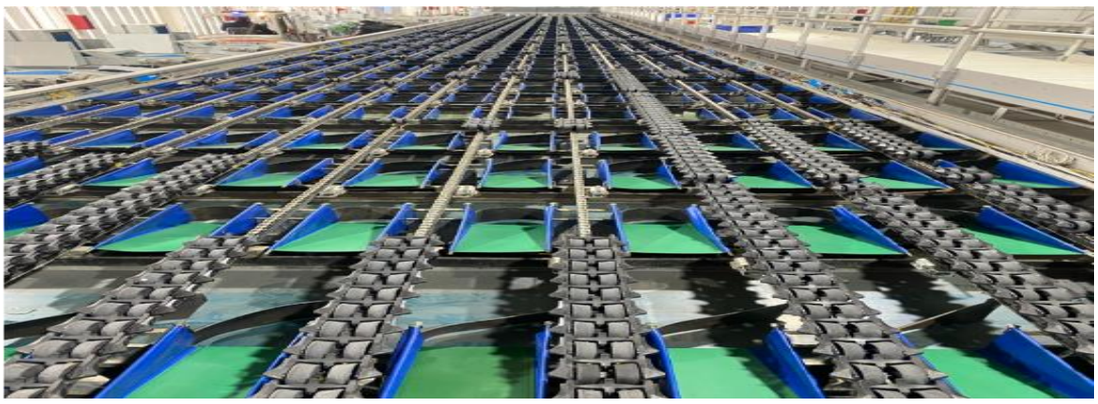
Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 11. Equipo clasificador Spectrim

1.2.11 Área de calibración

El calibrador cuenta con diez líneas, y la fruta se transporta por medio de los carriles correspondientes a cada una de estas. Primero se toman imágenes por medio de Spectrim. Luego, la palta es pesada según un rango de peso en cada carril por el sistema de pesas del equipo calibrador, el cual, por medio de solenoides conectados en las entradas de las graneleras o máquinas llenadoras de cajas, permitirá que la fruta caiga, mediante configuración en el sistema de control. Estos rangos de pesos dan origen a los calibres, y

se setean en el sistema control, y según sean los calibres que se deseen, así a medida que van avanzando por las líneas de calibre, la fruta se va a las maquinas graneleras.



Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 12. Equipo calibrador

1.2.12 Área de máquinas graneleras

La fruta que cumpla con el nivel de calidad, y previamente calibrada, pasaran a la fase de llenado de cajas, realizado por las máquinas graneleras. Estas máquinas mediante un sistema de pesaje y sensores dejaran pasar la fruta traída por los carriles, produciendo el llenado de caja hasta que se complete el peso seteado por los operadores. Estas cajas son movidas por personas, los cuales dejan en una cinta transportadora para su posterior paletizado. Cabe destacar en este punto que existe un retorno para los casos en que existe exceso de fruta, lo cual puede ser recurrente. Para esto la fruta será enviada a una cinta transportadora secundaria que llevará la fruta por debajo del proceso sin interrumpir su continuidad para volver a ser reprocesada desde antes del proceso de calibración.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 13. Máquina granelera

1.2.13. Área de máquinas Rotofiller

Las máquinas Rotofiller son las encargadas del llenado de bins, las cuales son usadas cuando existe una baja calidad del producto, alta demanda nacional, como también en ciertos casos, alta demanda internacional de los mercados vecinos, principalmente Argentina.

Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 14. Máquina Rotofiller 3

1.2.14 Área de paletizado

En este proceso se procede a armar los pales con las cajas llenas previamente y separadas por calibres. Las cajas van llegando a través de la cinta transportadora hacia el sector de paletizado. Este proceso es facilitado gracias a las plataformas elevadoras que en su punto máximo llegan al nivel del suelo y que mediante control remoto van descendiendo, permitiendo a los trabajadores completar el paletizado de una forma más agradable y sin sufrir el esfuerzo de llenar la parte alta del pale.

Esto se realiza mediante 2 líneas de 7 plataformas hidráulicas, en las cuales las personas están continuamente armando pales según los calibres, es decir, un pale solo poseerá en su contenido fruta de un calibre determinado.

1.2.15. Área de Pre-frío y frío

Los pales que ya se encuentren listos serán transportados a una cámara de pre-frío mediante las grúas horquillas eléctricas. Cuando el pale se encuentra completo y enguinchado para dar firmeza al contenido de éste, la fruta que estará a temperatura ambiente (25°C) se lleva a la cámara de pre-frío la cual servirá para no descender tan bruscamente la temperatura de las frutas. Pasado un tiempo las grúas horquilla transportan los pales desde la cámara de pre-frío hacia las cámaras de frio, acercándolas a temperaturas cercanas a los 0°C que es una temperatura ideal para que se conserve lo más posible y no se dañe ni madure el avocado.

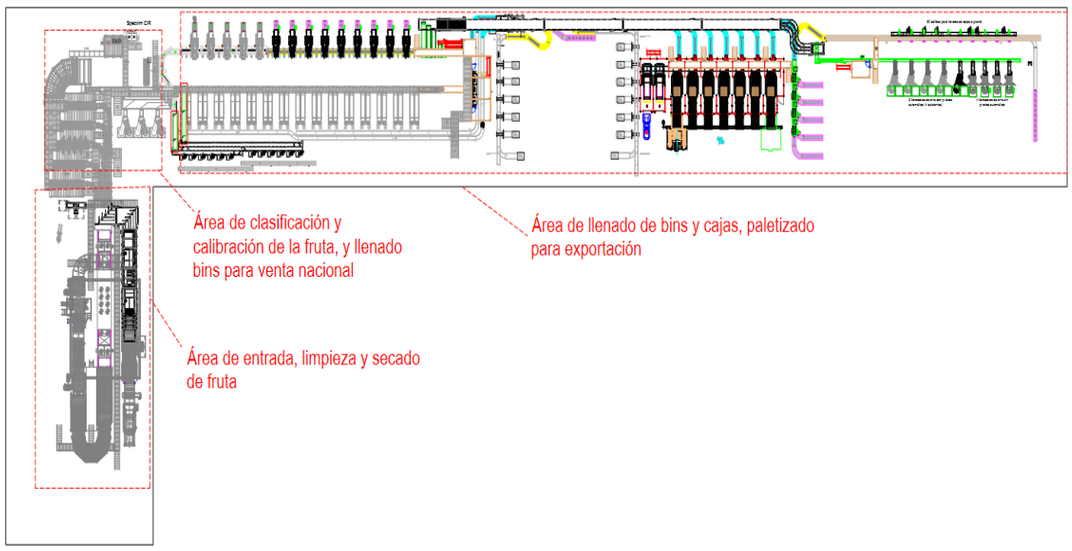
1.2.16. Área de transporte

Finalmente, cuando se realizan las transacciones, y el pago correspondiente de fruta a la empresa, se procede a cargar los camiones termo los cuáles en su interior llevan sistemas adiabáticos los que no permiten el intercambio de calor, pudiendo así las frutas conservar su temperatura fría. Las grúas horquilla toman los pales presentes en la cámara de frio y se llevan a los andenes de carga y mediante los transpaletas eléctricos se toman los pales y se dejan de forma ordenada dentro de los camiones. Estos camiones tienen como ruta principal el puerto de Talcahuano el cual es la puerta para las embarcaciones de frutas hacia naciones extranjeras, completando allí el ciclo que cada proceso tiene como fin.

1.3. LAYOUT DE LA EMPRESA

En el siguiente Layout se muestran las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo. Se puede dividir la empresa en tres grandes áreas: Área de entrada, limpieza y secado de fruta, área de clasificación y calibración de la fruta, y llenado de bines para venta nacional, y el área de llenado cajas y paletizado para exportación.

A continuación, se muestra el plano de la empresa, dividido en las tres grandes áreas, iniciando por la parte inferior derecha que viene siendo la alimentación de materia prima, y finalizando en la parte superior derecha con en el paletizado para exportación.



Fuente: Sienz S.L

Figura 1- 15. Layout de la empresa

1.4. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

La fruta debe cumplir con los estándares de calidad establecidos por los diferentes mercados de destino y las normas chilenas.

La fruta debe tener forma, tamaño, madurez y coloración uniforme en el mismo envase. Debe estar limpia, libre de polvo, residuos u otras materias extrañas, pudrición y otros que afecten visiblemente su apariencia y cumplir con las tolerancias de residuos de pesticidas para el país de destino.

La fruta embalada debe estar libre de plagas de importancia cuarentenaria, que se han definido en los países de destino, verificación realizada por el SAG.

No embalar fruta con más de tres días de haber sido cosechada.

1.5. PROBLEMÁTICA

La principal problemática en el contexto operacional para los equipos involucrados es la no existencia de un plan de mantenimiento. Existe una persona encargada de registrar las fallas que existen en los periodos de producción, pero estos datos no los utilizan para generar algún tipo de mejora. Cuando un equipo presenta una falla, concurre al sitio el equipo de mantenimiento para realizar el remplazo de componentes dañados, tratando de ser lo más rápido posible para que los tiempos de perdida de producción sean lo más bajo posible. Ante esta problemática nace la oportunidad de proponer a la empresa un plan de mantenimiento que mejore la productividad y la disponibilidad de los equipos, con el propósito de hacer la empresa más rentable.

Desarrollo Agrario está constituida principalmente por tres actores: equipo de mantención, operadores, y organismo de calidad. Como anteriormente se especificó los requerimientos de calidad son prioridad para poder exportar el producto, y a su vez, producir mucho para generar mayor renta. Se trabaja por turnos de trabajo de hasta 12 horas por día, produciendo 75 [bins/h] o más bien 34 [ton/h]. Alcanzar estos niveles de producción es la meta, que trae como consecuencia un desgaste mayor de los equipos y aumenta la probabilidad de indisponibilidad.

Principalmente por la experiencia de los operarios de la planta, se puede definir qué, la calibradora, posee fallos continuos y repetitivos, que se traducen en pausas de producción o disminución de esta. Esto convierte a este equipo en crítico ya que la perdida de producción por cada minuto genera pérdidas económicas significativas para la empresa. Así mismo, si se embalan cajas con paltas que contengan pudrición, golpe de sol, o algún similar, se debe retirar el pallet y verificar las cajas, o directamente retirar la caja que contiene la fruta/as dañada/as.

Como principal argumento, y para demostrar porque generar un plan de mantenimiento eficiente que pueda prevenir o mitigar los fallos, traduciremos los tiempos de no producción a costos para la empresa.

A continuación, se presenta tabla de precios por kilo importado:

Tabla 1- 1. Cantidad, valor y precio CIF de las importaciones de paltas por país destino, 2017

Cuadro 1. Mundo: cantidad, valor y precio CIF de las importaciones de paltas por país de destino, 2017 (Toneladas y miles de dólares)				
País	Cantidad importada	Valor importado	Precio medio CIF	
	Toneladas	Miles de dólares	USD/kg.	$/kg*
Mundo	2.138.798	6.265.500	2,93	1.904
Estados Unidos de América	900.186	2.727.939	3,03	1.970
Países Bajos	267.332	720.179	2,69	1.751
Francia	145.813	446.790	3,06	1.992
Reino Unido	107.597	282.148	2,62	1.704
España	98.056	249.871	2,55	1.656
Canadá	79.892	224.244	2,81	1.824
Alemania	70.911	269.794	3,80	2.473
Japón	60.635	205.327	3,39	2.201
China	32.137	105.453	3,28	2.133
Bélgica	28.374	81.882	2,89	1.876
Hong Kong, China	21.343	56.636	2,65	1.725

Fuente: Elaborada por ODEPA, con datos de TradeMap

Esto significa que, el valor venta fue un precio de 1970 [$/kg] importado a Estados Unidos en dicho año, y teniendo en cuenta que se producen 34 [ton] por hora:

$$Ganancia = 3{,}03\left[\frac{USD}{kg}\right] \bullet 34000\left[\frac{kg}{h}\right] = 103.020\ \left[\frac{USD}{h}\right]$$

Hay que considerar que este monto está sujeto a variaciones, puesto que la producción varía a lo largo de los días y, que estos niveles de producción son solo 5 a 6 meses.

A partir de esto, a la empresa le significa que una parada de 1 hora a raíz de un fallo de un equipo crítico produce aproximadamente una pérdida de 103.020 dólares por hora, lo que equivale en dicho año 2017, con un precio del dólar de $614,4 pesos chilenos, una pérdida de $63.295.488 de pesos por hora.

1.6. DIAGRÁMA DE DISPERSIÓN LOGÁRITMICA: JACK KNIFE

El diagrama de dispersión logarítmica se diseñó en base a datos utilizados de una bitácora de fallas de los equipos, incluida en anexos, en la temporada que dio inicio en octubre del 2020 hasta enero del 2021. Para hacer uso de este diagrama, se realizó en base a tabla 1-2 el uso de, clasificación de fallas, cantidad de fallas, el tiempo fuera de servicio, y el MTTR, que nos indica el tiempo medio entre fallas. Este viene dado por la fórmula:

$$MTTR = \frac{Tiempo\ total\ de\ mantenimiento}{numero\ de\ reparaciones}$$

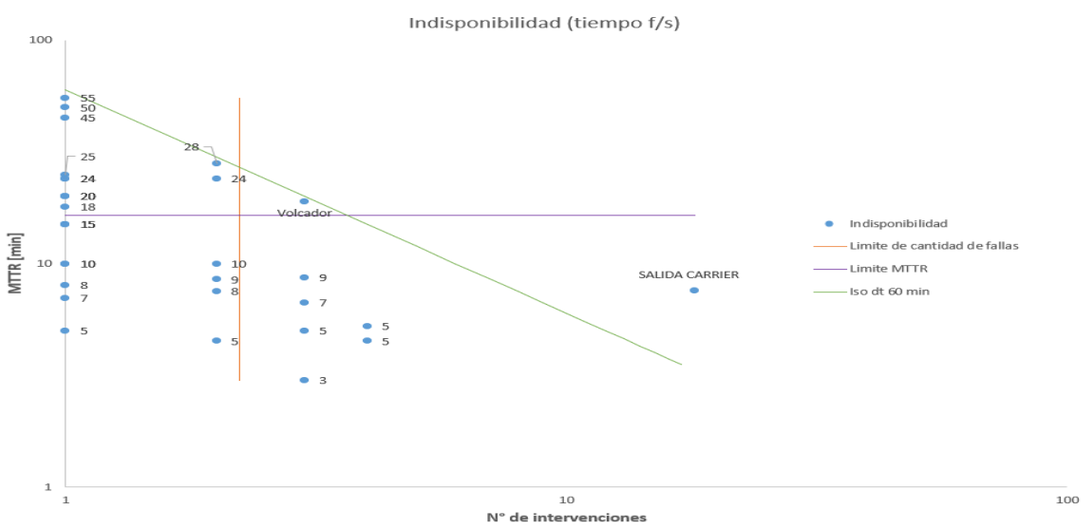
La siguiente tabla, ver tabla completa en los anexos, nos indica los datos utilizados para realizar el diagrama de dispersión logarítmica

Tabla 1- 2. Muestra de datos de Excel para uso de Jack Knife

Clasificación de fallas	Cantidad de fallas	Tiempo fuera de servicio [min]	MTTR [min/falla]
Salida de Carrier	18	136	8
Corte de cinta	2	15	8
Pérdida de ciclo	2	17	9

Fuente: elaboración propia, en base a historial de fallas temporada 2020-2021

Con estos datos se obtuvo la siguiente gráfica:



Fuente: Elaboración propia en base a bitácora de fallos 2020-2021

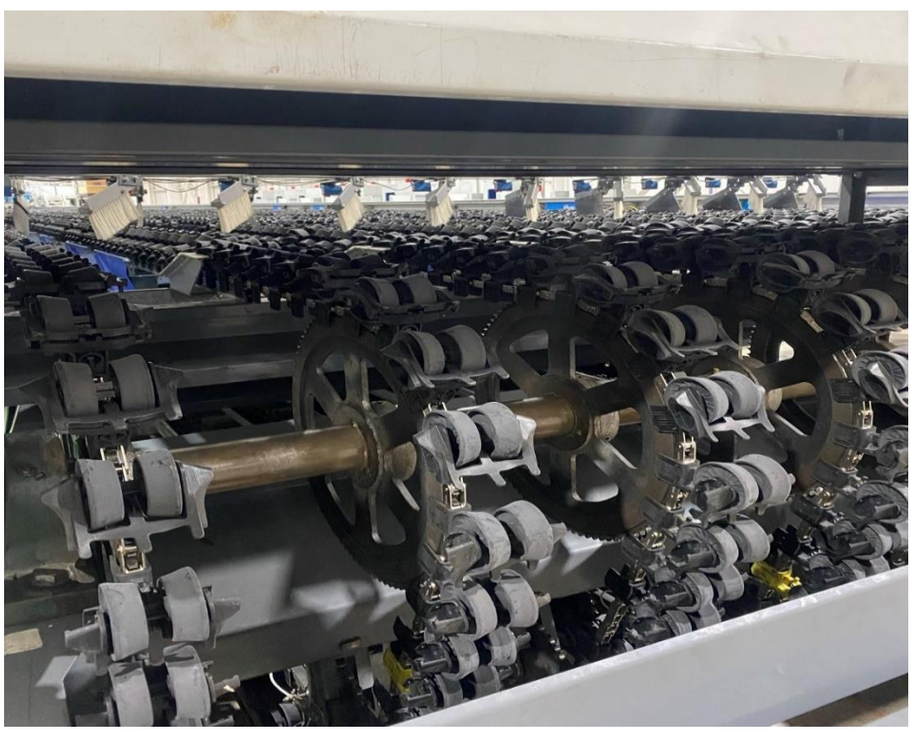
Figura 1- 16. Gráfico de indisponibilidad, diagrama dispersión logarítmica Jack Knife

Mediante esta técnica se configuran los tiempos de indisponibilidad de los modos de falla de los equipos o sistemas. Nuestros esfuerzos, principalmente se centran en las fallas que se encuentran sobre la línea iso disponibilidad 60. Se determino un tiempo crítico de 60 [min] en conjunto con la empresa, que representa una pérdida económica significativa para la empresa. Esto dio como resultado la falla Salida de Carrier, perteneciente al equipo calibrador, sobre la línea iso disponibilidad propuesta en Jack Knife.

1.7 **SELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO: EQUIPO CALIBRADOR.**

El fallo de Salida de Carrier pertenece a la zona crónica dentro del diagrama de dispersión logarítmica, lo que significa que posee un alto grado de repetición del fallo dentro del proceso. Esta falla pertenece al equipo calibrador, que es el encargado de clasificar, calibrar, y transportar la fruta hacia las áreas de llenado de cajas o bins.

Esta técnica nos indica que, el equipo calibrador cuenta con un modo de falla que es repetitivo a lo largo del proceso productivo, y, además de ser repetitivo, nos indica que consume tiempo de producción importante. No solo este fallo, sino que cualquier fallo que presente este equipo es crítico para la productividad.



Fuente: Elaboración propia, tomada desde cámara personal.

Figura 1- 17. Transmisión de potencia a equipo calibrador

CAPÍTULO 2: JERARQUIZACIÓN DE LOS MODOS DE FALLOS

2. FUNCIÓN DEL EQUIPO CALIBRADOR

En el presente capítulo, con el equipo crítico ya seleccionado, se analiza el calibrador. Con un largo de 52 [m], este activo está compuesto por un motor principal, motores de funciones secundarias, carriles, solenoides, diez líneas de transporte de carriles, sistema de pesas, y además, todo el sistema de Compac Spectrim, que está diseñado para funcionar como un complemento de la calibradora que, principalmente desempeñara el papel de clasificación por tamaño, forma, color y manchas superficiales, más el equipo de calibración, que nos calibrará las paltas por peso y nos moverá la palta a través de cada línea.

La palta es transportada por medio de los carriles correspondientes a una de las líneas calibradoras. Primero, toma capturas por medio de las cámaras del sistema Spectrim, más su sistema de ultravision, que nos permite un control eficiente de calidad de paltas. Luego será pesada por el sistema de pesas del equipo calibrador, el cual, por medio de solenoides conectados en las entradas de las máquinas graneleras, permitirá que la fruta caiga mediante configuración en el sistema de control, para llenar las cajas con el producto. El flujo de trabajo que presenta el equipo calibrador se puede apreciar a continuación mediante tres etapas funcionales:

Fuente: Elaboración propia, en base a función general del equipo

Figura 2- 1 Flujo de trabajo equipo calibrador

El proceso de calibración es vital para la empresa, ya que, sin él, la empresa no estaría en condiciones de poder exportar la fruta, ni generar los altos niveles de producción que alcanza.

A continuación, mediante el análisis SIPOC nos permite definir a nuestro proveedor, entradas, proceso, salidas y clientes, con el fin de modelar un camino hacia la creación de un análisis de modos y efectos de la falla.

2.1. ANÁLISIS SIPOC: EQUIPO CALIBRADOR

El análisis SIPOC resulta muy útil a la hora de poder visualizar e identificar quien proporciona las entradas para el proceso, a quien va dirigido el producto de mi proceso, qué es necesario en la entrada para que se ejecute, cuáles son los parámetros de funcionamiento para que se logre el propósito de la empresa, entre otras.

El propósito principal de utilizar este diagrama en el presente trabajo es identificar la función primaria y secundaria del proceso productivo, como así también entender mejor los parámetros de funcionamiento que tiene el área de calibre, a través de proveedor, entradas, proceso, salidas y cliente.

Tabla 2- 1. Análisis SIPOC a equipo calibrador

SISTEMA: EQUIPO CALIBRADOR				
Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Cliente
Mediante los carriles llega la fruta, la palta pasa por debajo de Spectrim, el cual toma imágenes mediante cámaras, que ofrece control de calidad escaneando la superficie completa de la palta para clasificación.	Ingreso de materia prima clasificada, se calibra mediante sector de pesas del calibrador, dividiéndola por rango de peso correspondientes: - Calibre 50 – EXTRA > 300 [g] - Calibre 60 – Primera (180-300 [g]) - Calibre 70 – Segunda (150-179 [g])	Proceso mediante el cual a lo largo de diez líneas se transporta la fruta a una velocidad de 190 [paltas/min], y tiene por fin haber convertido la materia prima en un producto seleccionado, cumpliendo con los estándares de calidad para exportación.	Las salidas son a través de una cinta transportadora que conecta hacia una maquina granelera. Las paltas caerán a esta cinta mediante un solenoide que, al recibir un pulso eléctrico abrirá y cerrará su vástago, generando el giro del carril y la caída de la fruta.	Las máquinas graneleras son los clientes del equipo calibrador puesto que son las encargadas de llenar las cajas con el producto transportado por los carriles. Estas máquinas llenaran las cajas hasta lograr el peso seteado por los operadores.

Fuente: Elaboración propia, según funciones primarias y secundarias del equipo calibrador

Podemos decir en base al análisis realizado que, en primer lugar, la fruta es clasificada mediante el equipo de Spectrim. En segundo lugar, la fruta es calibrada por un cierto rango de peso en el sector de pesaje. En tercer lugar, las líneas de carriles son las encargadas de transportar la fruta desde el inicio hasta el área de llenado de cajas o bins. En cuarto lugar, se encuentra el sistema de caída de la fruta a través de los solenoides, y también, la cinta transportadora que recoge la fruta y la transporta al área de llenado .Y por último, se encuentran los equipos de máquinas graneleras y Rotofiller, que trabajan en conjunto con el calibrador, tomando la fruta que se transporta por las cintas desde las líneas de carriles, realizando el llenado de las cajas, en el caso de las máquinas graneleras, o en el caso de las máquinas Rotofiller, para el llenado de bins. Este conjunto de subdivisiones permite a la empresa convertir una materia prima, que es la fruta recogida de los campos de desarrollo agrario, a un producto final seleccionado, cumpliendo con los estándares internacionales de calidad para la exportación.

Junto a este análisis, podemos centrarnos en la generación de nuestro FMECA que involucra directamente a las funciones primarias y secundarias del equipo crítico. Para entender mejor los modos de falla de las componentes del área estudiada, se describen los principales componentes del equipo crítico seleccionado, del cual se desprende la función de cada uno.

2.2. **GENERACIÓN DE FMECA**

Según SIPOC, y de acuerdo con norma SAE JA1011, SAE J1012 y SAE J1739, basadas en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) se utilizan los modos de fallos, y según funciones se emplearán en el análisis de modos de fallo, efectos y criticidad FMECA. Con las funciones principal y secundarias del equipo calibrador, las cuales fueron analizadas mediante el análisis SIPOC, tendremos que la función principal del calibrador será:

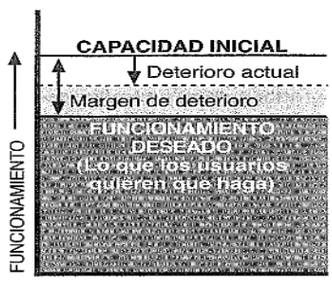
- Transportar la fruta clasificada por tamaño, forma, color, calibre, entre otras, a una velocidad de producción de 190 [paltas/min] desde el área de clasificación hasta el área de llenado de cajas o bins.

Ante esta función del equipo crítico analizado, se tomará en cuenta el previo estudio de la criticidad que se realizó mediante el diagrama de dispersión logarítmica para evidenciar la prioridad de los modos de fallos que este puede presentar.

Una vez realizada la priorización del equipo crítico, se define la falla funcional del equipo, cada una de las cuales tendrá más de un modo de fallo, que a su vez contará con distintos efectos de falla, con sus respectivas consecuencias de falla para el proceso.

2.2.1. Falla funcional

Una falla funcional puede ser entendida como un "estado de la falla" (Moubray, 2004), siendo la incapacidad de cualquier activo físico para cumplir la función, según parámetro de funcionamiento establecido como aceptable para el usuario. Para el caso del equipo calibrador, este debe transportar 190 [paltas/min], lo que con el uso hará que el equipo se deteriore significativamente, pudiendo reducir la producción. Aun así, se puede mantener sobre el nivel de funcionamiento requerido por el usuario, como a continuación muestra la figura, que existe un "margen de deterioro" que permite una tolerancia para los equipos.



Fuente: RCM II, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – John Moubray.

Figura 2- 2. Margen de deterioro de un activo

2.2.2. Modo de fallo

Un modo de fallo puede ser definido como cualquier evento que puede causar una falla funcional. Este puede ser entendido como "un evento que puede causar un estado de falla" (Moubray, 2004).

2.2.3. Efecto de fallo

Son aquellos síntomas previos que delatan que el modo de fallo está ocurriendo o está próximo a ocurrir.

2.2.4. Numero de prioridad de riesgo

A partir de la tabla de análisis de modos de fallo, efectos y criticidad, se establece un número de prioridad de riesgo, NPR, para cada modo de falla, definiendo así una prioridad entre cada uno de ellos. Este NPR estará dado producto de la probabilidad de ocurrencia (Po), la severidad de la consecuencia (So) y la probabilidad de detección (Pd) de dicho modo de fallo.

$$NPR = Po \bullet So \bullet Pd$$

Las variables descritas en la ecuación anterior están dadas por los criterios según norma SAE J1739. Esta norma establece números del 1 a 10, indicando muy baja y grave, respectivamente.

A continuación, se muestran las tablas utilizadas para mostrar los distintos criterios de asignación de número, para el cálculo del número de prioridad de riesgo.

2.2.5. Criterio: Probabilidad de detección de un modo de falla (Pd)

La probabilidad de detección de un modo de falla nos indica, según criterio de la norma, de qué manera los trabajadores pueden anticiparse al modo de falla antes que este se convierte en una falla funcional.

Tabla 2- 2. Criterios sugeridos para la evaluación de detección

Detección	Criterios: Probabilidad de detección de un modo de falla	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Fuente: Norma SAE J1739.

2.2.6. Criterio: Probabilidad de ocurrencia (Po)

Este criterio nos indica con que frecuencia ocurre el modo de fallo, para la asignación de un numero del ranking .

Tabla 2- 3. Criterios sugeridos para la evaluación de la ocurrencia

Probabilidad de falla	Posible tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥ 1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero no en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas aisladas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy baja: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos	1 en 150.000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Norma SAE J1739.

2.2.7. Criterio: Severidad de la consecuencia (So)

Este criterio de la norma se debe seleccionar por las consecuencias operacionales que tiene para la producción que el equipo presente tal modo de falla.

Tabla 2- 4. Criterios sugeridos para la severidad del efecto

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla no se advierte al ocurrir.	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho.	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperables. El cliente experimenta insatisfacción.	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por la mayoría de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos	1

Fuente: Norma SAE J1739.

El NPR permite priorizar, al momento del mantenimiento, ciertos modos de falla que representan mayores riesgos que otros, ya sea por seguridad para los trabajadores, la producción, o cualquiera de las variables que se podrían ver afectadas por una falla mediante este modo. Los modos de fallos con un NPR mayor a 60 serán considerados para efectos de este estudio, realizando las tareas de mantenimiento correspondientes para cada uno en la hoja de decisiones RCM.

2.3. FMECA

En la tabla 2-6 se puede observar la relación que existe entre la función, la falla funcional y el modo de falla. En la tabla 2-6 podemos observar la relación entre el modo de falla y sus efectos de falla. Finalmente, en la tabla 2-7 podemos encontrar la asignación del número de prioridad de riesgo para cada modo de falla, según norma SAE j1739.

En las siguientes páginas se puede observar, en la tabla 2-6. Relación entre función, falla funcional y modo de falla, cuáles son las formas de fallar que tiene un activo, para no cumplir con los estándares operacionales esperados. En la tabla 2-7. Relación entre el modo de falla y efecto de falla, se puede apreciar el síntoma que tiene cada modo de falla, antes de que este ocurra. Y, así mismo, en la tabla 2-8. Asignación de numero de prioridad de riesgo según norma SAE J1730, podemos ver el orden de priorización que se tiene para cada modo de falla.

Tabla 2- 5. Relación entre función, falla funcional, modo de falla.

	Función		**Falla funcional**		**Modo de falla**
1	Transportar 34 toneladas por hora de fruta desde el equipo calibrador hacia el área de llenado de cajas o bins.	1.1	No se transporta la fruta en los niveles esperados de producción.	1.1.1	Rotura de carril.
				1.1.2	Falta de apriete al tensor de piñón.
		1.2	Totalmente incapaz de transportar fruta.	1.2.1	Atascamiento de los engranajes
				1.2.2	Fatiga en el rodamiento.
				1.2.3	Eje cortado.
				1.2.4	Motor eléctrico quemado.

		1.3	Incapaz de llenar de buena forma cajas con el producto.	1.3.1	Rotura de polín.
				1.3.2	Área de pesaje descalibrado.
				1.3.3	Solenoide quemado.
2	Calibrar paltas según rango de pesos: calibre 50 (>300[g]), calibre 60 (180-300[g]), calibre 70 (150-179[g]).	2.1	La fruta no es calibrada.	2.1.1	Área de pesaje descalibrada.
3	Clasificar la fruta mediante Spectrim por tamaño, forma y manchas superficiales.	3.1	El equipo no es capaz de clasificar la fruta.	3.1.1	Módulo de luz led quemada.
				3.1.2	Cámara interna quemada.
				3.1.3	Unidad de ventilación ineficaz.

Fuente: Elaboración propia, en base a funciones, modos de falla y efectos de la falla.

Tabla 2- 6 Relación entre modo de falla y efectos de falla.

	Modo de falla		**Efectos de la falla**
1.1.1	Rotura de carril.	1	Se emite sonido por el roce entre carril y línea de transporte.
1.1.2	Falta de apriete al tensor de piñón.	1	Se emite sonido al realizarse un giro el eje.
1.2.1	Atascamiento de los engranajes	1	Ruido en el equipo.
		2	Niveles de vibración muy alta en el equipo.
		3	Fugas de aceite.
1.2.2	Eje cortado.	1	Grietas en la superficie.
1.2.3	Fatiga en el rodamiento	1	Niveles de vibración muy alta en el equipo.
		2	Ruido en el equipo.

1.2.4	Motor eléctrico quemado.	1	Se visualiza humo del motor y olor a quemado
		2	Corriente circulante en las fases del motor mayor a la nominal
1.3.1	Rotura de polín.	1	Desgaste superficial del polín.
		2	Niveles de vibración muy alta en el equipo.
		3	Grietas en el polín.
		4	Ruido en el equipo.
1.3.2	Área de pesaje descalibrado.	1	Alarma en interfaz HMI de la maquina
1.3.3	Solenoide quemado.	1	Se desprende humo y olor a quemado en el lugar del solenoide.
2.1.1	Área de pesaje descalibrada.	1	Alarma a sistema de control línea descalibrada.
3.1.1	Módulo de luz led quemada.	1	Alarma en interfaz HMI hombre-máquina.
3.1.2	Cámara interna quemada.	1	Alarma en interfaz HMI hombre-máquina.
3.1.3	Unidad de ventilación ineficaz.	1	Filtro tapado.
		2	Alarma en interfaz HMI sobre temperatura del dispositivo.

Fuente: Elaboración propia, en base a los modos de falla y efectos de la falla.

Tabla 2- 7 Asignación de numero de prioridad de riesgo según norma SAE J1730

	Modo de falla	Análisis de criticidad			
		Po	So	Pd	NPR
1.1.1	Rotura de carril.	7	1	7	49
1.1.2	Falta de apriete al tensor de piñón.	5	4	3	60
1.2.1	Atascamiento de los engranajes	2	8	8	128
1.2.2	Fatiga en el rodamiento.	3	8	9	216
1.2.3	Eje cortado.	3	9	10	270
1.2.4	Motor eléctrico quemado.	2	8	7	112
1.3.1	Rotura de polín.	4	4	8	128
1.3.2	Solenoide defectuoso.	6	2	7	84
2.1.1.	Área de pesaje descalibrada.	2	8	10	160
3.1.1	Módulo de luz led quemada.	4	8	7	224
3.1.2	Cámara interna quemada.	3	5	5	75
3.1.3	Unidad de ventilación ineficaz.	3	7	5	105

Fuente: Elaboración propia, en base a criterios de norma SAE J1739

2.4. DIAGRÁMA DE DECISION RCM II

Mediante los modos y efectos de falla que constituyen nuestro FMECA, el diagrama de decisión RCM II nos permite evaluar las consecuencias de las fallas. Estas consecuencias pueden ser a la seguridad y medio ambiente, operacionales y no operacionales, o fallas ocultas. Finalmente, el propósito del diagrama es dar como origen tareas de mantenimiento para cada modo de fallo. A continuación, en la tabla 2-8 podemos observar la forma que tiene la hoja de decisión RCM.

Tabla 2- 8 Muestra de hoja de decisión RCM II

Sistema: Equipo Calibrador																
Subsistema: Área de clasificación, calibración y llenado.																
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 E1	H2 S2 E2	H3 S3 O3	Tareas a falta de			Tareas de mantenimiento	Frecuencia inicial	Realizarse por:	NPR
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	N3	H4	H5	S4				

Fuente: Elaboración propia, en base a texto RCM II, John Moubray, 2004.

La referencia de la información en la hoja de decisión permite ordenar los datos del FMECA para a través del diagrama de decisión RCM ll asignar tareas de mantenimiento para cada modo de falla (MF) y mitigar las posibles fallas funcionales (FF).

Las columnas posteriores a la referencia de información, nombradas H, que corresponde si se encuentra una falla oculta, S corresponde a consecuencias en la seguridad, E corresponde a consecuencias en el medio ambiente y O corresponde a las consecuencias operacionales y no operacionales. Todas estas pertenecen a la evaluación de las consecuencias.

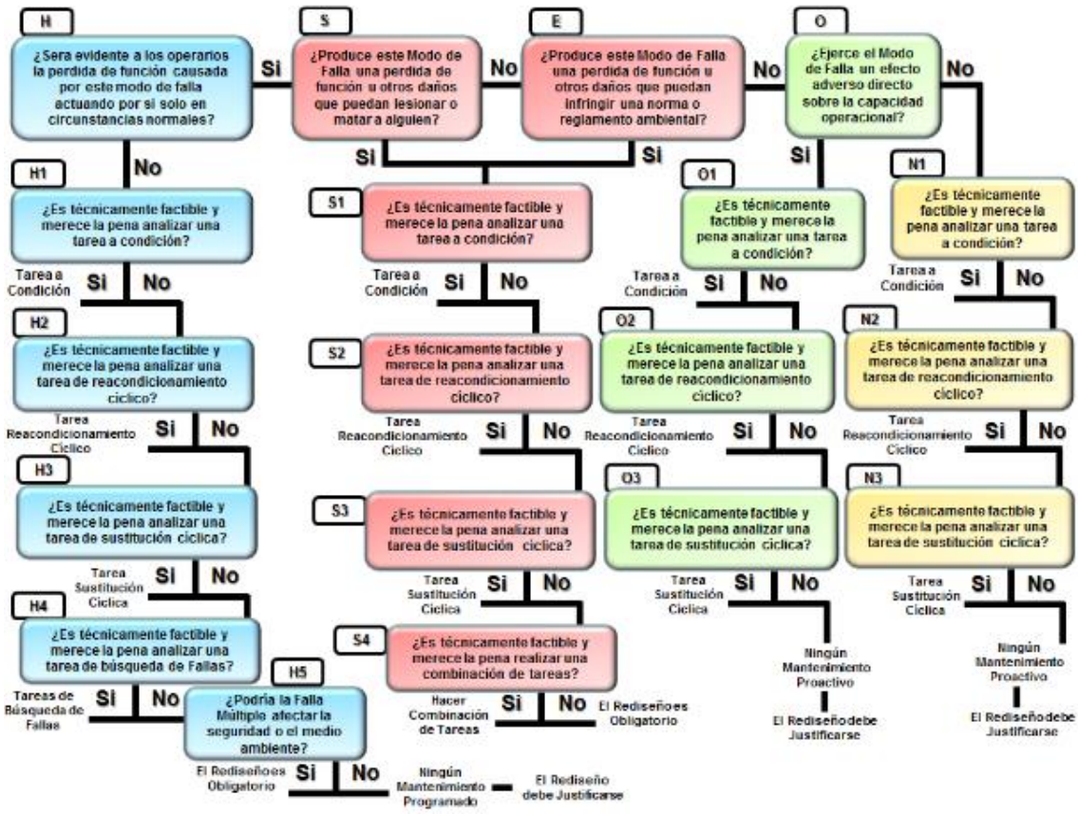
Las tres columnas siguientes involucran cada una de las letras anteriores más un numero asignado hasta el 3, estas registran que tipo de tarea proactiva se realizara mediante la respuesta Si o No a distintas preguntas en el diagrama de decisión.

Las columnas H4, H5, S4, son aquellas a las que no se le asigna tarea proactiva y son registradas como “tareas a falta de”

Luego, en la columna de “tareas de mantenimiento” se registran para cada modo de fallo, en el que exista una tarea propuesta, el tipo de tarea que se requiere realizar para mitigar la falla funcional.

En la columna de “realizarse por” se registra el encargado de llevar a cabo la tarea de mantenimiento asignada.

Finalmente, el NPR, el cual se calculó anteriormente en el capítulo, nos indica el número de prioridad de riesgo registrado para cada modo de fallo.



Fuente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM II, John Moubray

Figura 2- 3. Diagrama de decisión RCM II

Para cada modo de fallo se debe responder a la pregunta H, según sea SI o NO la respuesta, se debe ir continuando por la respectiva rama de decisiones, hasta llegar a un tipo de tarea. Estas tareas están dirigidas hacia las áreas de mantenimiento proactivo, predictivo y correctivo. Para la planificación del mantenimiento es importante tener presente lo anterior y realizar de buena manera el registro de las respuestas a la hoja de decisión.

2.4.1 Tareas Proactivas

“Estas tareas se llevan a cabo antes que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla” (Moubray, 2004). Este tipo de mantenimiento es muy comúnmente denominado preventivo, aunque RCM utiliza términos como tareas de reacondicionamiento o sustitución cíclicos. Estos son escogidos mediante el criterio de

la persona que ejecuta el RCM para la empresa tomando en cuenta los costos y la efectividad que tendrá sobre los componentes a intervenir. Las tareas de reacondicionamiento, de sustitución y a condición son definidas a continuación:

- Tareas de reacondicionamiento cíclico: "El reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento". Es el tipo de tarea que evita que el componente llegue a su zona de desgaste, en la cual puede producirse un fallo potencial, para dar origen a una falla funcional del equipo. Este consiste en reacondicionar el activo para aumentar su vida útil.
- Tareas de sustitución cíclica: "Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento". Esta tarea se diferencia de la anterior puesto que el componente que falla se sustituye por uno nuevo, reiniciando la vida útil de este en cuestión.

2.4.2. Tareas a falta de

"Estas tratan con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva. Las acciones a falta de incluyen búsqueda de falla, rediseño, y mantenimiento a rotura o correctivo" (Moubray, 2004). Cuando con los facilitadores, o el grupo de mantenimiento no se encuentra una tarea adecuada para prevenir una falla funcional de un activo, se incurre a las tareas a falta de.

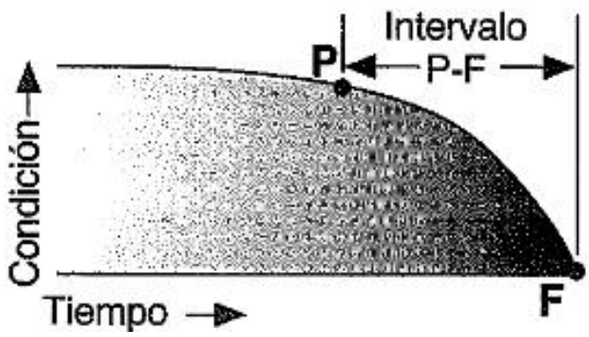
- Tarea de búsqueda de fallas: Estas se aplican a los activos para el reconocimiento de nuevas fallas que puedan ocurrir y se evita que lo hagan. Se trata de mitigar condiciones que puedan ayudar a concurrir a fallas funcionales al equipo.
- Tarea de rediseño: Este tipo de tarea se aplica cuando un activo está produciendo altas perdidas a la empresa, de modo que falla mucho y el MTTR asociado al activo es muy alto. El rediseño implica para la empresa altos costos por el diseño de un nuevo componente o equipo y la adquisición de este.
- Tarea a rotura o correctiva: Este tipo de tarea es aplicable cuando los activos poseen una tasa de fallo constante a lo largo de su vida útil. En este tipo de mantenimiento se trata de utilizar el máximo de tiempo un componente, sin intervenir, hasta que algún componente se dañe, para reemplazarlo por uno nuevo.

2.4.3. Tareas predictivas

Las tareas predictivas o a condición, son aquellas que consisten en verificar si existe alguna falla potencial, para que esta se pueda intervenir previniendo una falla funcional del componente, evitando las consecuencias de esta. Se trata de predecir si el elemento va a fallar, por lo que toma este nombre de mantenimiento predictivo, o también mantenimiento basado en la condición. Estas tareas deben ser realizadas a intervalos menores al intervalo P-F, que es el periodo de tiempo entre el momento en que ocurre una falla potencial y su decaimiento hasta convertirse en una falla funcional.

- Tareas de mantenimiento a condición: Este tipo de tareas recae en el monitoreo del equipo, pudiendo anticiparnos a la falla funcional que esta por ocurrir en algún componente del equipo. Hay que considerar que todos los equipos trabajan dentro de parámetros que son normales para su funcionamiento, y existen, por tanto, síntomas en los equipos que nos permiten anticiparnos a un fallo potencial que este por ocurrir, para así evitar un posterior paro por avería del equipo.

Dicho intervalo P-F se puede ver a continuación, en el cual P, representa un fallo potencial, en el cual F, nos muestra el punto en el cual el equipo queda inoperante por producirse un fallo funcional.



Fuente: RCM II, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad – John Moubray

Figura 2- 4. Intervalo P-F en las tareas a condición

2.5. HOJA DE DECISIÓN RCM II

Tabla 2- 9. Hoja de decisiones RCM II

Sistema: Equipo Calibrador.																
Subsistema: Área de clasificación, calibración y llenado.																
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 E1 O1	H2 S2 E2 O2	H3 S3 O3 N3	Tareas a falta de			Tareas de mantenimiento	Frecuencia inicial	Realizarse por:	NPR
F	FF	MF	H	S	E	O				H4	H5	S4				
1	1.1	1.1.1	N				N	N	N	S			Realizar un estudio de búsqueda de fallos.	Semanal	Mecánico 1	49
1	1.1	1.1.2	N				N	S					Tareas de reacondicionamiento cíclico. Revisar las condiciones del perno de sujeción.	Semanal	Mecánico 2	60
1	1.2	1.2.1	S	N	N	S	S						Tareas a condición. Chequeo de temperatura. Chequeo de vibraciones. Establecer ruta de lubricación.	Mensual Diaria	Ingeniero en mantenimiento	128
1	1.2	1.2.2	N				N	N	N	S			Realizar un estudio de búsqueda de fallos.	Mensual	Mecánico 1	216
1	1.2	1.2.3	S	N	N	S	S						Tareas a condición. Chequeo de temperatura. Chequeo de vibraciones. Establecer ruta de lubricación.	Mensual Diaria	Ingeniero en mantenimiento	270

1	1.2	1.2.4	S	N	N	S	S						Tarea a condición. Chequear la protección térmica. Chequear nivel de vibraciones.	Semestral Mensual	Electromecánico	112
1	1.3	1.3.1	S	N	N	S	S						Tarea a condición. Chequear nivel de vibraciones. Chequear el estado de los polines.	Mensual Semestral	Ingeniero en mantenimiento. Mecánico 2.	128
1	1.3	1.3.3	N				N	N	N	S			Realizar un estudio de búsqueda de fallos.	Semestral	Electromecánico	84
2	2.1	2.1.1	N				N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico. Realizar calibración del área de pesaje.	Semestral	Técnicos de Siemens	160
3	3.1	3.1.1	S	N	N	S	N	N	S				Tarea de sustitución cíclica. Reemplazar los módulos de luz led por nuevos.	Cada dos años	Técnicos de Siemens	224
3	3.1	3.1.2	N				N	N	N	S			Realizar un estudio de búsqueda de fallos.	Semestral	Ingeniero en mantenimiento	75
3	3.1	3.1.3	S	N	N	S	S						Tarea a condición. Chequear el estado del filtro. Chequear alarma de sobre temperatura.	Semanal Diaria	Mecánico 1	105

Fuente: Elaboración propia, en base a texto RCM II, John Moubray, 2004.

CAPITULO 3: PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS ASOCIADOS

3. PLANIFICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DE COSTOS

El presente capítulo tiene como objetivo principal realizar un estudio a la planificación de las tareas de mantenimiento para la mitigación de las fallas, y el estudio de la evaluación económica de la propuesta del plan de mantenimiento para la empresa. Se presenta la comparativa y las principales ventajas entre la manera de realizar el mantenimiento ya existente de la empresa Desarrollo Agrario y la propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, así como también los resultados esperados de la implementación de RCM. Del estudio técnico realizado, se definió que la planta de la empresa usaría para cada modo de fallo, con un numero de prioridad de riesgo superior a 60, una tarea de mantenimiento adecuada, basada en uno de los tipos de mantenimiento existente: Preventivo, correctivo, o predictivo. La capacidad de la producción es de 34 [ton/h] o 190 [paltas/min], que deben ser transportadas continuamente por las líneas calibradoras hacia el área de llenado de cajas. Para realizar esto actualmente en la empresa se realiza un tipo de mantención correctivo o a la rotura, es decir, cuando el componente deja de funcionar o se rompe, se procede a realizar el cambio por un componente nuevo. Esto se debe a que no existe un plan de mantenimiento por parte del departamento de mantención, y que, trabajando así, se logran en muchos casos las metas de producción propuestas por la gerencia.

Se puede concluir entonces que se desconocen los niveles de producción que puede lograr la empresa empleando un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, lo que por la parte técnica tiene mucho margen de ser provechoso, ya que difícilmente sea perjudicial si se tiene en cuenta la buena predisposición de los operadores, los mecánicos de mantención, los eléctricos, más la disponibilidad de los insumos y repuestos para los equipos que trabajan en el proceso productivo.

Si técnicamente es viable, se parte porque económicamente también lo sea, y para lograr esta comprobación, se realizará el estudio correspondiente de ambas partes, comparando estas con las ya existentes.

3.1. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para llevar a cabo una correcta planificación del mantenimiento debemos tener claro lo siguiente: Se requiere llevar a cabo tareas de mantenimiento proactivo, cambiando la

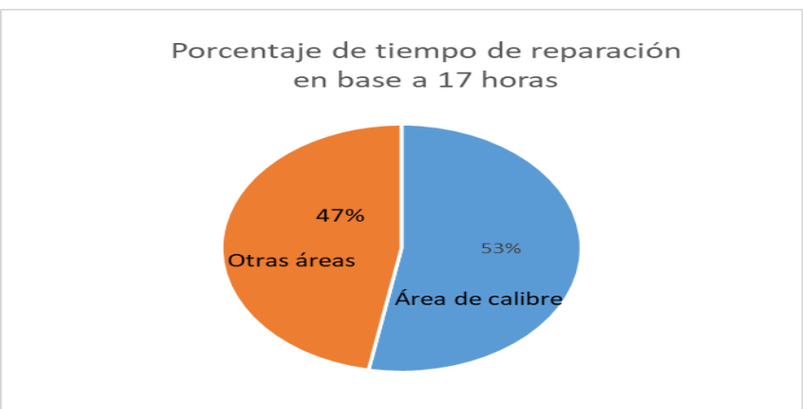
forma de mantención presente en la empresa, para disminuir las mantenciones correctivas y principalmente, aumentar la disponibilidad de los activos.

Tareas como la creación de rutas de lubricación para los motores y reductores, inspecciones de rutina para ver el estado de los componentes de los activos, y aún más importante, generar los procedimientos que den seguridad a quien ejecutara la tarea y que se muestre el paso a paso de realizar la mantención, son de vital importancia para tener un protocolo de seguimiento y registro de lo que se realiza. Las competencias técnicas que requiere el trabajo son de mecánica, rodamientos y lubricación, pudiendo ser en el caso de algunas tareas, competencia técnica hidráulica.

3.1.1. Política de mantenimiento en la empresa

Actualmente en la empresa no existe un plan determinado para realizar reparación a los componentes que fallan. La forma de operar consiste en que, en los tiempos de producción, solamente se realizan reparaciones correctivas a los equipos y componentes, es decir se reparan al fallo. Para esto se cuenta con una sola persona, el electromecánico, encargado de realizar rondas por los equipos. Por otra parte, los operarios, cuentan con un personal de 6 personas, con conocimientos adquiridos por experiencia en la empresa.

Esto sin duda es riesgoso, puesto que, si se cuenta con personas encargadas de realizar inspecciones de rutina en frecuencias de tiempo adecuadas, más el electromecánico, se podrían prevenir fallas funcionales de los equipos, evitando perdidas de producción.



Fuente: Elaboración propia, en base a las horas de reparación total por áreas

Figura 3- 1. Porcentaje de horas de reparación en base a 17 horas

Al desconocer los alcances de producción que pudiese lograr la empresa implementando un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se dice que del modo que hacen su trabajo es suficiente, no percatándose que muchas veces para el tiempo de reparación, suman más tiempo otros factores como reunir las herramientas necesarias, los repuestos, el aviso al mantenedor más el tiempo que llega, que el propio tiempo en el que se repara el activo. Por eso es muy importante contar con más personal de mantenimiento, y no solo con los operadores de máquinas.

3.1.2. Disponibilidad actual en la empresa

El reporte entregado por la empresa comienza desde el 18/10/2020 hasta el 27/01/2021, teniendo un total 15 semanas, las cuales solo 5 días corresponden a días laborales, lo que nos da un total de 75 días, de los cuales se trabaja en jornadas aproximadas de 10 horas por día. Las horas de indisponibilidad fueron de 17, por lo que utilizando la siguiente formula, obtenemos el porcentaje de disponibilidad de la planta en temporada de producción:

$$75\ días \bullet \frac{10\ \text{horas}}{1\ \text{día}} = 750\ horas$$, dividiendo por el tiempo de reparación:

$$Indisponibilidad = \frac{17h}{750h} = 0{,}02267 \bullet 100 = 2{,}27\ \%$$

Podemos concluir entonces que, según las horas de indisponibilidad y las horas de funcionamiento, la empresa cuenta con una disponibilidad de un 97,73%.

Fuente: elaboración propia, en base a datos de bitácora de fallas.

Figura 3- 2. Disponibilidad periodo de producción 2020

3.1.3. Planificación del mantenimiento

La planificación de mantenimiento involucra los tiempos utilizados para realizar el tipo de mantención previsto, la persona encargada de realizarlo, y la tarea que debe ejecutar en el área del equipo que el modo de falla involucre. Es importante realizar un diseño para las tareas y los distintos procedimientos que se deben llevar a cabo para registrar en qué condiciones se encuentra el equipo o componente que se evaluará.

Para lograr una correcta implementación de RCM y un aumento en la disponibilidad de los equipos es necesario que los formatos que se diseñen presenten con claridad los procedimientos y tareas que llevara a cabo el personal de la empresa, registrando la mayor información que puedan para que esta misma sirva como respaldo en un futuro.

Para efectos de la presente planificación se trabajará con registros físicos como lo son hojas de procedimientos y formato de Check List para llevar a cabo las tareas de mantenimiento. Esta pauta de trabajo será realizada asignando tareas en orden de prioridad de riesgo según NPR de los modos de falla, para esto se reordeno la tabla presentada en el capítulo 2 para el FMECA:

Tabla 3- 1. Modos de falla ordenadas por número de prioridad de riesgo

	Modo de falla	Análisis de criticidad			
		Po	So	Pd	NPR
1.2.3	Eje cortado.	3	9	10	270
3.1.1	Módulo de luz led quemada.	4	8	7	224
1.2.2	Fatiga en el rodamiento.	3	8	9	216
2.1.1.	Área de pesaje descalibrada.	2	8	10	160
1.3.1	Rotura de polín.	4	4	8	128
1.2.1	Atascamiento de los engranajes	2	8	8	128
1.3.1	Rotura de polín.	4	4	8	128
1.2.4	Motor eléctrico quemado.	2	8	7	112
3.1.3	Unidad de ventilación ineficaz.	3	7	5	105
1.3.2	Solenoide defectuoso.	6	2	7	84
3.1.2	Cámara interna quemada.	3	5	5	75
1.1.2	Falta de apriete al tensor de piñón.	5	4	3	60
1.1.1	Rotura de carril.	7	1	7	49

Fuente: Elaboración propia, en base a norma SAE J1739

3.1.4 Medidas de seguridad

Para realizar un mantenimiento seguro se debe de seguir un protocolo estricto de seguridad, estos pueden ser divididos en 5 puntos muy importantes de considerar y poner en práctica:

1) Identificar y comunicar las máquinas que necesitan ser aisladas: esto es, incluir todas las fuentes de energía y los puntos de aislamiento. Se debe informar a los supervisores y demás trabajadores en la zona (empleados afectados) que se seccionará el accionamiento de la maquinaria.

2) Apagar la maquinaria y el equipo: Detener la máquina, des energizar el motor, vaciar de presión una manguera, son medidas de control que se deben hacer antes de intervenir el activo (apretar el botón de parada de emergencia, etc.)

3) Aislar todas las fuentes de energía: Liberar toda la energía almacenada, como líquidos, gases o polvo de las bombas, tuberías, presión hidráulica o neumática en caso de existir, vapor, etc. Se debe de poner interruptores de aislamiento en posición OFF (APAGADO) y se debe dejar un ojal o candado que impida o advierta a cualquier tercero de no energizar las maquinas.

4) Seccionar el accionamiento y etiquetar todos los puntos de aislamiento pertinentes: Esto es colocar un ojal o candado en los lugares que sea posible volver a energizar las maquinarias para advertir a cualquier tercero que no debe de energizar la maquinaria, La etiqueta de peligro debe incluir información de contacto del responsable que esté a cargo de la mantención, en caso de cualquier posible problema, se deben dar las explicaciones correspondientes.

5) Intentar “reactivar la planta”: Esto es, con los interruptores en posición OFF, y los motores correspondientes des energizados, pulsar el botón de INICIAR para ver si la maquina arranca o no. Luego de este último paso los agentes de la mantención pueden empezar a realizar las tareas que comprometen la intervención directa del activo.

Además de estos 5 pasos procedimentales existen 5 reglas para el personal que esté involucrado en la mantención, las cuales son:

1) Toda persona que entre en el área de la intervención de las maquinas debe recibir información sobre seguridad y sobre los peligros que representa el movimiento de las piezas.

2) No debe permitirse que personas con ropa suelta y accesorios se acerquen a la maquina ni realicen mantención.

3) El personal que trabaje con la máquina debe llevar puesta ropa adecuada, se prohíbe ropa suelta y los accesorios.

4) El personal que tenga el pelo largo debe llevarlo recogido.

5) El personal que esté trabajando en cintas transportadoras debe estar totalmente informado de los aspectos de seguridad de la calibradora y conocer los peligros de área en que trabaje. Las áreas de peligro deben estar demarcadas con etiquetas o adhesivos, o de ser necesario letreros.

3.2. FORMATO DE LA PAUTA DE TRABAJO

Estipulados los puntos de seguridad para la realización de las tareas y los conocimientos de los peligros existentes al intervenir los equipos, la pauta de trabajo viene a nombrar una serie de pasos que deben poner en práctica quienes vayan a realizarlas.

La pauta de trabajo es de vital importancia, puesto que esta contiene las tareas a realizar, quien la realiza, y un registro del trabajador con su nombre, firma y fecha de realización de la mantención al equipo, y también da las horas hombre que debiesen de ser utilizadas por la persona. Cabe destacar que este tiempo es el tiempo óptimo para la realización de la tarea, pudiendo ser más o menos, según sean las circunstancias en que se encuentre el ambiente de trabajo. Esta pauta marcará un antes y un después en la empresa, teniendo que realizarse a lo largo de los periodos de producción y en una serie de pruebas una vez finalizada la temporada.

En la imagen de la siguiente página se puede observar el formato que tendrá la pauta de trabajo para los trabajadores y el tiempo que tomara realizarlas, en el cual se realizarán las tareas de mantenimiento en orden de prioridad en base al número de prioridad de riesgo para cada modo de falla, pudiendo así establecer una forma determinada de llevar a cabo todas las actividades presentes en la pauta de trabajo. Cabe destacar que las personas contratistas que llevan a cabo las actividades realizaran las tareas en apoyo al ingeniero de procesos y mantenimiento.

A continuación, se presenta el formato de la pauta diseñada para la empresa de desarrollo agrario, la cual involucra las distintas áreas de trabajo que componen al equipo calibrador:

PAUTA DE TRABAJO DE MANTENCIÓN AL EQUIPO CALIBRADOR						
N°	Tarea a realizar	Realiza	Nombre	Firma	Fecha	HH
1	Desenergizar motor eléctrico	Contratista				0,5
2	Interruptores de aislamiento posicion OFF	Contratista				0,5
3	Activar los botones de paradas de emergencia	Contratista				0,5
4	Iniciar la puesta en marcha para comprobar la correcta des energizacion de la maquinaria	Contratista				0,3
5	Inspeccion visual al eje que contiene los piñones transmisores de potencia	Contratista				0,5
6	Comprobar el alineamiento entre el eje y el moto reductor	Contratista				0,5
7	Engrasar los rodamientos	Contratista				2
8	Comprobar que los rodamientos no presenten fisuras o quiebres	Contratista				1
9	Revisar el nivel de aceite del reductor según recomendación de fabricante	Contratista				0,5
10	Chequear el estado de los dientes de los piñones transmisores de potencia que no presenten picadura	Contratista				0,5
11	Chequear el perno tensor de piñon torqueado	Contratista				0,5
12	Chequear que las cadenas que mueven los carriles se encuentren limpias	Contratista				1
13	Chequear el estado de las luces led y reemplazar cada semestre	Contratista				2
14	Comprobar que el filtro de aire del equipo spectrim se encuentre limpio	Contratista				0,3
15	Chequear el estado del ventilador interno de spectrim que no tenga las aspas quebradas o dañadas	Contratista				0,5
16	Chequear la temperatura del sistema moto reductor	Contratista				0,5
17	Inspeccion de nivel de vibracion a rodamientos involucrados en la transmision de potencia a las cadenas	Contratista				0,5
18	Inspección de vibracion a rodamientos de caja reductora	Contratista				0,5
19	Comprobar ausencia de ruidos extraños en sistema moto reductor	Contratista				0,3
20	Comprobar que el área de pesaje se encuentre calibrado	Contratista				2
21	Inspeccionar nivel de vibracion en la cinta transportadora a los polines	Contratista				0,5
22	Comprobar ausencia de ruidos extraños en el sistema de cinta transportadora	Contratista				0,5
23	Revision de la protección térmica del motor eléctrico	Contratista				1
24	Limpieza de filtros de los solenoides presenten en las lineas de calibre	Contratista				8
25	Chequear los pernos base de sujecion del solenoide torqueados	Contratista				1
26	Chequear el estado de las camaras capturadoras de imagen en la unidad de control	Contratista				0,5
27	Comprobar ausencia de ruidos extraños en las lineas de calibre, por posible rotura de carril	Contratista				0,5
	TOTAL HH					26,9

Fuente: Elaboración propia, en base a hoja de decisión RCM II.

Figura 3- 3. Pauta de trabajo por orden de prioridad de riesgo de modos de falla

3.3. CHECK LIST PARA EQUIPO CALIBRADOR

Se diseñan tres hojas de Check List para cada área del equipo calibrador, con el fin de poder registrar si se le realizo la verificación luego de realizar las tareas de mantenimiento, para evitar futuros problemas para la correcta puesta en marcha de los equipos.

A continuación, se muestra el formato de las hojas de Check List para el equipo calibrador y sus áreas:

Desarrollo agrario - Llay Llay - 2021

Check List: Equipo calibrador área clasificación

ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO
1	Verificar luminosidad de las luces led		
2	Verificar funcionamiento de las cámaras		
3	Verificar puesta en marcha de Spectrim		
4	Verificar ventilación del equipo		
5	Verificar pernos de sujeción torqueados		
6	Verificar alineamiento con los carriles		
7	_____		
8	_____		
9	_____		
10	_____		
11	_____		

Observaciones:

_____

_____

_____

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Fuente: Andrés Aránguiz (2013). Check List Agitador 553-28-0286 rev. 3. Concepción, Celulosa Arauco.

Figura 3- 4. Check List para equipo calibrador, área de clasificación

Desarrollo agrario - Llay Llay - 2021

Check List: Equipo calibrador área calibración

ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO
1	Verificar área de pesaje calibrado		
2	Verificar cadenas de transmision tensadas		
3	Verificar aceite de motor		
4	Verificar el área de trabajo limpio		
5	Verificar aceite de reductor		
6	Verificar energía		
7	Verificar alineamiento del eje conductor		
8	Verificar salidas de fruta hacia graneleras		
9	Verificar cadenas limpias		
10	Verificar cinta transportadora		
11	_____		
12	_____		
13	_____		

Observaciones:

_____

_____

_____

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Fuente: Andrés Aránguiz (2013). Check List Agitador 553-28-0286 rev. 3. Concepción, Celulosa Arauco.

Figura 3- 5. Check List para equipo calibrador, área de calibración.

Desarrollo agrario - Llay Llay - 2021

Check List: Equipo calibrador área llenado

ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO
1	Verificar pernos de anclaje torqueados		
2	Verificar area de pesaje calibrada		
3	Verificar aceite de motores		
4	Verificar alineamiento del eje transmisor		
5	Verificar cinta transportadora		
6	Verificar energia		
7	_____		
8	_____		
9	_____		
10	_____		
11	_____		

Observaciones:

_____

_____

_____

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma: _____

Fuente: Andrés Aránguiz (2013). Check List Agitador 553-28-0286 rev. 3. Concepción, Celulosa Arauco.

Figura 3- 6. Check List para equipo calibrador, área de llenado

La creación de estos Check List es de gran importancia para quienes realizan las tareas de mantenimiento a las distintas áreas del equipo calibrador, para que puedan realizar una revisión y registrar cualquier tipo de observación que estos encuentren. Cabe recalcar que se deja un espacio en cada documento con líneas en blanco para que en un futuro uso del Check List, quienes hagan uso puedan agregar alguna otra verificación necesaria para el equipo.

3.4. **COSTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**

En la presente sección se evalúa el costo que tiene llevar a cabo la implementación de las tareas de mantenimiento para mitigar los modos de falla seleccionados y la eficiencia del mantenimiento, involucrando los costos directos, como mano de obra, materiales, contratistas.

El conjunto de tareas nos definirá las horas de tiempo de las tareas a realizar, según sea basada en condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, búsqueda de fallos o correctivo. La empresa se reserva los costos de sueldo o costos hora hombre, por lo que los valores serán justamente aproximados al valor real.

Para este punto entonces se evaluarán los costos que presentan actualmente los modos de fallos seleccionados, traduciéndolos en tiempo e impacto según la forma que afecten el proceso productivo, para así, con la actual forma de realizar el mantenimiento, comparar con las nuevas acciones de mantenimiento propuestas para mitigar los riesgos.

Estrictamente estos modos de fallas, que suman un total de 9 horas, implican una pérdida para la empresa de aproximadamente de 580.000 USD o 15286 UF por periodo de producción.

La moneda utilizada para la presente sección es la unidad de fomento, puesto que es una unidad financiera que se reajusta con la inflación de nuestro país, diariamente su valor asciende, con una tasa de conversión a la fecha 19 de agosto 2021 de $29.835,22 pesos chilenos 1 UF.

A continuación, en la siguiente página, se muestran en la Tabla 3-2. Costos de repuestos y equipos a adquirir, los costos de los materiales e insumos y repuestos necesarios, y en la Tabla 3-3. Costos de mano de obra, los valores de costo total de las HH:

Tabla 3- 2. Costo de repuestos y equipos a adquirir

Repuestos y equipos a adquirir	Precio en pesos	Costo UF	Cantidad
Aceite Transmisión Mobilube Hd Plus 80w90 Gl5 19lts Mobil	$ 65.480	$ 2,21	1
Soporte Descanso Con Rodamiento F 205 (PAR)	$ 22.990	$ 3,08	4
Soporte descanso con rodamiento P206 (unitario)	$ 7.699	$ 2,06	8
Grasa Mobil Mobilux Ep-2 16 Kg	$ 84.990	$ 2,85	1
Perno de anclaje 3/8" x 3" 6 unidades	$ 4.690	$ 0,63	4
Perno 5/32 X 3/4 +Tuerca+Gol 15U	$ 2.290	$ 0,38	5
Perno 3/16X3/4 +Tuerca+Gol 12U	$ 1.890	$ 0,38	6
Pern0 1/4X 1 1/2 +Tuerca+Gol 7U	$ 1.890	$ 0,25	4
Medidor de vibración PCE-VT 1300	$ 384.990	$ 12,90	1
Termodetector Infrarrojo de Superficie hasta 500 ºC Bosch GIS 500	$ 73.200	$ 2,45	1
Set de paños para auto microfibra 8 unidades	$ 3.790	$ 0,51	4
Desengrasante Orgánico bidón 5 litros	$ 12.090	$ 0,41	1
Kit De Pesas De Calibración M2 De 500g, 7 Piezas	$ 32.420	$ 1,09	1
Linterna Potente 900000lúmenes Xhp50 Zoom Led Usb	$ 18.990	$ 2,55	4
TOTAL	$ 717.399	$ 31,75	-

Fuente: elaboración propia, en base a cotización productos nacionales.

Tabla 3- 3. Costos de mano de obra

Costo HH	Personal	Total, Horas	Costo total UF
$ 16.000	Contratista	27	$ 14,5
$ 22.000	Ingeniero de procesos y mantenimiento	27	$ 19,9
	TOTAL	54	$ 34,4

Fuente: Elaboración propia, en base a sueldos aproximados en la empresa.

Este costo de la mano de obra hay que tener en claro, son por llevar a cabo el plan de mantenimiento que se quiere implementar en la empresa Desarrollo Agrario, es por esto que el personal que lo lleva a cabo son contratistas a cargo del ingeniero de procesos y mantenimiento, quien los guiará y se hará responsable de las tareas encomendadas, en conjunto con los trabajadores.

3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE RENTABILIDAD

Si analizamos la prefactibilidad técnica encontramos indicativos bastante positivos para el proyecto de generar este nuevo plan de mantenimiento para la empresa. Esto quiere decir que es posible realizarlo e implementar RCM, siempre y cuando el enfoque selectivo para hacerlo tenga como foco el activo más importante, que en este caso viene siendo el equipo calibrador.

Puntos importantes para la prefactibilidad son la disminución del tiempo que esta fuera de servicio cuando el equipo falla, la menor probabilidad de fallar en el próximo periodo, el periodo actual de vida útil comparado con el anterior, todas estas enfocadas para medir la eficiencia de la aplicación de RCM, teniendo que mejorar de manera sustancial al aplicar Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, mejorando la seguridad de los riesgos operacionales del equipo. Como se puede observar en la figura 3-7. Con la implementación de RCM se pretende lograr un 98,7% de disponibilidad, el cual a modo de ilustrar se genera el grafico circular.

Fuente: Elaboración propia, en base a la mejora pretendida por implementación de RCM.

Figura 3- 7. Disponibilidad esperada para periodo de producción 2021

Si se lograra aumentar la disponibilidad de los equipos en un 1%, que equivale a disminuir los tiempos de parada de 17 a 10 horas, considerando que una hora equivale a $63.295.488 de pesos chilenos, igual a 2.121,5 UF, esto significa para la empresa una ganancia de:

$$7\ [h] \bullet\ 2121{,}5\ \left[\frac{UF}{H}\right] = 14.850{,}5\ UF$$

Considerando los costos para la implementación de el plan de mantenimiento propuesto en el presente trabajo, queda por sumar los costos de insumos y equipos a adquirir que son 31,75 UF, más los costos por los trabajadores y sus costos HH para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, esto es igual a 34,4 UF, lo que hace un total de 66,15 UF en gastos para la implementación.

Considerando que RCM logra aumentar la disponibilidad, y aumenta en 1%, para calcular la rentabilidad del proceso se debe restar el costo total de la implementación del plan de mantención al ingreso total recién visto, entonces:

$$GANANCIA =\ 14850.5\ UF\ -66{,}15\ UF =\ 14.784{,}35\ \text{UF}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A modo de concluir, se logró definir las distintas áreas involucradas para convertir una materia prima en un producto, el cual, mediante diversos procesos como limpieza, secado, clasificación, calibración, y procesos para el llenado de cajas con producto constituyen el total de procesos para cumplir el propósito de la empresa.

La principal problemática de la empresa es la gran ausencia de una planificación adecuada para los activos, lo que genera desorden a la hora de priorizar y mantener los equipos. Se presentó como solución la propuesta de generar de un plan de mantenimiento eficaz con la implementación de RCM, apoyado por las normas SAE J1011 y J1012, así como también de la norma SAE J1739, con el propósito de disminuir la tasa de fallos, aumentando la disponibilidad de los equipos.

Mediante la selección de equipo crítico, jerarquización de los modos de falla, análisis de las funciones primarias y secundarias para realización de FMECA y hoja de decisión RCM II, y asignación de número de prioridad de riesgo para cada modo de falla, se logró comprender de qué forma se deben priorizar ciertas tareas sobre otras.

La prefactibilidad dio como resultado números muy positivos en cuanto a lo económico, teniendo un ingreso por aumentar la meta de disponibilidad de 14.784,35 UF, y que técnicamente se puede llevar a cabo la propuesta, en conjunto con las personas desde la contratación de personal, el área de mantención y operadores de máquinas, hasta la gerencia.

La propuesta resulta beneficiosa para la empresa puesto que el tiempo de detención por las fallas imprevistas producen pérdidas significativas de rentabilidad, además de generar un procedimiento tangible para que los trabajadores involucrados en el proceso de mantención de los activos puedan trabajar de una manera clara y segura al intervenir los equipos.

Finalmente, se puede decir que la aplicación de RCM es siempre eficaz mientras el enfoque sea el correcto, se determine la importancia de un equipo sobre otro, así como también la prioridad de las tareas para mitigar los modos de falla, pero también, es importante mantener la motivación de los trabajadores, los cuales son agentes activos para que se logre una correcta gestión y se lleve a cabo un mantenimiento centrado en la confiabilidad. La evolución de la política de mantenimiento juega un rol importante para que RCM sea perdurable en el tiempo, puesto que los activos y los procesos de los cuales se forma parte están cambiando permanentemente, estas políticas deben adecuarse en estos tiempos para ser válidas. Las personas también cambian, e inevitablemente se

deteriora la actitud de cada uno si no se toman medidas para evitarlo. Preguntas como "¿Ha cambiado el contexto operativo del equipo lo suficiente como para modificar cualquiera de las decisiones tomadas en un inicio del análisis?" o "¿desde el análisis inicial, han ocurrido algunos modos de falla, o efectos de falla que deberían ser registrados en las hojas de trabajo RCM?", son preguntas que nos pueden ayudar a asegurar que la organización continúe aprovechando en su totalidad del ejercicio original.

Se recomienda leer el texto RCM II, de John Moubray, 2004, más las normativas SAE nombradas a lo largo del presente trabajo para familiarizarse más con los conceptos y con el modo de llevar a cabo el proceso de implementación del RCM.

BIBLIOGRAFÍA

Autor Personal

MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability-centred Maintenance) Edición en español, 2004. Traducido por Ellman, Sueiro y Asociados.

Autor Personal

PISTARELLI, Alejandro J. Manual de mantenimiento, Ingeniería, gestión y organización, 1ª ed. Buenos Aires, 2010.

Dos Autores

KKOBBACY, Khairy A.H. y MURTHY, Prabhajar D.N. Complex System Maintenance Handbook. USA, [201-]

ARANGUIZ Garrido, Andrés. 2021. Jerarquización de activos y componentes críticos, generación de diagrama de dispersión logarítmica. Viña del Mar: s/n, 2021.

GONZALES Guzmán, Jorge Luis. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PLANIFICADO PARA LA LÍNEA DE PRODUCCION EN LA EMPRESA LATERCER S.A.C. Memoria (Ingeniero Industrial), Chiclayo, Perú: UCSTM, 2016.

MUÑOZ Ligeti, Fabian Enrique. PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A EQUIPO CRÍTICO EN ÁREA ZONA INTERMEDIA ENAP REFINERÍAS ACONCAGUA. Memoria (Ingeniero de ejecución en mantenimiento industrial), Viña del Mar, Chile. UTFSM, 2017.

ARAOS Pizarro, Matías Nicolas. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO A EQUIPO CRÍTICO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN N°2 DE COCA-COLA EMBONOR S.A, VIÑA DEL MAR. Memoria (Técnico Universitario en Mantenimiento Industrial), Viña del Mar, Chile, UTFSM, 2017.

Society of automotive Engineers, Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance (RCM) Processes. Norma SAE J1011. AGOSTO 1999.

Society of automotive Engineers, Evaluation Criteria for Reliability-centered. A Guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard. Norma SAE J1012. ENERO 2002.

Society of automotive Engineers, Evaluation Criteria for Reliability-centered. Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA). Norma SAE J1739. AGOSTO 2002.

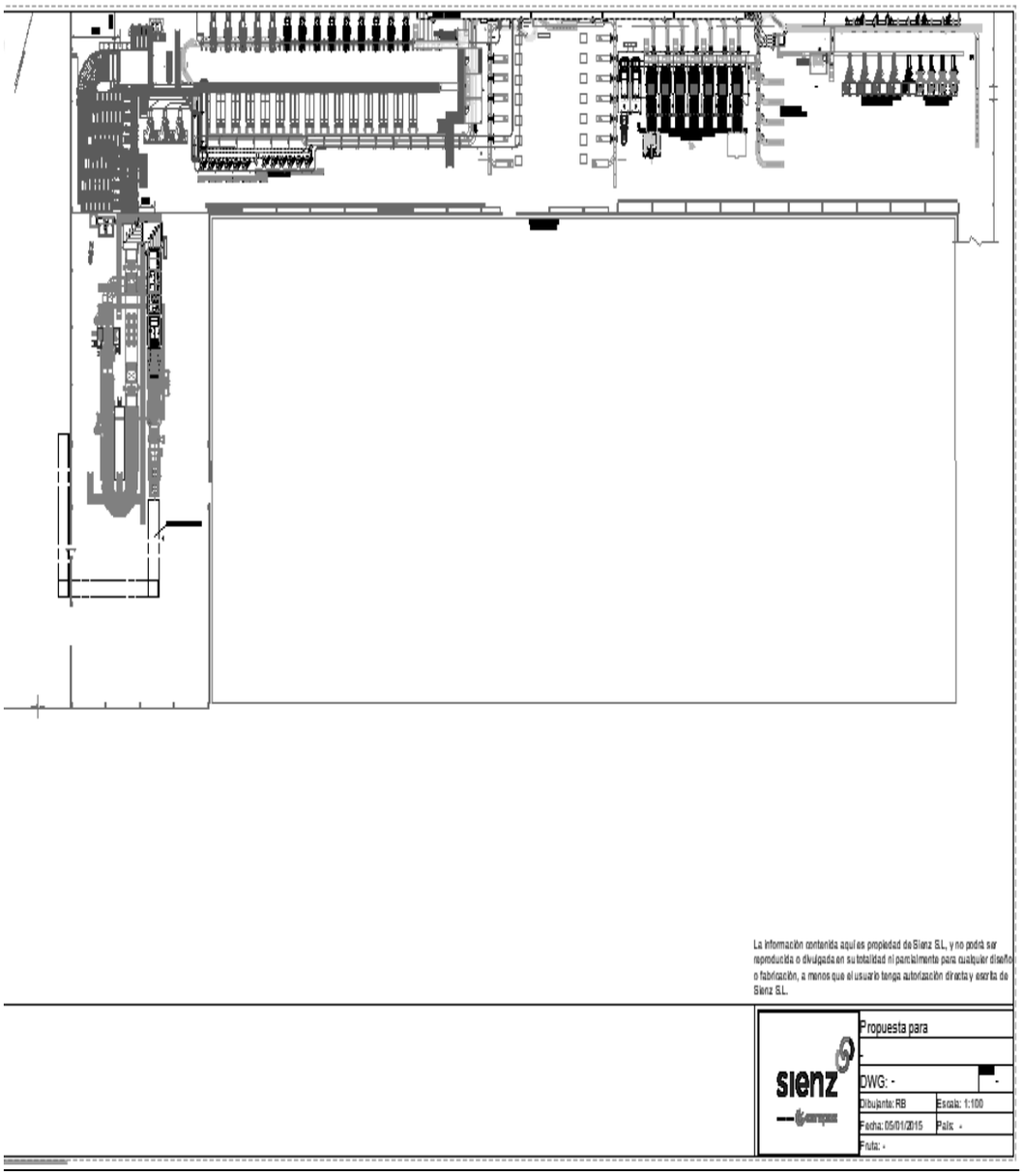
Aguilar-Otero, José R., & Torres-Arcique, Rocío, & Magaña-Jiménez, Diana (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1),15-26. ISSN: 0186-6036. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>

ANEXOS

Tabla para uso de gráfico Jack Knife

Clasificacion de fallas	Cantidad de fallas	tiempo F/S [min]	MTTR [min/falla]
salida de cadena	1	25	25
sobreconsumo	1	15	15
salida de carrier	18	136	8
corte de cinta	2	15	8
salida de polin	1	24	24
falla barredor	3	9	3
sensor suelto	2	20	10
bins atascado en transferencia	4	21	5
fallo en la tela	1	50	50
falla cinta colectora	1	15	15
salida polin	1	10	10
tension cinta salida	1	8	8
corte de cadena	1	20	20
corte de cinta volcador	2	48	24
corte de eje desapilador	1	20	20
corte de union clip escalonada n2	1	45	45
corte union clip	1	5	5
salida tensor de piñon	3	26	9
salida tensor	1	20	20
Espejo roto	1	7	7
falla guardamotor	3	20	7
falla freno motor de silla	3	70	19
falla granelera inhibida	2	9	5
salida tensor de cadena	1	55	55
linea fuera de posicion	1	10	10
motor de cinta de salida sin chaveta	1	15	15
falla motor	2	59	28
fruta atascada en cadena	3	15	5
falla patines	1	18	18
pérdida de ciclo tierra en sensores	4	18	5
pérdida de ciclo	2	17	9
rotura pivote de polin	1	24	24

Plano de la empresa



Bitácora de fallas

Semana	Fecha	linea	Tipo Falla	Falla	Hora Inici	Hora Termin	Total	Observaciones
36	02-sept	Linea 1	Mecánica	Volcador	9:13	9:17	0:04	Sensor mal enfocado
36	03-sept	Linea 1	Mecánica	Salida Carrier	15:03	15:07	0:04	.
36	04-sept	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	8:35	9:25	0:50	.
38	16-sept	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	17:36	18:00	0:24	Salida de polin
38	17-sept	Linea 1	Mecánica	Volcador	17:29	17:31	0:02	Corte de cinta
39	21-sept	Linea 1	Mecánica	Otras Mecanicas	11:44	12:30	0:46	corte de cinta
39	23-sept	Linea 1	Mecánica	Volcador	8:45	9:05	0:20	Corte de cadena
40	02-oct	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	9:10	9:20	0:10	Rotura de polin y desplaza piñon
40	02-oct	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	9:20	10:00	0:40	Rotura de polin y desplaza piñon
40	02-oct	Linea 1	Mecánica	Volcador	12:15	12:35	0:20	Corte de eje desapilador
41	07-oct	Linea 1	Mecánica	falla graneleras	9:48	9:51	0:03	.
42	14-oct	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	10:32	11:01	0:29	rotura de polin
42	14-oct	Linea 1	Mecánica	riel de cajas	11:40	11:42	0:02	detenido
42	15-oct	Linea 1	Mecánica	graneleras	16:55	17:00	0:05	.
43	20-oct	Linea 1	Mecánica	cintas	8:30	8:35	0:05	cintas de salida de m selección con falta d tensi
43	20-oct	Linea 1	Mecánica	cepilladora de paltas	8:48	8:50	0:02	ajuste de perno de piñon en cepilladora
43	21-oct	Linea 1	Mecánica	elevador de paltas	11:10	11:25	0:15	sobreconsumo
43	21-oct	Linea 1	Mecánica	puente de pesaje	11:55	12:04	0:09	palta atascada bajo el puente
43	21-oct	Linea 1	Mecánica	Volcador	14:55	15:15	0:20	falla motor de silla
43	21-oct	Linea 1	Mecánica	Volcador	17:10	18:00	0:50	CAMBIO DE TELA
44	26-oct	Linea 1	Mecánica	LAVADORA DE BINS	10:27	10:30	0:03	TERMICO
44	27-oct	Linea 1	Mecánica	LAVADORA DE BINS	9:38	9:41	0:03	MOTOR MALO
44	28-oct	Linea 1	Mecánica	riel de cajas	8:10	9:10	1:00	motor malo
44	28-oct	Linea 1	Mecánica	riel de cajas	9:57	10:00	0:03	MOTOR MALO
44	28-oct	Linea 1	Mecánica	Volcador	15:50	16:10	0:20	FALLA FRENO DE MOTOR DE SILLA
45	02-nov	Linea 1	Mecánica	Volcador	8:10	8:40	0:30	FALLA FRENO DE MOTOR DE SILLA
45	04-nov	Linea 1	Mecánica	Calibrador comercial	11:30	11:54	0:24	ROTURA PIVOTE DE POLIN
45	04-nov	Linea 1	Mecánica	CINTA COLECTORA CITRICOS Y PALTAS	14:45	15:00	0:15	CINTA TRABADA
45	05-nov	Linea 1	Mecánica	Volcador	10:43	10:45	0:02	.
46	10-nov	LINEA 1	Mecánica	Salida Carrier	12:30	12:35	0:05	VIA 5
46	10-nov	LINEA 1	Mecánica	RIEL TERRESTRE	16:45	16:50	0:05	.
46	11-nov	LINEA 1	Mecánica	RIEL TERRESTRE	8:24	8:26	0:02	ERROR DE LECTURA EN PALLLETIZAJE
46	13-nov	LINEA 1	Mecánica	cepilladora de paltas	8:20	8:25	0:05	.
46	13-nov	LINEA 1	Mecánica	Salida Carrier	9:40	9:45	0:05	FRONT CRASH
47	16-nov	LINEA 1	Mecánica	ALL TIPS	12:25	12:30	0:05	
47	18-nov	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR	10:25	10:40	0:15	SENSOR ALL TIPS SUELTO
47	18-nov	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR	10:50	10:55	0:05	SENSOR ALL TIPS SUELTO
47	19-nov	LINEA 1	Mecánica	Volcador	8:45	8:50	0:05	
48	26-nov	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	10:35	10:55	0:20	SE ROMPE POLIN PLASTICO
48	27-nov	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	10:27	10:37	0:10	
50	30-nov	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR	8:00	8:17	0:17	SENSOR FRONT CRASH
50	01-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	8:35	8:40	0:05	ESPEJO ROTO
50	01-dic	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR COMERCIAL	11:15	11:30	0:15	POLIN ROTO
50	02-dic	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	9:28	9:38	0:10	POLIN ROTO
50	03-dic	LINEA 1	Mecánica	RIEL TERRESTRE	15:10	15:20	0:10	
50	03-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	17:30	17:42	0:12	BINS ATASCADO EN TRASFERENCIA
50	03-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	17:47	17:51	0:04	PERDIDA DE CICLO TIERRA EN SENSORES
50	03-dic	LINEA 1	Mecánica	VENTILADORES AXIALES	18:20	18:30	0:10	FALLA EN GUARDAMOTOR
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	9:30	9:37	0:07	PERDIDA DE CICLO TIERRA EN SENSORES
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	10:06	10:08	0:02	PERDIDA DE CICLO TIERRA EN SENSORES
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	10:08	10:11	0:03	BINS ATASCADO EN TRASFERENCIA
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	10:11	10:16	0:05	PERDIDA DE CICLO
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	VENTILADORES AXIALES	10:50	10:56	0:06	FALLA GUARDAMOTOR
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	11:04	11:07	0:03	BINS ATASCADO EN TRASFERENCIA
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	LAVADORA DE BINS	11:40	11:53	0:13	PERDIDA DE CICLO
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	12:40	12:43	0:03	BINS ATASCADO EN TRASFERENCIA
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	graneleras	15:47	15:53	0:06	INHIBIDAS
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	graneleras	16:10	16:13	0:03	INHIBIDAS
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	LAVADORA DE BINS	16:15	16:19	0:04	PERDIDA DE CICLO
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	CINTAS	16:52	16:55	0:03	CINTA TRANSVERSAL DE PALTAS DETENIDA
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	17:49	17:52	0:03	BINS ATASCADO
50	04-dic	LINEA 1	Mecánica	VENTILADORES AXIALES	18:08	18:12	0:04	FALLA GUARDAMOTOR
51	10-dic	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	15:00	15:15	0:15	POLIN ROTO
51	10-dic	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR	17:20	17:33	0:13	SALIDA TENSOR DE PIÑON EN VIA 10
51	11-dic	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR COMERCIAL	9:20	9:23	0:03	
51	11-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	10:30	10:35	0:05	
51	11-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	11:20	11:25	0:05	
51	11-dic	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR	12:00	12:10	0:10	FRONT CRASH
52	14-dic	0	Mecánica	CALIBRADOR COMERCIAL	10:33	11:00	0:27	POLIN ROTO
52	14-dic	LINEA 1	Mecánica	CALIBRADOR COMERCIAL	12:05	12:10	0:05	paltas dentro de la cadena y tubos
52	14-dic	LINEA 1	Mecánica	RIEL TERRESTRE	12:26	12:28	0:02	
52	15-dic	LINEA 1	Mecánica	calibrador	14:40	14:41	0:01	falta de carrier
52	16-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	9:36	9:46	0:10	salida polin elevador superior
52	17-dic	LINEA 1	Mecánica	cinta escalonada	11:40	12:45	1:05	corte de union clip escalonada n2
52	18-dic	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	15:42	16:05	0:23	POLIN ROTO
52	18-dic	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	17:10	17:45	0:35	POLIN ROTO
53	21-dic	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:15	15:19	0:04	salida de carrier
53	23-dic	LINEA 1	Mecánica	calibrador	9:20	9:45	0:25	salida cadena via 10
54	29-dic	LINEA 1	Mecánica	RIEL TERRESTRE	8:55	9:00	0:05	se detiene
54	29-dic	LINEA 1	Mecánica	Volcador	9:12	9:15	0:03	tela del volcador desplazada
55	06-ene	LINEA 1	Mecánica	llenador de bins	10:34	10:36	0:02	detenido
55	06-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	16:45	16:50	0:05	salida de carrier
55	06-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	16:55	17:05	0:10	salida de carrier
56	11-ene	LINEA 1	Mecánica	Volcador	9:00	9:18	0:18	patines de volcador en mal estado
56	12-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	17:35	17:40	0:05	salida de carrier
56	13-ene	LINEA 1	Mecánica	Calibrador comercial	15:00	15:20	0:20	POLIN ROTO
56	13-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	16:57	17:03	0:06	salida de carrier
56	13-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	17:20	17:25	0:05	salida de carrier
56	13-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	18:22	18:25	0:03	salida de carrier
56	13-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	19:00	19:06	0:06	salida de carrier
56	14-ene	LINEA 1	Mecánica	linea fuera de posicion	8:00	8:10	0:10	linea fuera de posicion
56	14-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:00	15:05	0:05	salida de carrier
56	15-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	11:00	11:55	0:55	salida tensor de cadenas via 7
56	15-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:40	15:45	0:05	salida de carrier
57	18-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	10:40	11:15	0:35	salida de carrier via 10
57	18-ene	LINEA 1	Mecánica	cepilladora de paltas	17:13	17:18	0:05	barredor en falla
57	20-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	9:05	9:25	0:20	salida tensor via 10
57	20-ene	LINEA 1	Mecánica	cepilladora de paltas	12:58	13:00	0:02	barredor en falla
57	20-ene	LINEA 1	Mecánica	llenador de bins	15:25	15:30	0:05	corte union clip
57	20-ene	LINEA 1	Mecánica	cepilladora de paltas	16:08	16:10	0:02	barredor en falla
57	21-ene	LINEA 1	Mecánica	Volcador	10:45	11:00	0:15	motor de cinta de salida de volvador sin chabet
57	21-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:00	15:05	0:05	salida de carrier
57	21-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:33	15:40	0:07	salida de carrier
57	22-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	8:15	8:25	0:10	salida de carrier
58	26-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	13:00	13:10	0:10	salida de carrier
58	26-ene	LINEA 1	Mecánica	calibrador	15:30	15:40	0:10	salida de carrier

FMECA

SISTEMA						
Área de calibracion de fruta						
	Funcion		Falla funcional		Modo de falla	Efectos de la falla
1	Transportar 34 toneladas por hora de fruta desde el equipo calibrador hacia el área de llenado de cajas o bins.	1.1	No se transporta la fruta en los niveles esperados de producción.	1.1.1	Rotura de carril.	Se emite sonido por el roce entre carril y linea de transporte.
				1.1.2	Falta de apriete al tensor de piñon.	Se emite sonido al realizarse un giro el eje.
		1.2	Totalmente incapaz de transportar fruta.	1.2.1	Atascamiento de los engranajes	Ruido en el equipo.
						Niveles de vibracion muy alta en el equipo.
						Fugas de aceite.
				1.2.2	Fatiga en el rodamiento.	Niveles de vibracion muy alta en el equipo.
						Ruido en el equipo.
				1.2.3	Eje cortado.	Grietas en la superficie.
				1.2.4	Motor eléctrico quemado.	Se visualiza humo del motor y olor a quemado
						Corriente circulante en las fases del motor mayor a la nominal
		1.3	Incapaz de llenar de buena forma cajas con el producto.	1.3.1	Rotura de polín.	Desgaste superficial del polín.
						Niveles de vibracion muy alta en el equipo.
						Grietas en el polín.
						Ruido en el equipo.
				1.3.2	Área de pesaje descalibrado.	Alarma en interfaz HMI de la maquina
				1.3.3	Solenoide defectuoso.	Exceso de tiempo para llenar las cajas.
2	Calibrar paltas según rango de pesos: calibre 50 (>300[g]), calibre 60 (180-300[g]), calibre 70 (150-179[g]).	2.1	La fruta no es calibrada.	2.1.1	Área de pesaje descalibrada.	Alarma a sistema de control línea descalibrada.
3	Clasificar la fruta mediante spectrim por tamaño, forma y manchas superficiales.	3.1	El equipo no es capaz de clasificar la fruta.	3.1.1	Módulo de luz led quemada.	Alarma en interfaz HMI hombre-máquina.
				3.1.2	Cámara interna quemada.	Alarma en interfaz HMI hombre-máquina.
				3.1.3	Unidad de ventilacion ineficaz.	Filtro tapado.
						Alarma en interfaz HMI sobretemperatura del dispositivo.

Modo de falla	Analisis de criticidad			
	Ocurrencia	Severidad	Detectabilidad	NPR
Rotura de carril.	7	3	10	210
Falta de apriete al tensor de piñon.	5	4	3	60
Atascamiento de los engranajes	2	7	7	98
	3	8	10	240
	4	8	7	224
Fatiga en el rodamiento.	3	8	9	216
	3	8	9	216
Eje cortado.	3	9	10	270
Motor eléctrico quemado.	2	8	8	128
	3	8	5	120
Rotura de polín.	5	3	9	135
	4	4	6	96
	3	4	10	120
	4	4	10	160
Área de pesaje descalibrado.	1	2	4	8
Solenoide defectuoso.	6	2	7	84
Área de pesaje descalibrada.	2	8	10	160
Módulo de luz led quemada.	4	8	7	224
Cámara interna quemada.	3	5	5	75
Unidad de ventilacion ineficaz.	3	7	5	105
	3	8	5	120

PRECIO DE LA UF A PESO CHILENO 2021

Día	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1	29.069,39	29.126,55	29.294,68	29.396,67	29.498,06	29.617,07	29.712,80	29.758,60	29.942,78
2	29.068,46	29.129,37	29.301,98	29.398,56	29.501,98	29.620,88	29.715,77	29.759,56	29.950,47
3	29.067,52	29.132,18	29.309,28	29.400,45	29.505,91	29.624,70	29.718,73	29.760,52	29.958,17
4	29.066,58	29.135,00	29.316,58	29.402,35	29.509,84	29.628,51	29.721,70	29.761,48	29.965,87
5	29.065,64	29.137,81	29.323,89	29.404,24	29.513,76	29.632,33	29.724,67	29.762,44	29.973,58
6	29.064,70	29.140,63	29.331,19	29.406,14	29.517,69	29.636,15	29.727,64	29.763,40	29.981,28
7	29.063,76	29.143,44	29.338,50	29.408,04	29.521,62	29.639,96	29.730,60	29.764,36	29.988,99
8	29.062,83	29.146,26	29.345,81	29.409,93	29.525,55	29.643,78	29.733,57	29.765,32	29.996,70
9	29.061,89	29.149,08	29.353,12	29.411,83	29.529,48	29.647,60	29.736,54	29.766,28	30.004,41
10	29.064,70	29.156,34	29.355,01	29.415,74	29.533,28	29.650,56	29.737,50	29.773,93	
11	29.067,51	29.163,61	29.356,90	29.419,66	29.537,09	29.653,52	29.738,46	29.781,59	
12	29.070,32	29.170,87	29.358,80	29.423,57	29.540,89	29.656,48	29.739,42	29.789,24	
13	29.073,13	29.178,14	29.360,69	29.427,49	29.544,69	29.659,44	29.740,38	29.796,90	
14	29.075,93	29.185,41	29.362,58	29.431,41	29.548,50	29.662,41	29.741,33	29.804,56	
15	29.078,74	29.192,68	29.364,47	29.435,32	29.552,30	29.665,37	29.742,29	29.812,22	
16	29.081,55	29.199,96	29.366,37	29.439,24	29.556,11	29.668,33	29.743,25	29.819,89	
17	29.084,36	29.207,23	29.368,26	29.443,16	29.559,92	29.671,29	29.744,21	29.827,55	
18	29.087,18	29.214,51	29.370,15	29.447,07	29.563,72	29.674,25	29.745,17	29.835,22	
19	29.089,99	29.221,79	29.372,04	29.450,99	29.567,53	29.677,22	29.746,13	29.842,89	
20	29.092,80	29.229,07	29.373,94	29.454,91	29.571,34	29.680,18	29.747,09	29.850,56	
21	29.095,61	29.236,35	29.375,83	29.458,83	29.575,15	29.683,15	29.748,05	29.858,23	
22	29.098,42	29.243,64	29.377,72	29.462,75	29.578,96	29.686,11	29.749,01	29.865,91	
23	29.101,23	29.250,92	29.379,62	29.466,67	29.582,77	29.689,07	29.749,97	29.873,59	
24	29.104,04	29.258,21	29.381,51	29.470,59	29.586,57	29.692,04	29.750,92	29.881,27	
25	29.106,86	29.265,50	29.383,41	29.474,52	29.590,39	29.695,00	29.751,88	29.888,95	
26	29.109,67	29.272,79	29.385,30	29.478,44	29.594,20	29.697,97	29.752,84	29.896,63	
27	29.112,48	29.280,09	29.387,19	29.482,36	29.598,01	29.700,93	29.753,80	29.904,32	
28	29.115,30	29.287,38	29.389,09	29.486,29	29.601,82	29.703,90	29.754,76	29.912,01	
29	29.118,11		29.390,98	29.490,21	29.605,63	29.706,87	29.755,72	29.919,70	
30	29.120,92		29.392,88	29.494,13	29.609,44	29.709,83	29.756,68	29.927,39	
31	29.123,74		29.394,77		29.613,26		29.757,64	29.935,08	