

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSE MIGUEL CARRERA**

**PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO
EN CONFIABILIDAD DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE
TOMATES.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA
DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumnos:

Álvaro Ignacio Contreras Román

Fernando Andrés Contreras Salinas

Profesor Guía:

Ing. José Carvallo Basáez

DEDICATORIA

Alvaro:

Quiero agradecer y dedicar este trabajo a mis padres Vero y Maxi, a mi hermana Valentina por ser quienes siempre estuvieron para mí, apoyándome desde que tengo memoria y siguiéndome en cada decisión que tomé, a mi polola Coni que durante mi proceso universitario jamás dejó de creer en mí y mis capacidades de poder lograr lo que quisiera, a mi perro Loki, que desde que llegó me ayudó a seguir adelante en muchas ocasiones. Agradecer a mi Abuela Ida, Tía Lela y mi prima Noe, que nunca dejaron de preguntarme como me iba en la U y me deseaban lo mejor siempre. Agradecer a mi Segunda Familia, mi mamá María, mi Tata Loncho y mis hermanos Carlos y Alex que a pesar de que los dejé de visitar a menudo jamás los olvidé por lo que este logro también va dedicado a ellos ya que son quienes me vieron crecer y quienes siempre querrán lo mejor para mí. A mis amigos de infancia, que siguen conmigo, celebrando y apoyando cada suceso importante por el que pasé, mi mejor amigo Gabriel que siempre estuvo ahí para lo que quisiera. Y, por último, pero no menos importante, a todas las personas con las que me crucé durante mi proceso en la universidad, donde muchos se transformaron en grandes amigos y hermanos, en especial a mis compas Puerto y Antofa.

Fernando:

Agradezco a Dios por darme salud, a mis padres por ser un apoyo en la toma de decisiones en los momentos buenos y malos, por el amor incondicional que me dan. A mi polola por ser un pilar fundamental en estos últimos años y por todo el cariño que me brinda. A mis compañeros y amigos que acompañaron en este ciclo universitario. Y mi perrita milagros Antonella por acompañarme siempre en momentos tristes. A todos y cada uno de ellos muchas gracias por ayudar a cumplir una de las metas más grande en mi vida que es ser profesional en lo que amo

RESUMEN

El propósito de este trabajo se enfoca en entregar una propuesta de mantenimiento a la empresa C&A CIA, dedicada a la agricultura, permitiendo mantener los estándares de calidad y asegurando su posición ante los clientes y frente a la competencia.

La propuesta tiene como objetivo general implementar un plan de mantenimiento preventivo a través de la metodología RCM para la máquina clasificadora de tomates, poniendo en práctica herramientas que permitan el aumento de la disponibilidad del activo con la finalidad de reducir costos directos e indirectos de mantenimiento.

C&A CIA cuenta con una línea de producción de la cual se levanta información técnica, con ayuda del operador y del encargado de la máquina, para entender el contexto en el que trabaja. Identificado los antecedentes necesarios para desarrollar la implementación del RCM, la Norma SAE JA 1011, SAE JA 1012, SAE J 1739 entrega los requerimientos mínimos para el proceso de implantación del RCM a través del análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (FMECA) y sus 5 pasos fundamentales: definición de la intención de diseño, análisis funcional SIPOC, identificación de modos de fallas, efectos de la falla y jerarquización de modos de falla. Posterior a esto se determinaron 18 modos de fallas del cual el 95% corresponden a fallas preventivas identificadas en el proceso de decisión RCM extraídos del libro de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II. Establecida las actividades de mantenimiento asociada a cada modo de falla se procede a la elaboración del instructivo de mantenimiento, carta de lubricación y plan maestro del activo.

Finalmente, en base a todos los análisis realizados se evalúa la viabilidad mediante un estudio técnico-económico que evidencia un incremento en los costos de mantenimiento casi tres veces al actual, sin embargo, los resultados afectarían positivamente a los tiempos de indisponibilidad de la máquina, reduciéndola a lo menos un 6,6%, permitiendo que los ahorros sean mayores que los gastos aplicados. Transformando la propuesta en una opción viable en estos momentos para la empresa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y EQUIPO ..	13
1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y EQUIPO	14
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA:	14
1.1.1 MISIÓN:.....	15
1.1.2 VISIÓN:	15
1.1.3 INFORMACIÓN PRELIMINAR:	15
1.1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	15
1.2 PROCESO PRODUCTIVO.....	18
1.2.1 PLANIFICACIÓN	18
1.2.2 CULTIVO.....	19
1.2.2.1 ARADO DEL SUELO	19
1.2.2.2 ENREJADO DE HORTALIZAS	20
1.2.2.3 INVERNADERO	21
1.2.2.4 MÉTODO DE RIEGO	21
1.2.2.5 POLINIZACIÓN.....	23
1.2.2.6 COSECHA	23
1.2.3 SELECCIÓN	24
1.2.4 CALIBRADO.....	24
1.2.5 PESAJE	25
1.2.6 ALMACENAJE	25
1.2.7 DESPACHO	25
1.3 MÁQUINA CALIBRADORA	26
1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO.	26
1.3.1.1 CINTA ELEVADORA:	27
1.3.1.2 CEPILLOS CILÍNDRICOS:.....	28
1.3.1.3 PLATAFORMA DE MALLAS DE CALIBRACIÓN.	28
1.3.1.4 CINTAS DE SALIDA:.....	29
1.3.2 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.....	29
1.4 MARCO GENERAL	30
1.4.1 ESTRATEGIA ACTUAL DE MANTENIMIENTO	31
1.4.2 PROBLEMÁTICA.....	31
1.4.2.1 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
1.4.2.2 MANUAL DE INSTRUCCIONES DE LA MÁQUINA.....	31
1.4.2.3 HISTORIAL DE FALLAS	31

1.4.2.4	DÉFICIT DEL PERSONAL EN SU CAPACIDAD DE MANTENCIÓN	32
1.4.2.5	SIN STOCK DE REPUESTOS.....	32
1.4.2.6	CONTEXTOS OPERACIONALES	32
1.4.3	ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA	32
2	ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	34
2.1	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL RCM.....	35
2.1.1	DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DE DISEÑO	36
2.1.2	ANÁLISIS SIPOC	37
2.1.2.1	FUNCIÓN PRIMARIA:.....	38
2.1.2.2	FUNCIONES SECUNDARIAS:	38
2.1.3	IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA	38
2.1.4	EFECTOS DE LA FALLA.....	39
2.1.5	JERARQUIZACIÓN DE MODOS DE FALLA	39
2.1.5.1	SEVERIDAD	40
2.1.5.2	OCURRENCIA	41
2.1.5.3	DETECTABILIDAD.....	42
2.1.6	DESARROLLO DEL ANÁLISIS FMECA	42
2.2	PROCESO DE DECISIÓN DE RCM.....	48
2.2.1	HOJA DE DECISIONES	50
2.3	PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	53
2.3.1	MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO	53
2.3.2	ELABORACIÓN DEL INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO.....	54
2.3.3	CARTA DE LUBRICACIÓN.....	56
2.3.4	PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	58
3	EVALUACIÓN ECONÓMICA A LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.	61
3.1	COSTOS DIRECTOS DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO 62	
3.1.1	COSTO MANO DE OBRA	62
3.1.2	COSTO DE HERRAMIENTAS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	63
3.1.3	COSTOS DE INSUMOS Y MATERIALES DE REPUESTOS	65
3.2	COSTOS POR PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN	66
3.3	COSTOS TOTALES.....	67
3.3.1	COSTOS TOTALES CON Y SIN IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Empresa C&A CIA

Figura 1-2: Ubicación geográfica C&A CIA.

Figura 1-3: Organigrama empresa C&A CIA.

Figura 1-4: Diagrama de proceso productivo.

Figura 1-5: Cultivo de tomates.

Figura 1-6: Arado del terreno.

Figura 1-7: Red de enrejado.

Figura 1-8: Invernadero.

Figura 1-9: Líneas de riego.

Figura 1-10: Polinización por abejorro.

Figura 1-11: Calibradora de tomates.

Figura 1-12: Almacén de tomates.

Figura 1-13: Cinta elevadora

Figura 1-14: Cepillos cilíndricos.

Figura 1-15: Plataforma de mallas de calibración.

Figura 1-16: Componentes de máquina calibradora

Figura 2-1: Preguntas del proceso de RCM.

Figura 2-2: Pasos para implementación FMECA.

Figura 2-3: Diagrama de decisión RCM II

Figura 2-4: Instructivo de mantenimiento

Figura 2-5: Carta de lubricación de máquina calibradora.

Figura 3-1: Esquema de costos de mantenimiento preventivo

Figura 3-2: Gráfico de barras comparación de costos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Datos generales de la máquina calibradora

Tabla 2-1: Parámetros de producción

Tabla 2-2: Análisis SIPOC de máquina calibradora

Tabla 2-3: Severidad de falla

Tabla 2-4: Ocurrencia de falla

Tabla 2-5: Detectabilidad de falla

Tabla 2-6: Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad.

Tabla 2-7: Número de prioridad de riesgos

Tabla 2-8: Hoja de decisiones

Tabla 2-9: Plan maestro de mantenimiento

Tabla 3-1: Costos mano de obra

Tabla 3-2: Costos de herramientas

Tabla 3-3: Costos de EPP

Tabla 3-4: Costos de insumos

Tabla 3-5: Costos de repuestos

Tabla 3-6: Utilidad de implementación de plan de mantenimiento

Tabla 3-7: Costo total anual de plan de mantenimiento

Tabla 3-8: Comparación de costos de implementación

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

RCM	:	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
CIA	:	Compañía
HDPE	:	Polietileno de Alta Densidad
PVC	:	Policloruro de vinilo
SAE	:	Sociedad de Ingenieros Automotrices
FMECA	:	Análisis de Modos de Fallos, Efecto y Criticidad
SIPOC	:	Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente
NPR	:	Numero de Prioridad de Riego
EPP	:	Elementos de protección personal
HH	:	Horas hombre
UF	:	Unidad de fomento
Cr-V	:	Cromo vanadio
CC	:	Corriente continua
CA	:	Corriente alterna
PIB	:	Producto interno bruto

SIMBOLOGÍA

km	:	Kilómetro
m	:	Metro
°C	:	Grado Celsius
hp	:	Caballos de fuerza
v	:	Voltaje
a	:	Amperaje
m ³ /h	:	Caudal
L	:	Litro
kg	:	Kilogramo
ton/h	:	Toneladas por hora
cajas/h	:	Cajas por hora
ml	:	Mililitros
kW	:	Kilovatio
kHz	:	Kilohercio

Lbf/ft	:	Libra fuerza pie
Nm	:	Newton metro
cc	:	Centímetro cúbico

INTRODUCCIÓN

El rubro de agricultura presente en Chile destaca debido a su importancia económica nacional como internacional por su aporte al PIB, el cual ronda el 4,7%, demostrando su constante crecimiento en producción de frutas, verduras u hortalizas. Dentro de la quinta región es notable el desarrollo de distintos proyectos entorno a la agricultura, mostrando cada vez más avances tecnológicos que aportan al crecimiento de la industria.

La empresa C&A CIA es una organización centrada en la producción y comercialización de hortalizas, específicamente tomates larga vida. Dentro del rubro existen otras empresas ligadas a lo mismo, por lo que la búsqueda de los estándares de calidad es un objetivo fijo dentro de la misión y visión de la empresa.

C&A CIA cuenta con una serie de procesos productivos donde cualquier dificultad que se presente puede ocasionar costos no contemplados dentro de la producción, además, no cumplir los objetivos con respecto a la calidad entregada al cliente. La automatización de ciertos procesos ayuda a mantener los estándares de cantidad y calidad necesarias, haciendo indispensable mantener en condiciones óptimas cada equipo presente en el proceso. Actualmente la empresa cuenta con un personal de mantenimiento encargado de estos equipos, donde la aplicación del mantenimiento es netamente correctiva y la ausencia de un plan de mantenimiento crea escenarios donde una falla puede ser catastrófica en términos económicos. Debido a esto, la implementación de un análisis RCM es una propuesta que se adecúa y se hace necesaria para prolongar la vida útil de los equipos, minimizando cualquier inconveniente y problema que pueda presentarse durante el trabajo, reduciendo costos y asegurando la integridad del equipo y del personal a cargo.

Debido a que este método es una iniciativa dentro de la empresa, se requiere también realizar un estudio técnico económico para evaluar la viabilidad de la propuesta como también su implementación temprana y futura.

OBJETIVO GENERAL

- Proponer plan de mantenimiento por medio de la metodología RCM para la máquina clasificadora de tomates de la empresa C&A CIA con el fin de aumentar la disponibilidad del activo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir máquina clasificadora de tomates considerando sus características técnicas y funcionamiento por medio de un estudio técnico para la identificación de los subcomponentes y problemáticas que afectan al equipo.
- Elaborar plan de tareas de mantenimiento mediante el análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (FMECA) con el fin de evitar futuras anomalías e imprevistos.
- Evaluar la viabilidad económica de la propuesta mediante un estudio técnico y una valorización del plan frente a costos y beneficios para su futura implementación.

CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y EQUIPO

1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA Y EQUIPO

El desarrollo de este capítulo se basará en la descripción y análisis de los antecedentes generales de la empresa, su actividad como organización y otros aspectos que influyan en el desarrollo de la producción para determinar el contexto operacional y el funcionamiento del equipo crítico, realizando un estudio técnico que abarcará todas las condiciones y problemas que se deben considerar al efectuar un plan de mantenimiento para la realización del proyecto.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA:

La empresa C&A se creó el año 2008, formándose con el propósito de realizar trabajos agrícolas en la región de Valparaíso, específicamente entre Limache y Quillota. Siendo “Agricultor en Hortalizas” la clasificación de su giro comercial, particularmente en la producción de tomates. En la figura 1-1, se muestra desde una vista aérea el complejo de invernaderos que conforman C&A.

La organización cuenta con 20 trabajadores de planta los cuales están capacitados para el desarrollo de la producción y administración, exceptuando ciertas actividades desarrolladas por externos.



Fuente: Elaboración propia, imagen aérea tomada en empresa C&A.

Figura 1-1: Empresa C&A CIA

1.1.1 Misión:

Ser una empresa productora y comercializadora de tomates larga vida enfocada en cumplir estándares de calidad, y así satisfacer las necesidades de todos nuestros clientes, asimismo, a través de un buen servicio lograr que nos prefieran frente a la competencia.

1.1.2 Visión:

Consolidarse como una de las empresas más destacadas por su compromiso con la comercialización de un producto y su servicio de calidad, además de contar con una buena fidelización entre los clientes enfocada a ventas seguras hacia el futuro.

1.1.3 Información preliminar:

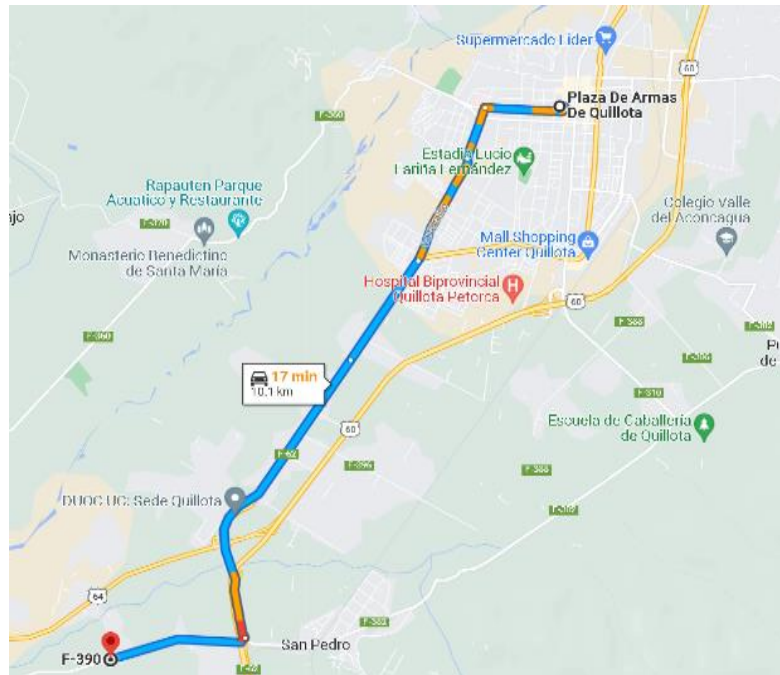
Los comienzos de la empresa nacen como una necesidad del dueño de realizar alguna actividad laboral posterior a terminar una carrera militar. Teniendo un inicio complicado debido a la inexperticia en el rubro. Si embargo durante el tiempo y también contando con el apoyo de profesionales se logró consolidar como una empresa estable adquiriendo elementos que facilitaron el crecimiento manteniéndola vigente hasta la actualidad.

1.1.4 Ubicación geográfica

A&C se encuentra en la localidad de San Pedro, 10 km al sur de la provincia de Quillota en la región de Valparaíso, más específicamente a 200 m de la rotonda de San Pedro. Ver figura 1-2.

Una de las características de esta zona es poseer un clima seco con temperaturas moderadas, circundando en una máxima promedio de 26 °C y mínima de 13 °C. [ver ANEXO A: TEMPERATURA PROMEDIO EN QUILLOTA] Obteniendo una de las condiciones óptimas para la producción de tomates, debido a que la temperatura ideal ronda entre los 18 °C y 30 °C.

El sector cuenta con un sistema de capas freáticas de las cuales se extrae el agua para alimentar hídricamente las plantaciones.



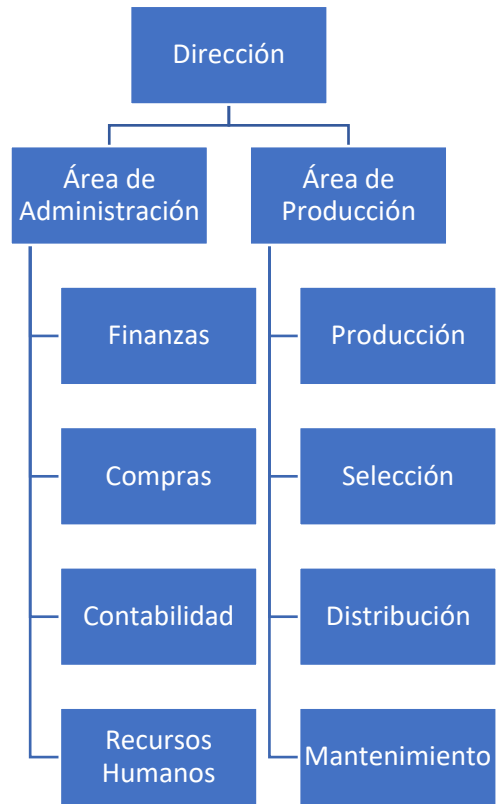
Fuente: www.google.com/maps

Figura 1-2: Ubicación geográfica C&A CIA.

1.1.5. Organigrama de la empresa

La organización se constituye de dos áreas específicas ordenadas según sus necesidades, que trabajan en conjunto para lograr los objetivos determinados por la empresa. La primera área corresponde a la “Administración” encargado de organizar, planificar, controlar y dirigir los recursos materiales, financieros, informáticos y humanos. Por otro lado, existe el área de “Producción”, donde el personal se encarga de manufacturar el producto para posteriormente destinarlo al mercado. Así mismo regula el sector de mantenimiento que se responsabiliza de conservar las condiciones de operación seguras de los equipos de producción de las instalaciones de la empresa.

Según lo explicado anteriormente, se muestra a continuación la Figura 1-3 correspondiente al organigrama de la empresa.

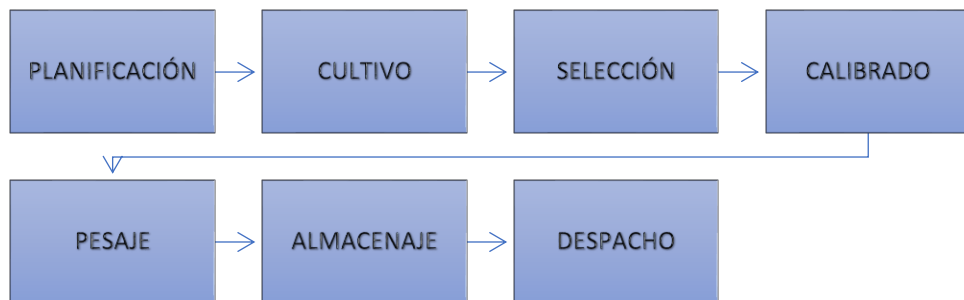


Fuente: Administración C&A CIA.

Figura 1-3: Organigrama empresa C&A CIA.

1.2 PROCESO PRODUCTIVO

El desarrollo de la actividad agrícola tiene como fin la producción de tomates de calidad enfocadas a una venta segura, para eso la empresa llevó a cabo un mapeo de todos los procesos necesarios para su ejecución, resultando en la elaboración de un diagrama de flujo definido por 7 simples etapas, ver figura 1-4. A continuación, se explica en detalle cada fase implicada en el desarrollo de la producción de la hortaliza, interpretando elementos conceptuales logrando una mejor comprensión de los ciclos, sus condiciones y contextos operacionales.



Fuente: Administración C&A CIA.

Figura 1-4: Diagrama de proceso productivo.

1.2.1 Planificación

El proceso da inicio cuando el personal de administración efectúa la planificación anual de las hortalizas que se van a cultivar a principios de septiembre en primavera, siendo el momento exacto donde la temperatura de la región geográfica es la ideal para realizar la siembra de tomates.

Una vez establecida la cantidad de matas que se necesitan, se realiza el contrato correspondiente con la Plantinera Aconcagua para la confección de las plantas injertadas, a su vez se determina la necesidad de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y productos afines que se requieren para materializar el proyecto.

1.2.2 Cultivo

Dentro del proceso de cultivo existe un gran número de factores agronómicos que pueden influir en las metas del agricultor, siendo la más importantes de las etapas buscando obtener altos rendimientos en productos de calidad. Ver figura 1-5.

Bajo la opinión argumentada por parte de los expertos en agronomía, se procede a detallar los aspectos fundamentales.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-5: Cultivo de tomates.

1.2.2.1 Arado del suelo

La preparación previa a efectuar la plantación conlleva la contratación de un tractor dedicado a abrir surcos en la tierra y remover el suelo antes de sembrar dejándola en las condiciones necesarias. Ver figura 1-6.



Fuente: www.google.com

Figura 1-6: Arado del terreno.

1.2.2.2 Enrejado de hortalizas

Para lograr mejores cosechas de hortalizas se efectúa la instalación de enrejados los cuales sostienen la planta durante su crecimiento y alejan las hojas y frutos del suelo, lo que permite prevenir plagas y reducir la probabilidad de contraer enfermedades. Ver figura 1-7.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-7: Red de enrejado.

1.2.2.3 Invernadero

La empresa dispone de invernaderos “tipo capilla”, objeto a mantener condiciones ambientales adecuadas favoreciendo el cultivo de la planta y contribuir al control de factores como la temperatura, humedad y radiación solar. Ver Figura 1-8



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-8: Invernadero.

1.2.2.4 Método de riego

El sistema de riego presurizado por goteo es el encargado de cubrir las necesidades hídricas las cuales están sujetas a la cantidad de cultivos, la pérdida de presión por la altura y los accesorios del sistema. Permitiendo la aplicación de cantidades de agua controladas y facilitando la integración de fertilizantes.

La captación de agua es por una noria ubicada en el terreno a 20 m de profundidad conectada a la superficie por un pozo de 2 m de diámetro.

Como elemento principal para la captación del agua se utiliza una electrobomba de la marca REGGIO específicamente el modelo CFM 200 de corriente monofásica y que cuenta con 2 hp de potencia y 220v, entrega un caudal de $6 \text{ m}^3/h$ a una altura manométrica total de 26,5 m. [ver ANEXO B: BOMBA CENTRIFUGA CFM 200]

El sistema de riego posee un método de fertirrigación el cual esta incorporado mediante una conexión tipo T a la línea de succión, la cual conecta un tambor de 200 L ubicado sobre el nivel de succión, en el cual se vierten los fertilizantes, correctivos químicos, nematicidas y pesticidas.

La distribución del agua es por medio de una red hidráulica conectada a la línea de impulsión de la bomba, la cual distribuye el fluido a través de cañerías de HDPE de 2.5 in de diámetro repartidas hasta las estaciones de cada ramal donde se encuentran los laterales de goteo los cuales suministran el agua a los cultivos desde la línea de distribución hasta los emisores. El control de riego es manual, a través de válvulas de paso las que actúan como reguladores de caudal. Ver figura 1-9.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-9: Líneas de riego.

1.2.2.5 Polinización

Uno de los aspectos más importantes para lograr alto rendimiento y de calidad bajo invernadero es la polinización, que naturalmente es producida por especies como las abejas, mariposas, colibríes entre otros, sin embargo, este proceso natural no es suficiente para abarcar toda la plantación, lo que conlleva a la contratación de una empresa llamada BioCruz S.A. que se encarga de aplicar una técnica llamada “polinización por abejorro”, siendo eficiente y beneficiosa a la hora de trabajar en entornos controlados, disponiendo de cajas con abejorros distribuidas dentro de los invernaderos. Ver figura 1-10.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-10: Polinización por abejorro.

1.2.2.6 Cosecha

El proceso termina cuando llega el tiempo de la cosecha, donde el agricultor es el encargado de recolectar el producto, distribuyéndolo en cajas de campo cuyo peso mínimo es de 18 kg.

1.2.3 Selección

El proceso de selección consta de, manualmente, diferenciar y aislar los tomates en buen estado con los de descarte, estos últimos son los que no cumplen con la condición mínima para ser vendidos, es decir, que estén picados o rotos, con alguna malformación, decoloración o por la presencia de hongos, en otros términos, una revisión de la apariencia externa del producto.

1.2.4 Calibrado

Una vez que el tomate pasó por el proceso de selección y cumple con los requisitos, es transferido al sector donde será procesado por la máquina clasificadora de malla metálica la cual permite diferenciar el producto de forma no destructiva en función del calibre. Ver figura 1-11. Durante el proceso de calibrado la máquina destina a cuatro salidas de descarga; la primera, segunda y tercera salida corresponden a calibres distintos definidos por la malla; y la cuarta es la que recibe todo el tomate que mantiene un tamaño superior al calibre de la tercera salida. Cada cinta de salida mantiene un personal a cargo de recibir y ordenar los tomates en cajas para su posterior pesaje.



Fuente: elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-11: Calibradora de tomates.

1.2.5 Pesaje

El proceso de pesaje consta en la revisión de las cajas con respecto a los kilogramos de tomate que contiene, el personal encargado recibe las cajas llenas y a través de una balanza digital verifica que contenga el peso mínimo con el objetivo de detectar desviaciones de manera manual lo que ayuda a optimizar costos y mantener un registro de la productividad de la empresa, convirtiendo este proceso en uno de los más importantes de la línea de producción.

1.2.6 Almacenaje

Posterior al pesaje y registro de las cantidades, se procede a almacenar el producto, los cuales quedan listos y en posición para ser cargados en los vehículos de distribución. Ver figura 1-12.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA

Figura 1-12: Almacén de tomates.

1.2.7 Despacho

Al concretar las ventas del producto se realiza la inspección de la carga, revisando la cantidad y el destino, si es que éste requiere el envío, por otro lado,

también existe la opción de que el comprador retire el producto en el lugar, efectuando la inspección de la cantidad y el cargado del producto.

1.3 MÁQUINA CALIBRADORA

La máquina calibradora fabricada por la empresa INGENIERÍA CARLOS ARANCIBIA E.I.R.L., ubicada en el área de packing, está compuesta por un conjunto de componentes mecánicos, cumpliendo la función de clasificar el tomate acorde a su tamaño por medio de un método automatizado.

El activo es ampliamente utilizado en la agroindustria para realizar la calibración de distintas frutas, verduras y hortalizas, utilizando los mismos principios mecánicos funcionales y variando únicamente los tamaños de las mallas calibradoras y las cantidades de cintas de salidas, que dependen únicamente de las necesidades de la empresa. Ver en tabla 1-1 datos generales de la máquina.

Tabla 1-1: Datos generales de la máquina calibradora

AÑO DE FABRICACION	2010
ANCHO	1,5 m
LARGO	6 m
ALTURA	1,6 m

Fuente: Elaboración propia, basada en información entregada por C&A CIA.

1.3.1 Descripción de los componentes del equipo.

Este equipo está compuesto por dos motorreductores trifásicos de la marca Nord, montados verticalmente en el chasis fabricado en fierro fundido. El primer motorreductor de sinfín corona, modelo SK 1SI50 eje macho de 1,5 kW [ver ANEXO C: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTOREDUCTOR N°1] está encargado de entregar la potencia mecánica al sistema de rodillos que corresponde

a la cinta elevadora, cepillos cilíndricos y a la plataforma de mallas de calibración. El segundo motorreductor, modelo SK 1SI40 eje macho de 0,55 kW [ver ANEXO D: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTOREDUCTOR N°2], que cumple la función de entregar motricidad a las cintas de salida. Ambos motorreductores transmiten la fuerza a sus componentes por medio de cadenas y piñones.

A continuación, se muestra un detalle de los componentes fundamentales de la máquina que posibilitan el proceso de calibración:

1.3.1.1 Cinta elevadora:

La cinta elevadora de rodillos está conformada por polines de PVC, los que están conectados a un eje con descanso en ambos extremos, conducido por medio de una cadena y piñón. Ver figura 1-13.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-13: Cinta elevadora

1.3.1.2 Cepillos cilíndricos:

Consta de 8 cilindros paralelos los cuales están conectados en serie a través de piñones y una cadena la cual hace la conexión entre la cinta elevadora y la plataforma con el juego de mallas de calibración. Ver figura 1-14.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-14: Cepillos cilíndricos.

1.3.1.3 Plataforma de mallas de calibración.

Esta plataforma está compuesta por 3 subsistemas idénticos que calibran la fruta en distintos tamaños, cambiando solo el calibre de la malla. Cada subsistema está compuesto de 3 polines en forma de un triángulo isósceles. Uno de éstos es conducido a través de una cadena y un piñón, entregando la motricidad al juego de polines. Dos de éstos son fijos y el tercero es ajustable cumpliendo la función de tensar la malla. Un cuarto polín conectado al polín conducido ubicado dentro del triángulo antes mencionado cumple el objetivo de levantar los tomates que no se ajustaron al calibre y quedaron atascados en la malla, evitando el destrozo del producto y dando el paso al siguiente subsistema con un calibre distinto. Ver figura 1-15.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-15: Plataforma de mallas de calibración.

1.3.1.4 Cintas de salida:

Se compone de 3 cintas transportadoras conectadas entre sí por cadenas y piñones. Ubicadas dentro de cada juego de mallas recibiendo el producto que cumple con el calibre y dirigiéndolas al personal de embalaje ubicado al final de la cinta.

1.3.2 Funcionamiento del equipo

Posterior al proceso de selección el personal se encarga de depositar los tomates al comienzo de la cinta elevadora, la que cumple la función de transportarlos a los cepillos cilíndricos que limpian, pelan y guían el producto a la siguiente plataforma conformada por tres juegos de mallas adecuadas al calibre de selección, dicha plataforma se encarga también de expulsar el producto separado por calibre entre sus distintas cintas de salida. La figura 1-5 muestra las secciones que comprende la máquina para la calibración el tomate.



Fuente: Elaboración propia, imagen tomada en empresa C&A CIA.

Figura 1-16: Componentes de máquina calibradora

1.4 MARCO GENERAL

La línea de producción se compone de diversas secciones y procesos, donde las máquinas deben garantizar las condiciones óptimas de funcionamiento, siendo indispensable para afianzar la calidad de los productos y cumplir con la cuota de producción.

El gran desgaste del equipo puede provocar bajo rendimiento lo que perjudica los planes de cadena de producción afectando internamente a la empresa y generando grandes pérdidas de horas hombre, costos de reparación y también poniendo en peligro las relaciones con el cliente.

1.4.1 Estrategia actual de mantenimiento

Al ser C&A CIA una empresa que no cuenta con planes de mantenimiento para sus equipos mantiene la incertidumbre sobre la capacidad de trabajo y su funcionalidad mecánica, ocasionando que los componentes en línea tiendan a fallar de manera catastrófica limitándose a reparar cuando el daño ya ha sido causado y es inevitable detener la operación para resolver el contratiempo. La estrategia actual de la empresa se denomina “mantenimiento correctivo”.

1.4.2 Problemática

Con ayuda del operador de la máquina se levanta un estudio técnico bajo distintos contextos operacionales, detectando sustancialmente los siguientes problemas:

1.4.2.1 Plan de mantenimiento

La inexistencia de una pauta de mantención aumenta los costos por pérdida de vida útil de los componentes de la máquina, como también perjudica la continuidad y prolijidad de las funciones deseadas, provocando situaciones peligrosas que afectan la seguridad laboral.

1.4.2.2 Manual de instrucciones de la máquina

La máquina no consta de un manual que indique descripción general, funcionamiento, componentes, precauciones y advertencias.

1.4.2.3 Historial de fallas

La ausencia de un historial de fallas radica en la nula información que es útil para determinar sintomatologías de avería, sus causas raíz y el detalle de la vida útil de los componentes.

1.4.2.4 Déficit del personal en su capacidad de mantención

La inexperiencia técnica del personal en torno a la toma de decisiones de mantenimiento puede llevar a la mala ejecución de las tareas, derivando en problemas como; decaimientos en la productividad, disponibilidad del equipo, condiciones de seguridad bajas, reparaciones mal efectuadas que fallan al poco tiempo y/o que causen problemas mayores.

1.4.2.5 Sin stock de repuestos

La falta de un inventario detallado, organizado y actual de los componentes crea un escenario de irresolución al momento de haber una falla en la máquina ya que no cuenta con elementos adecuados para suplir y continuar con los procesos.

1.4.2.6 Contextos operacionales

El desarrollo de la operación se ve envuelta en distintas circunstancias, debido al bajo control operacional de la máquina. Generalmente la máquina está sujeta a ciertas horas de trabajo, pero debido a problemas mecánicos o de personal, en ocasiones es forzada a trabajar durante muchas horas sin descanso, o por el contrario es inutilizada por tiempos muy prolongados, esto sumado a los puntos anteriores y también al estar inmersa en un ambiente lleno de polvo, los componentes tienden a generar desgastes muy apresurados, originando fallas catastróficas.

1.4.3 Análisis de la problemática

Siendo el único equipo crítico la máquina calibradora de tomates, dentro del proceso productivo, ya que no cuenta con un reemplazo si llegase a fallar y es la única máquina automatizada en el proceso, es de vital importancia analizar las fallas en los subsistemas que la componen, a través de la generación de un plan de mantenimiento preventivo basado en la información recopilada en las etapas anteriores. Permitiendo mejoras en la seguridad al momento de su uso, la continuidad del servicio, disminución de tiempos de inactividad por fallas y optimización de su rendimiento con tal de prolongar su vida útil.

**CAPITULO 2: ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM).**

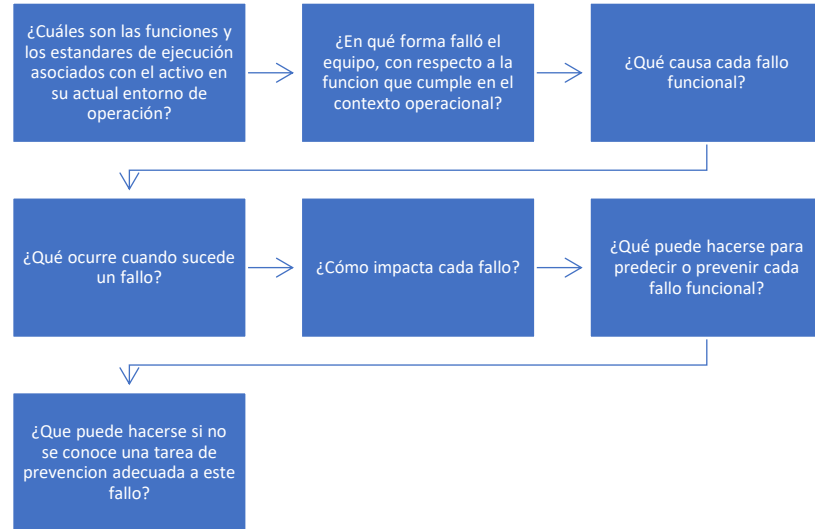
2 **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

El mantenimiento centrado en confiabilidad por sus siglas en inglés RCM, es una técnica de mantenimiento preventivo el cual permite a la organización identificar estrategias de mantenimiento que garanticen la confiabilidad, disponibilidad de equipos industriales, asegurándose de cumplir las funciones requeridas por el usuario durante el proceso de producción.

En la actualidad existen numerosas metodologías de RCM, la norma SAE JA 1011 y 1012 establece los requerimientos mínimos para el Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, enfocado en las características principales presentadas a continuación:

- Permite la gestión y actividades de mantenimiento que adapten las acciones de control de fallos con su contexto operacional.
- Maduración de mediano a largo plazo puede reducir los costos de mantenimiento aprovechando al máximo los activos de la producción para lograr con éxito los objetivos de la empresa.
- Se basa en procedimientos constantes que posibiliten generar planes óptimos y cambios culturales en las tareas de mantenimiento.

Para aplicar la metodología se propone un procedimiento basado en las necesidades del activo y su contexto operacional, resumiendo las necesidades en el análisis de las siguientes siete preguntas, ver figura 2-1, extraídas del libro “Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos” de Carlos Parra.



Fuente: Elaboración propia, basado en método RCM.

Figura 2-1: Preguntas del proceso de RCM.

2.1 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DEL RCM

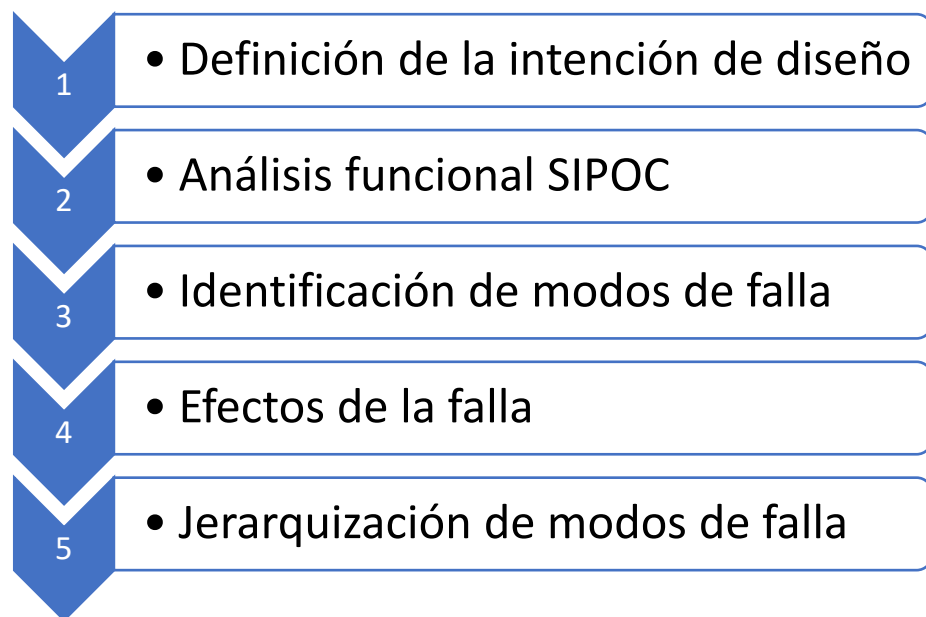
Dentro de la gestión de activos existen distintas técnicas de mantenimiento dependiendo del estado del equipo y de cada contexto operacional. Bajo las circunstancias analizadas se determinan factores como la inexistencia de plan de mantenimiento, manual de instrucciones e historial de fallas. Debido a esto se decide efectuar el análisis de Modos de Fallas, Efecto y Criticidad (FMECA). La cual tiene como objetivo encontrar e identificar cada componente con sus respectivas formas en las que puede fallar el equipo y sus consecuencias dentro del proceso productivo de la organización.

En principio, para el desarrollo de la metodología, se procede a la definición de intención de diseño, que se fundamenta en conocer y entender la filosofía de operación de la empresa, componentes involucrados, los parámetros de operación y de control. De esta manera, quien realice el mantenimiento puede tener la información de los parámetros operativos que definen los niveles de rendimiento de la máquina.

Posteriormente se genera un análisis funcional (SIPOC), este es un diagrama que permite el análisis del proceso de una manera detallada, además de ser una base para la evaluación de modos de falla.

Finalmente se realiza un plan de mantenimiento óptimo (FMECA) para detectar las posibles averías presentes en la máquina calibradora, asignando las tareas de mantenimiento dependiendo de la criticidad de fallo basándose en la evaluación de información técnica recopilada previamente.

Para la implementación del análisis FMECA se deben tener en cuenta específicamente 5 pasos fundamentales, ver figura 2-2.



Fuente: Elaboración propia, basado en norma SAE JA 1011.

Figura 2-2: Pasos para implementación FMECA.

2.1.1 Definición de la intención de diseño

La máquina calibradora de tomates se diseñó a medida para cumplir las necesidades de la empresa C&A CIA, la cual cumple la función de calibrar el tomate a un rango de flujo de masa que oscila entre $2 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$. Debido al tiempo transcurrido de su fabricación y envuelta en los distintos tipos de contextos operacionales, actualmente, trabaja a un flujo máximo de $1,8 \frac{\text{ton}}{\text{hora}}$, equivalente a 100 cajas por hora, aproximadamente un 15% por debajo del mínimo requerido. Ver tabla 2-1.

Tabla 2-1: Parámetros de producción

	Cajas / hora	Ton / hora
Parámetro de operación de diseño	139	2
Parámetro operacional presente	100	1,8

Fuente: Elaboración propia, basada en información entregada por C&A CIA.

2.1.2 Análisis SIPOC

El análisis SIPOC, por sus siglas en inglés; Suppliers, input, process, output, customers. Consiste en una herramienta que consigue representar de manera gráfica un proceso para entender su funcionamiento. La implementación de este análisis logra comunicar de manera asertiva y simple como el proceso genera resultados.

Para este caso se aplica en el funcionamiento de la máquina calibradora donde se detalla cada proceso solicitado por el análisis, ver tabla 2-2.

Tabla 2-2: Análisis SIPOC de máquina calibradora

SUPPLIERS	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMERS
Proceso de selección manual.	Fruta previamente seleccionada	Clasificar el tomate de acuerdo con el calibre, a un flujo de masa de $2 \frac{ton}{hora}$	Tomate seleccionado por calibre.	Proceso de pesaje de cajas

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la empresa C&A CIA.

El siguiente paso es determinar las funciones primarias y secundarias del activo bajo condiciones de trabajo definidas por la organización basado en las Norma SAE JA 1011 y SAE JA 1012.

2.1.2.1 Función primaria:

- Clasificar el tomate en función de su calibre, proveniente desde el proceso de selección hacia el proceso de pesaje.

2.1.2.2 Funciones secundarias:

- Transportar el tomate desde la cinta elevadora hacia la plataforma de calibración para luego ser depositado en las cintas de salida.
- Procesar tomate a un rango mínimo de 2 a $2,5 \frac{ton}{hora}$.
- Efectuar una limpieza de tallos y hojas del tomate a través de los cepillos cilíndricos.
- Mantener el producto dentro de la máquina.

2.1.3 Identificación de modos de falla

Una vez identificadas las funciones primarias y secundarias se identificará las fallas funcionales del activo las que ocurren cuando el sistema opera fuera de los parámetros establecidos, lo que impide la realización de sus funciones afectando las expectativas de la organización.

Para cada falla funcional se debe determinar los modos de falla. El cual podemos definir como la forma en la que un activo pierde la capacidad de desempeñar su función, o, en otras palabras, la forma en que un activo falla.

Cada falla funcional y modo de falla se identifica por medio de la recopilación de información en base a las conversaciones con el fabricante de la máquina, el personal a cargo de su operación en la empresa, equipos similares y fuentes genéricas.

2.1.4 Efectos de la falla

Esta parte del proceso consiste en identificar los efectos producidos por cada modo de falla. Estos efectos son considerados como la forma en que la falla se manifiesta, es decir la sintomatología de la falla, por ejemplo: aumento de temperaturas, ruidos, aumento de vibraciones, humo, alarmas, disminución de niveles de fluidos, etc. La identificación de estos efectos debe considerar toda la información útil para la evaluación de las consecuencias, las que corresponden a los impactos derivados de las fallas, como la seguridad del personal y el medio ambiente, la producción y costos de mantenimiento.

2.1.5 Jerarquización de modos de falla

La jerarquización de modos de falla regida por la Norma SAE J-1739 plantea clasificar y jerarquizar los modos de falla en función de la evaluación cualitativa de 3 criterios: severidad, ocurrencia y detectabilidad. Mediante la implementación de una tabla, según la Norma, a cada criterio se le asigna un valor numérico dependiendo de que tan severos son los modos de falla, la frecuencia y la dificultad de detección. Una vez establecidos estos valores, se relacionarán mediante una fórmula matemática que permite entregar un valor de número de prioridad de riesgo NPR, a través de la multiplicación de los valores de los 3 criterios, como se representa en la siguiente ecuación:

$$NPR = S * O * D$$

Donde:

NPR = Número de Prioridad de Riesgo

S = Severidad

O = Ocurrencia

D = Detectabilidad

Entregado el NPR se permite clasificar el valor numérico, mientras más grande sea el número; mayor será la criticidad del modo de fallo, por otro lado, mientras el número sea inferior; la criticidad del modo de fallos será menor.

A continuación, se definirán estos 3 criterios de evaluación para la jerarquización de los modos de falla, donde debido a la ausencia de historial se hace necesario la utilización de un método de validación útil denominado “juicio de

experto” en cooperación con el personal encargado del mantenimiento y el fabricante de la máquina.

2.1.5.1 Severidad

La severidad del modo de falla se realiza a través de una escala del 1 al 10 en función de su efecto y criterio sobre la seguridad del personal y del medio ambiente. En la tabla 2-3 se observa los criterios sugeridos por la Norma.

Tabla 2-3: Severidad de falla

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligro 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 (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 (la falla se advierte al ocurrir)	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las pérdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de 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 inoperable (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 la 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 la línea, pero fuera de la estación. Se presenta desajuste y pequeñas vibraciones en el ítem que no está en conformidad (defecto notado por la minoría de los clientes).	2
Ninguno	Sin efecto.	1

Fuente: Elaboración propia, según Norma SAE J-1739.

2.1.5.2 Ocurrencia

La probabilidad de ocurrencia del modo de falla se analiza utilizando una escala del 1 al 10, que representa diferentes niveles de la tasa de probabilidad de que ocurra la falla. Los niveles correspondientes se detallan en la tabla 2-4, como se muestra a continuación:

Tabla 2-4: Ocurrencia de falla

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: Elaboración propia, basada en Norma SAE J 1739

2.1.5.3 Detectabilidad

La detección de los modos de falla de igual manera que los criterios anteriores se mide en una escala del 1 al 10, donde se evalúa la probabilidad de detectar el modo de falla, como se refleja en la tabla 2-5:

Tabla 2-5: Detectabilidad de falla

DetECCIÓN	Criterios: Probabilidad de detección	Ranking
Casi imposible	No existe 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 ciertos para detectar el modo de falla. Detección confiable.	1

Fuente: Elaboración propia, basada en Norma SAE J-1739

2.1.6 Desarrollo del análisis FMECA

Después de identificar cada variable que conforma los 5 pasos de la metodología FMECA, se genera continuación la Tabla 2-6, para la elaboración del plan de mantenimiento:

SISTEMA							
Área de packing/calibradora de tomates							
Descripción del equipo bajo análisis			Descripción de la falla				
Equipo	N°	Funciones	N°	Falla Funcional	N°	Modo de Falla	Efecto de Falla
Calibradora de tomates	1	Clasificar el tomate en función de su calibre, proveniente desde el proceso de selección hacia el proceso de pesaje	1.1.	El equipo no tiene la capacidad de calibrar el tomate.	1.1.1.	Malla calibradora en mal estado.	Ruido continuo en malla
							Rasgadura en la superficie de la malla
					1.1.2.	Malla atascada.	Rodamiento: temperatura en descansos
							Vibración en descansos
							Desprendimiento de la malla
							No permite la operación de calibrado
							Grietas en el eje
							Grietas en piñón de polín conducido
					1.1.3.	Malla desalineada.	Desgaste de polín
							Tensor de polín atascado
							Ruido excesivo en el equipo
					1.1.4.	Trabamiento de motor.	Pérdida de aislación del motor
							Motor en corto-circuito
							Rodamiento: temperatura en descansos
							Rodamiento: vibraciones en descansos
					1.1.5.	Trabamiento de reductor.	Rodamiento: ruidos en descansos
							Engranaje con vibraciones
Grietas en ejes							
Partículas metálicas en lubricante							
						Grietas en chavetas de fijación	

Equipo	N°	Funciones	N°	Falla Funcional	N°	Modo de Falla	Efecto de Falla
Calibradora de tomates	1	Clasificar el tomate en función de su calibre, proveniente desde el proceso de selección hacia el proceso de pesaje a no menos de 2,5 ton/hora.	1.1.	El equipo no tiene la capacidad de calibrar el tomate.	1.1.6.	Rotura de acoplamiento motorreductor.	Grietas en la chaveta de acoplamiento
							Deformación en pernos
							Grieta en flange
					1.1.7.	Cadena de transmisión cortada.	Ruido continuo
							Guía de cadenas rota
							Eslabones de cadena en mal estado
			1.2.	Equipo calibra de forma errónea el tomate.	1.2.1.	Malla calibradora con deterioro.	Pasadores de cadena en mal estado
							Calibre fuera de parámetro
							Malla metálica con deformación
			1.3.	El equipo no procesa el tomate al flujo de masa mínimo.	1.3.1.	Deficiencia en la potencia del motor.	Aumento de temperatura en carcasa
							Vibración en descansos
							Pérdida de aislación del motor
							Motor en corto-circuito
							Rodamiento: temperatura en descansos
							Rodamiento: vibraciones en descansos
Rodamiento: ruidos en descansos							

Equipo	N°	Funciones	N°	Falla Funcional	N°	Modo de Falla	Efecto de Falla		
Calibradora de tomates	2	Transportar el tomate desde la cinta elevadora hacia la plataforma de calibración para luego ser depositado en las cintas de salida.	2.1.	El equipo no tiene la capacidad de transportar el tomate.	2.1.1.	Rotura de chasis.	Corrosión		
							Grietas		
							Deformación		
					2.1.2.	Rotura en descanso de cinta elevadora.	Ruido en rodamiento		
							Aumento de vibraciones		
							Aumento de temperatura		
	2.1.3.	Motor quemado.	Aumento de temperatura en carcasa						
			Perdida de aislación del motor						
			Motor en corto-circuito						
	3	Procesar tomate en un rango mínimo de 2 a 2,5 cajas por minuto.	3.1.	El equipo no tiene la capacidad mínima de llenado de cajas.	3.1.1.	Cintas de salida cortadas.	Rasgadura en la superficie de la cinta		
							3.1.2.	Motor de cinta de salida trabado.	Aumento de temperatura en carcasa
									Perdida de aislación del motor
Rodamiento: vibración y ruidos									
3.1.3.					Reductor de cinta de salida trabado.	Engranaje con vibraciones (grieta en diente)			
						Grietas en ejes			
	Retenes en mal estado								
Partículas metálicas en lubricante									
Grietas en chavetas de fijación									

Equipo	N°	Funciones	N°	Falla Funcional	N°	Modo de Falla	Efecto de Falla
Calibradora de tomates	4	Efectuar una limpieza de tallos y hojas del tomate a través de los cepillos cilíndricos.	4.1.	El equipo no es capaz de limpiar los tomates.	4.1.1.	Pelos de cepillos desgastados.	Entrega de tomates sucios
	5	Mantener el producto dentro de la máquina durante el proceso.	5.1.	El equipo no es capaz de mantener el tomate dentro de la máquina	5.1.1.	Elementos de contención sueltos o rotos.	Tomate en el suelo
							Estancamiento de tomates en las orillas
					5.1.2.	Desalineamiento de cintas.	Tomate en el suelo de un lado de la máquina
						Cinta corrida a un lado	

Fuente: Elaboración propia, basado en función, falla funcional, modo de falla y efecto de falla.

Tabla 2-6: Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad.

A continuación, en la tabla 2-7, se desarrolla el análisis de criticidad (NPR), aplicado a cada modo de falla con sus respectivos valores según la Norma antes mencionada.

Tabla 2-7: Numero de prioridad de riegos

SISTEMA				
Área de packing/calibradora de tomates				
Modo de Falla	Probabilidad de ocurrencia (Po)	Severidad de la consecuencia (So)	Probabilidad de detección de un modo de falla (Pd)	Número de prioridad del riesgo (NPR)
Malla calibradora en mal estado	8	8	4	256
Malla atascada	6	9	1	54
Malla desalineada	8	3	5	120
Trabamiento de motor	3	8	2	48
Trabamiento de reductor	3	8	2	48
Rotura de acoplamiento de motorreductor	1	2	6	12
Cadena de transmisión cortada	6	10	1	60
Malla calibradora con deterioro	8	5	5	200
Deficiencia en la potencia del motor	7	5	8	280
Rotura de chasis	4	10	3	120
Rotura en descanso de cinta elevadora	2	7	5	70
Motor quemado	2	8	2	32
Cintas de salida cortadas	3	7	1	21
Motor de cinta de salida trabado	3	8	2	48
Reductor de cinta de salida trabado	3	8	2	48
Pelos de cepillos desgastados	2	4	3	24
Elementos de contención sueltos o rotos	4	6	4	96
Desalineamiento de cinta	5	3	5	75

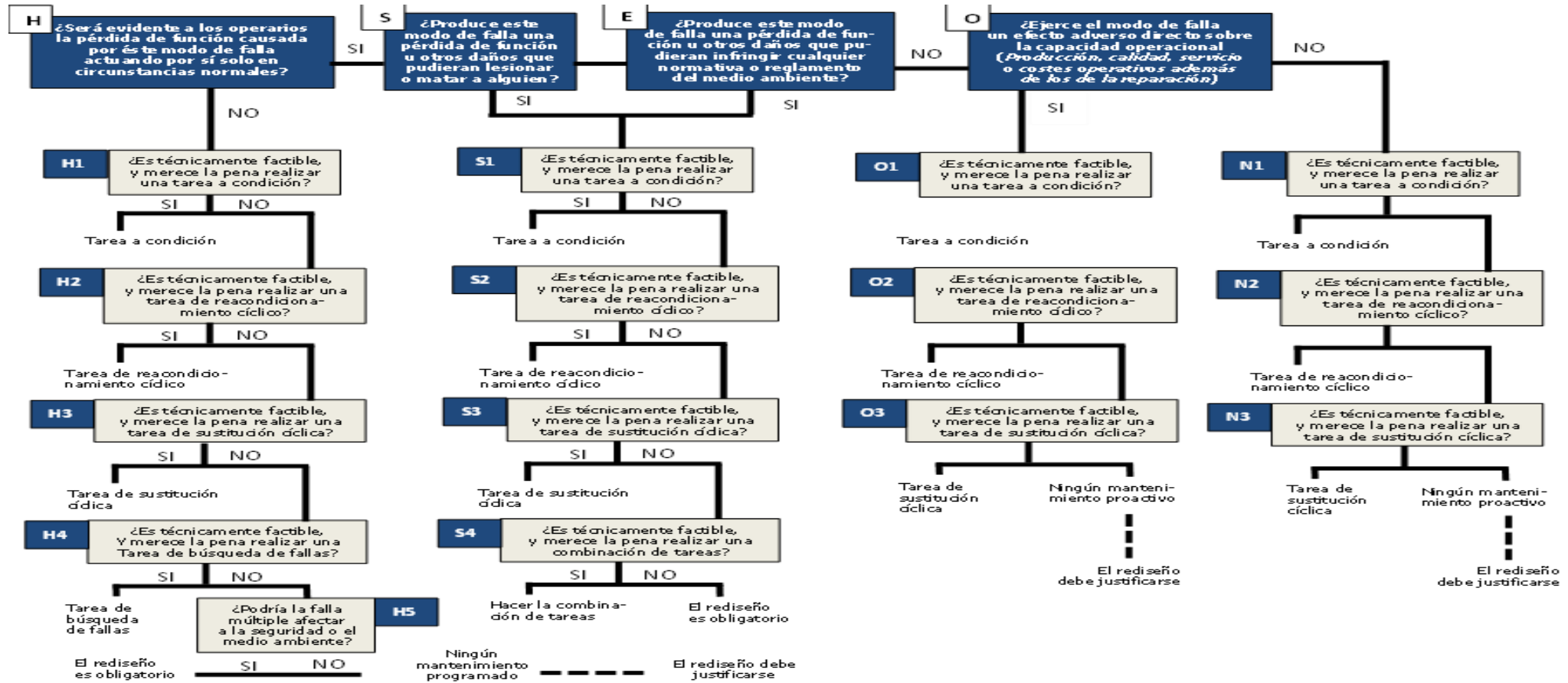
Fuente: Elaboración propia, basado en Norma SAE J-1739

2.2 PROCESO DE DECISIÓN DE RCM

El diagrama de decisión de RCM tiene como función incorporar todos los procesos de decisión en una estructura estratégica exclusiva, que debe ser aplicada a todos los modos de falla previamente identificados en el análisis FMECA.

El diagrama permite al personal responsable de la mantención seguir un método lógico y sistemático que ayude a la toma de decisiones sobre las estrategias de mantenimiento, estableciendo prioridades y distribuyendo los recursos de manera más eficiente, aumentando la confiabilidad y reduciendo los riesgos de los modos de fallas.

A continuación, en la figura 2-3 se presentará el diagrama de decisiones RCM, extraído del libro Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II de John Moubray:



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

Figura 2-3: Diagrama de decisión RCM II

2.2.1 Hoja de decisiones

Por consiguiente, en la tabla 2-8 se presentará la hoja de decisiones para cada modo de falla:

Tabla 2-8: Hoja de decisiones

SISTEMA															
Área de packing/calibradora de tomates															
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			TAREAS PROPUESTAS	Intervalo inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	1.1.	1.1.1.	S	N	N	S	S						Revisar fisuras en malla calibradora y sus uniones.	Trimestral	Mecánico
1	1.1.	1.1.2.	S	S	N	S	S						Verificar y ajustar guías de malla.	Anual	Mecánico
1	1.1.	1.1.3.	S	N	N	S	S						Verificar y ajustar tensión de la malla.	Anual	Mecánico
1	1.1.	1.1.4.	S	N	N	S	S						Revisión de componentes internos y externos del motor; medir temperatura de carcasa.	Anual	Mecánico
1	1.1.	1.1.5.	S	N	N	S	S						Verificar estado de piñones; nivel y estado de lubricante; reemplazar si es necesario.	Anual	Mecánico
1	1.1.	1.1.6.	N				S						Inspección de los acoples y pernos de montaje; realizar apriete si es necesario.	Anual	Mecánico
1	1.1.	1.1.7.	S	S			S						Verificar el estado de los piñones, alineamiento y tensión de la cadena.	Mensual	Mecánico
1	1.2.	1.2.1.	S	N	N	S	S						Medir diámetro de los pentágonos y dilatación de uniones.	Trimestral	Mecánico
1	1.3.	1.3.1.	S	N	N	S	S						Revisión de suministro eléctrico; medir temperatura.	Anual	Electromecánico

2	2.1.	2.1.1.	S	S			S							Inspección visual del estado del chasis y apriete de pernos.	Trimestral	Mecánico
2	2.1.	2.1.2.	S	N	N	S	S							Verificar estado de retenes, medir temperatura y lubricar si es necesario.	Anual	Mecánico
2	2.1.	2.1.3.	S	N	N	S	S							Medir temperatura de carcasa, revisión de componentes y suministro eléctrico.	Anual	Mecánico
3	3.1.	3.1.1.	S	S			N	N	N	N	S			Ningún mantenimiento programado.	Correctiva	Mecánico
3	3.1.	3.1.2.	S	N	N	S	S							Revisión de componentes internos y externos del motor; medir temperatura de carcasa.	Anual	Mecánico
3	3.1.	3.1.3.	S	N	N	S	S							Verificar estado de piñones; nivel y estado de lubricante; reemplazar si es necesario.	Anual	Mecánico
4	4.1.	4.1.1.	S	N	N	S	N	S						Limpieza y verificación del estado de los pelos; cambiar si es necesario.	Anual	Mecánico
5	5.1.	5.1.1.	S	N	N	S	S							Inspeccionar y ajustar las paredes de contención del producto.	Mensual	Mecánico
5	5.1.	5.1.2.	S	N	N	S	S							Ajustar tensión de cinta; revisar estado de rodillos.	Mensual	Mecánico

Fuente: Elaboración propia, basado en libro de John Moubray RCM II.

2.3 PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

Este punto comprende los documentos necesarios para realizar las actividades de mantenimiento a la máquina calibradora de tomates. Para una mejor comprensión y planificación la máquina se descompondrá en componentes, aplicando un plan a cada uno. La elaboración de cada instructivo se basa en la información recabada de la hoja de decisiones, los manuales de ciertos equipos, información recopilada del fabricante de la máquina, disponibilidad de herramientas, mano de obra y recursos.

2.3.1 Medidas de seguridad en el área de trabajo

Dentro de la planificación del mantenimiento, un objetivo importante es prevenir accidentes en las distintas áreas de trabajo y salvaguardar la integridad física de todos los empleados de la empresa con sus respectivos elementos de protección personal (EPP).

Antes de comenzar cualquier actividad de mantenimiento se deben seguir los siguientes pasos:

- Verificar si el personal porta el equipo de protección adecuado y si está en buenas condiciones.
- Revisar que los extintores dispuestos en el área de trabajo estén en buenas condiciones y no hayan caducado.
- Realizar inspección visual del equipo y asegurar que no haya ningún peligro al efectuar las tareas.
- Apagar la fuente de energía de todos los componentes eléctricos.
- Limpiar cualquier tipo de líquido en el piso o pared de la zona de trabajo.
- Avisar a todas las áreas de trabajo que se realizarán las actividades de mantenimiento y el desalojo del personal cuando sea necesario.
- Avisar cuando hayas terminado las actividades y reestablecer la fuente de energía de los componentes.

2.3.2 Elaboración del instructivo de mantenimiento

El instructivo de mantenimiento es un documento que entrega información detallada al personal encargado para realizar un correcto procedimiento y operaciones necesarias para el mantenimiento al equipo. La buena aplicación del instructivo puede asegurar un rendimiento óptimo durante la producción maximizando la disponibilidad de los equipos, previniendo fallas y minimizando detenciones imprevistas de producción.

La elaboración del instructivo consta de una planilla que contiene la información del componente, ejecutor, herramientas, actividades a realizar, periodicidad y horas hombre. Cubrir completamente estos requerimientos es necesario para ejecutar las tareas de mantenimiento de forma correcta y segura.

A continuación, en la figura 2-4 se presenta un modelo del instructivo de mantenimiento, para revisar instructivo completo [ver ANEXO E: INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO]

Ítem	Herramientas						
1	Set de destornilladores						
2	Set de alicates						
3	Multitester						
4	Llave trinquete						
5	Set de dados						
6	Set de llaves punta corona						
7	Extractor de rodamiento						
8	Llave de torque						
9	Martillo de goma						
10	Lubricante (grasa y aceite)						
11	Termómetro infrarrojo						
Ítem	Elementos de proteccion personal (EPP)						
1	Overol						
2	Lentes de seguridad						
3	Zapatos de seguridad						
4	Guantes de seguridad						
5	Casco de seguridad						
Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado		
1	Anual	Desenergizar Componente.	1	0,1	<input type="checkbox"/>		
2	Anual	Soltar pernos de sujección de carcaza con chasis	1	0,2	<input type="checkbox"/>		
3	Anual	Desacoplar motor y caja reductora	1	0,3	<input type="checkbox"/>		
4	Anual	Revisión de carcaza de motor, caja reductor y acoples.	1	0,5	<input type="checkbox"/>		
DESARME DE MOTOR							
5	Anual	Revisión de estado de eje de transmisión y chavetas	1	0,5	<input type="checkbox"/>		
6	Anual	Realizar cambio de rodamientos	1	1	<input type="checkbox"/>		
7	Anual	Revisar estado de bobinado y devanado	1	0,6	<input type="checkbox"/>		
8	Anual	Revisar estado del ventilador	1	0,1	<input type="checkbox"/>		
9	Anual	Realizar armado de motor.	1	1,5	<input type="checkbox"/>		
DESARME DE CAJA REDUCTORA							
10	Anual	Realizar cambio de rodamiento.	1	1	<input type="checkbox"/>		
11	Anual	Realizar cambio de aceite.	1		<input type="checkbox"/>		
12	Anual	Revisar estado de ejes de transmisión y chavetas	1	0,5	<input type="checkbox"/>		
13	Anual	Revisar estado de sellos mecánicos.	1	0,2	<input type="checkbox"/>		
14	Anual	Revisar estado de engranajes.	1	0,3	<input type="checkbox"/>		
15	Anual	Revisar estado de empaquetaduras.	1	0,1	<input type="checkbox"/>		
16	Anual	Realizar armado de caja reductora	1	1,6	<input type="checkbox"/>		
MONTAJE DE MOTOR REDUCTOR							
17	Anual	Realizar montaje y sujección del componente en el chasis.	1	1	<input type="checkbox"/>		
18	Anual	Energizar Componente.	1	0,1	<input type="checkbox"/>		
19	Anual	Comprobar funcionamiento.	1	0,5	<input type="checkbox"/>		
20	Anual	Medir temperatura del motor electrico	1	0,1	<input type="checkbox"/>		
21	Anual	MEDICIÓN DE TENSIÓN Y CORRIENTE			1	1	<input type="checkbox"/>
		Trifásico	R=	V1=			
			S=	V2=			
			T=	V3=			
Observaciones: _____							

Fuente: Elaboración propia, basado en hoja de decisiones y fabricante de la máquina.

Figura 2-4: Instructivo de mantenimiento

2.3.3 Carta de lubricación

La carta de lubricación es un documento que detalla la información específica de los puntos de lubricación, los tipos de lubricante, formas de aplicación y frecuencia, la base de este documento se obtiene a través del fabricante de la máquina calibradora.

A continuación, la figura 2-5 presenta la carta de lubricación propuesta para la máquina calibradora de tomates.

Empresa C&A CIA		Carta de lubricación Máquina calibradora de tomates Area de Paking						
Componentes	Ítem	Mecanismo a lubricar	Cantidad	Tipo de lubricante	Método	Frecuencia	Cantidad de lubricante	Referencia
Cinta elevadora	1	Descanso superior	2	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	Conectar engrasadora a la boquilla de engrase del descanso y reengrasar, en este caso asegurar que el exceso de grasa sea liberado del alojamiento del rodamiento.
	2	Descanso inferior	2	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	
	3	Cadena de cinta de polines	2	SKF LGEP 2	Manual	Anual	-	Aplicar grasa para cadenas manualmente en toda la superficie de la cadena
	4	Cadena de transmisión	1	SKF LGEP 2	Manual	Anual	-	
Cepillos cilindricos	5	Descansos de cepillos	16	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	Conectar engrasadora a la boquilla de engrase del descanso y reengrasar, en este caso asegurar que el exceso de grasa sea liberado del alojamiento del rodamiento.
	6	Cadena de transmisión	1	SKF LGEP 2	Manual	Anual	-	Aplicar grasa para cadenas manualmente en toda la superficie de la cadena
Plataforma de mallas de calibracion	7	Descanso de polín	24	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	Conectar engrasadora a la boquilla de engrase del descanso y reengrasar, en este caso asegurar que el exceso de grasa sea liberado del alojamiento del rodamiento.
	8	Cadena de transmisión	4	SKF LGEP 2	Manual	Anual	-	Aplicar grasa para cadenas manualmente en toda la superficie de la cadena
Cinta de salida	9	Descanso superior	6	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	Conectar engrasadora a la boquilla de engrase del descanso y reengrasar, en este caso asegurar que el exceso de grasa sea liberado del alojamiento del rodamiento.
	10	Descansos inferior	6	SKF LGEP 2	Engrasadora	Anual	20 ml	
	11	Cadena de transmisión	5	SKF LGEP 2	Manual	Anual	-	Aplicar grasa para cadenas manualmente en toda la superficie de la cadena
Motorreductor n°1 de 1,5 kW	12	Caja reductora	1	CLP PG VG 680	Manual	Anual	95 ml	Al aplicar aceite, se debe alcanzar a observar en la mirilla hasta la mitad.
Motorreductor n°2 de 0,55 kW	13	Caja reductora	1	CLP PG VG 680	Manual	Anual	55 ml	Al aplicar aceite, se debe alcanzar a observar en la mirilla hasta la mitad.

Fuente: Elaboración propia, basado en hoja de decisiones y fabricante de la máquina.

Figura 2-5: Carta de lubricación de máquina calibradora.

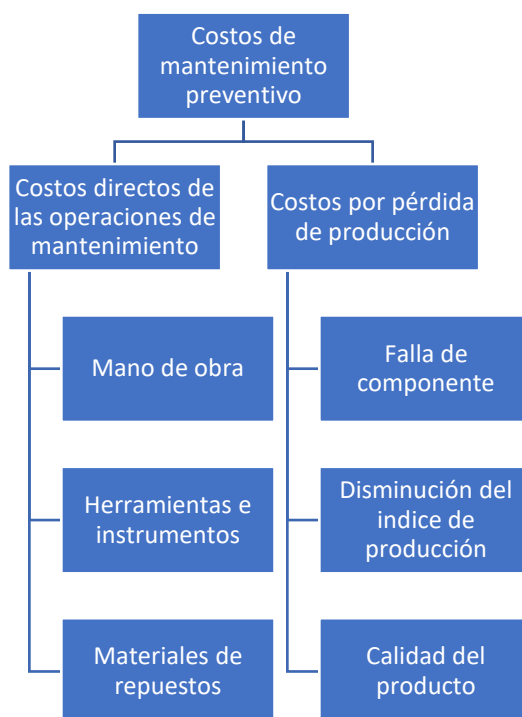
2.3.4 Plan maestro de mantenimiento preventivo

El plan maestro de mantenimiento es un programa de tareas estructurado y organizado a lo largo de un cierto plazo de tiempo, en este caso anual, este documento facilita el registro y control de las actividades propuestas para el activo. A continuación, en la tabla 2-9, se presenta una muestra del plan maestro, para revisar el documento completo [ver ANEXO F: PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO].

**CAPITULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA A LA PROPUESTA DEL PLAN
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

3 EVALUACIÓN ECONÓMICA A LA PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Para considerar los costos de la propuesta del plan de mantenimiento, se deben definir todos los costos relacionados con la conservación de la máquina y equipos (gestión de activos), como también los costos por pérdida de producción. Actualmente, para las empresas es un punto importante el cual debe ser cubierto, ya que permiten cumplir con las metas de producción que la empresa se plantea, aumenta la vida útil de los activos y mejora la confiabilidad del sistema de producción. Tomando en cuenta los ámbitos necesarios que incluyen los costos de mantenimiento, se elabora un esquema que categoriza cada aspecto a considerar, como se muestra en la figura 3-1 a continuación:



Fuente: Elaboración propia, basado en costos incluidos al mantenimiento

Figura 3-1: Esquema de costos de mantenimiento preventivo

La cotización de todos los costos directos de las operaciones de mantenimiento se evaluará anualmente debido a que las actividades son principalmente realizadas cada un año.

Para realizar el desarrollo de los costos se utilizará la Unidad de Fomento (UF) ya que refleja con mayor precisión la inflación y protege el valor real de los precios a largo plazo brindando estabilidad y certeza en las transacciones comerciales. El valor de la UF, hoy 6 de junio de 2023, corresponde a \$36.065 CLP.

3.1 COSTOS DIRECTOS DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

Los costos directos de la aplicación de una propuesta de mantenimiento se refieren a los gastos específicos y tangibles asociados directamente con la ejecución y puesta en práctica de la propuesta. Estos costos son fácilmente identificables y cuantificables, ya que están directamente relacionados con los recursos y actividades necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento. Es importante identificar, cuantificar y estimar con precisión estos costos directos dado que permitirá una planificación financiera adecuada, una asignación de recursos eficiente y una evaluación realista de la viabilidad económica

3.1.1 Costo mano de obra

Los costos de mano de obra representan el gasto de las empresas para compensar a los trabajadores por los servicios prestados. Para aplicar mano de obra directa de mantenimiento en los costos totales se utiliza una tarifa de hora/hombre de cada una de las especialidades de mantenimiento. La tarifa está basada en los salarios básicos de la organización.

La empresa cuenta con un especialista mecánico, remunerado mensualmente, por lo que su costo anual no será considerado dentro de los costos totales, por otro lado, se realiza una subcontratación del especialista electromecánico el cual es considerado dentro de la propuesta, siendo remunerado según las horas de servicio requeridas por el plan de mantenimiento. La tabla 3-1 representa los costos de mano de obra por especialista:

Tabla 3-1: Costos mano de obra

Ítem	Especialista	Cantidad de personas	Salario bruto CLP	HH en UF	UF anual
1	Mecánico	1	540.000	0,09	179,68
2	Electromecánico	1	800.000	0,13	2,91

Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la empresa C&A CIA.

3.1.2 Costo de herramientas y elementos de protección personal

Estos costos se asocian al precio que debe asumir la empresa para la obtención de las herramientas e instrumentos necesarios para llevar a cabo las actividades asociadas al plan de mantenimiento propuesto, como también los elementos de protección personal (EPP) requeridos. La cotización de costos asociados a las herramientas y EPP, para indicar un precio, se realiza en la empresa Sodimac Chile.

La tabla 3-2 muestra los costos de las herramientas e instrumentos de medición necesarias para cumplir las tareas de mantención.

Tabla 3-2: Costos de herramientas

Ítem	Herramientas	Cantidad	Costo UF
1	Set de destornilladores Stanley Cr-V 6 piezas, medidas: SL5.5x5x75mm, SL5.5x5x100mm, SL6.5x6x150mm, PH1 5x75mm, PH1 5x100mm, PH2 6x50mm.	1	0,37
2	Set de 3 alicates Ingco Industrial Cr-V: Alicates de punta 6", alicate de corte diagonal 7", alicate universal de 8"	1	0,46
3	Multímetro Digital Portátil Fluke 106: Tensión máxima CA: 600V - Tensión máxima CC: 600V - Corriente máxima CA: 10 A - Corriente máxima CC: 10 A - Frecuencia máxima: 100 kHz	1	2,37
4	Llave trinquete marca FORCE Cr-V: cuadrante 1/2", largo 275 mm, mango con goma	1	0,56
5	Set de dados largos marca FORCE: 14 piezas, cuadrante 1/2"; 10mm, 12mm, 13mm, 14mm, 15mm, 17mm, 19mm, 21mm, 22mm, 23mm, 24mm, 27mm, 30mm y 32mm.	1	2,10
6	Set de llaves punta corona marca FORCE medidas: 10mm, 11mm, 12mm, 13mm, 14mm, 17mm, 19mm, 21mm, 22mm, 23mm, 24mm, 27mm, 30mm, 32 mm.	1	2,60
7	Kit extractores de rodamiento Cr-V de 3 patas, 4 medidas: 3", 4", 6", 8".	1	2,64
8	Llave torque marca FORCE: cuadrante 1/2", largo 535mm, rango 30 – 150 Lbs/ft (40 Nm – 203 Nm), con bloqueo de torque.	1	4,68
9	Martillo de goma doble cara de diámetro 40mm y 0,9 Kg	1	0,33
10	Termómetro infrarrojo marca Ingco Industrial: rango -30/550°C	1	0,64
11	Extractor removedor de sellos y O-rins marca FORCE	1	0,28
12	Engrasadora RedLine manual, capacidad 120cc	1	0,35
13	Kit de alicates seagers Ingco Industrial, 4 piezas de acero de 7": 2 alicates de 180°, 2 alicates 90°.	1	0,66
14	Pie de metro digital Ubermann de 0-150mm, resolución 0.02mm	1	0,32
		Total	18,37

Fuente: Elaboración propia, según cotización en la empresa Sodimac

A continuación, en la tabla 3-3 se presenta los costos asociados a los EPP para cada especialista requerido a lo largo de un año. Debido a que el electromecánico es una subcontratación, no se contempla como un trabajador presente todo el año, sino que solo el tiempo requerido para desarrollar las actividades dispuestas para él. Por tanto, estos elementos no contemplan la misma renovación que el trabajador de planta.

Tabla 3-3: Costos de EPP

Ítem	Elemento de protección personal	Frecuencia	Cantidad anual de EPP		UF	UF Anual
			Mecánico	Electromecánico		
1	Overol Actium Canvas C/Refuerzo	Semestral	2	1	0,76	2,28
2	Lentes de seguridad Milwaukee	Trimestral	4	1	0,39	1,94
3	Zapatos de seguridad HW	Anual	1	1	1,41	2,83
4	Guantes de seguridad TOTAL	Mensual	12	1	0,31	4,04
5	Casco de seguridad DELTA PLUS	Anual	1	1	0,69	1,37
					Total	12,45

Fuente: Elaboración propia, según cotización en la empresa Sodimac

3.1.3 Costos de insumos y materiales de repuestos

Los costos relacionados con los materiales de repuestos e insumos en un plan de mantenimiento hacen referencia a los gastos involucrados en la compra y sustitución de componentes, partes o piezas necesarias para efectuar las tareas de mantención, la tabla 3-4 muestra los costos asociados a los insumos anuales requeridos.

Tabla 3-4: Costos de insumos

Ítem	Insumos	Cantidad	Costo UF	Costo anual UF
1	Trapos de limpieza	5	0,1	0,1
2	Lubricante Shell Omala 320	18,9 L	3,8	3,8
3	Lubricante SKF LGEP 2	3 unidades de 400 ml	1,5	1,5
Total			5,4	5,4

Fuente: Elaboración propia, según cotización en la empresa Sodimac

Por otra parte, en la tabla 3-5 se observa el listado del inventario de repuestos, estos componentes no serán necesarios sustituirlos en cada actividad, pero se debe tener en cuenta su estado o condición al momento de realizar la intervención, por tanto, los costos se tomarán como una inversión inicial.

Tabla 3-5: Costos de repuestos

Ítem	Repuestos	Cantidad	Costo UF
1	Descanso UCP 204, marca SKF	4	4,10
2	Descanso UCF 205, marca STK	4	3,14
3	Descanso UCT 205, marca ING	2	1,28
4	Eslabón de unión doble de 1/2"	5	0,21
5	Broches de malla calibradora, AISI-304	1	0,03
6	Sello marca SKF, 50x70x8mm	2	0,42
7	Sello marca SKF, 40x62x8mm	2	0,42
Total			9,59

Fuente: Elaboración propia, según cotización en la empresa Sodimac

3.2 COSTOS POR PÉRDIDAS DE PRODUCCIÓN

Los costos por pérdidas de producción se refieren a los gastos incurridos como resultado de una disminución o interrupción en la capacidad de producción de una empresa. Aplicar correctamente los planes preventivos de mantenimiento, previo a la época de producción, reduce significativamente los riesgos de estos

costos, sin embargo, la identificación de estos valores es esencial para considerar el valor real de las pérdidas si fuera necesario detener la producción. Según la organización, la máquina procesa el producto a un equivalente de 100 cajas por hora, resultando en un valor de 27.72 UF.

El tiempo de operación anual de la máquina calibradora corresponde a 1080 horas de servicio, trabajando durante 9 meses, 6 horas al día. De acuerdo con la información preliminar del operario de la máquina en la empresa, según el pasado año 2022, la indisponibilidad del equipo corresponde a 180 horas anuales.

Posterior a la implementación del plan de mantenimiento, se espera reducir el tiempo de indisponibilidad a 170 horas, un 6.6% menos del tiempo de inactividad de la máquina.

La tabla 3-6 a continuación, demuestra los tiempos de indisponibilidad, donde se puede comparar la diferencia de costos en UF antes y después de la futura implementación del plan.

Tabla 3-6: Utilidad de implementación de plan de mantenimiento

Ítem	Horas de indisponibilidad	Costo UF por hora	Costo UF Anual
Previo a la implementación	180	27,72	4989,6
Post implementación	170	27,72	4712,4
		Utilidad	277,2

Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la empresa C&A CIA.

3.3 COSTOS TOTALES

Para considerar el valor anual total de la propuesta del plan de mantenimiento se realiza la suma general de los costos que lo componen como se muestra a continuación en la tabla 3-7:

Tabla 3-7: Costo total anual de plan de mantenimiento

Ítem	Gastos anuales	Costos UF anual
1	Mano de obra	2,91
2	Herramientas	18,37
3	Elementos de protección personal	12,45
4	Materiales de repuestos	9,59
5	Insumos	5,40
	Total	48,72

Fuente: Elaboración propia, basado en los costos asociados al plan preventivo

Posterior a la implementación se espera reducir las horas de indisponibilidad un 6,6%, lo que corresponde a 277,2 UF. Teniendo en cuenta este valor, y sabiendo que los costos anuales de la implementación corresponden a 48,72 UF. Al realizar la resta de estos dos costos obtenemos el beneficio anual de la implementación del plan de mantenimiento preventivo como se muestra en la siguiente ecuación:

$$277,2 UF - 48,72 UF = 228,48 UF$$

Por lo tanto, se deduce que es factible invertir y aplicar el plan de mantenimiento permitiendo a la empresa ahorrar 228,48 UF, convirtiendo la propuesta en una opción viable.

3.3.1 Costos totales con y sin implementación de la propuesta

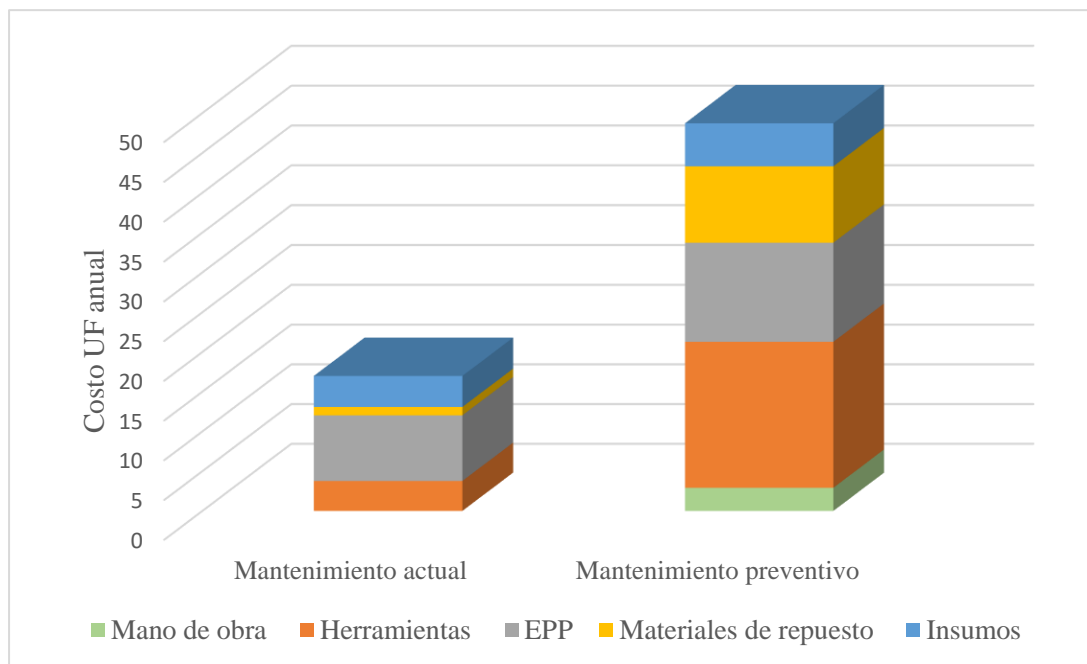
Luego de considerar la factibilidad técnica económica de lo que implica a la organización implementar la propuesta, se realiza una comparación de los costos actuales de los métodos de mantenimiento y los costos que conlleva aplicar la propuesta del plan preventivo. Cabe resaltar que los costos de mano de obra actuales tienen un valor igual a 0 y en la propuesta aumenta debido a una subcontratación necesaria, mientras que el resto de los valores también crecen a causa de la adquisición de elementos esenciales para cumplir las tareas y además crear un inventario de repuestos. A continuación, la tabla 3-8 muestra un detalle del versus de costos de la implementación.

Tabla 3-8: Comparación de costos de implementación

Ítem	Gasto anual	Costos UF Anual	
		Mantenimiento actual	Mantenimiento preventivo
1	Mano de obra	0	2,91
2	Herramientas	3,77	18,37
3	Elementos de protección personal	8,26	12,45
4	Materiales de repuestos	1,05	9,59
5	Insumos	3,9	5,4
Total		16,98	48,72

Fuente: Elaboración propia, basado en datos asociados al plan de mantenimiento

Logrando la identificación de los costos aplicados en ambas metodologías de mantenimiento y para una mejor comprensión de la diferencia entre estas, se presenta a continuación en la figura 3-2 un gráfico de barras que refleja un resumen comparativo del gasto anual de la organización. Presentando un incremento del 186% al aplicar la propuesta debido a la compra de insumos, EPP, herramientas, materiales de repuesto y la contratación de mano de obra necesarios para cumplir correctamente las actividades. Cabe destacar, como se observa en la segunda columna, de color verde se presenta un gasto correspondiente a mano de obra, el cual anteriormente no se consideraba ya que el mecánico con el que la empresa cuenta se encargaba de todas las actividades asociadas al mantenimiento, pero al aplicar el plan de mantenimiento preventivo se hace necesaria la contratación de un especialista en electromecánica el cual si se refleja en el costo de implementación.



Fuente: Elaboración propia, basado en datos asociados al plan de mantenimiento

Figura 3-2: Gráfico de barras comparación de costos

CONCLUSIÓN

El proceso productivo de la empresa se enfoca en dos objetivos generales, cultivar y manufacturar el producto, este último se divide en varias etapas para cumplir el objetivo final, dentro de éstas el calibrado del tomate, donde se encuentra la máquina calibradora la que corresponde al principal activo dentro de la línea de producción.

Posterior al diagnóstico del estado, funcionamiento y el personal encargado de operar y mantener la máquina, se determina la necesidad de realizar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM objeto a su contexto operacional dentro de la línea de producción. Para una implementación adecuada, se realiza el análisis de modos de fallas, efecto y criticidad (FMECA) regulado por las Normas Internacionales SAE JA1011, SAE JA 1012 y SAE J 1739, asimismo la recopilación de información de libros. Con el fin de detectar cada posible modo de falla y generar una planificación que englobe documentos necesarios tales como una carta de lubricación, instructivos de mantenimiento y plan maestro. La aplicación contribuye significativamente en la confiabilidad del equipo dentro del proceso de producción, reduciendo tiempos de indisponibilidad, minimizando riesgos y prolongando la vida útil del activo, además de crear un historial detallado de las intervenciones al equipo, ayudando a crear un método sistematizado más ágil de realizar para los mantenedores.

El activo analizado cuenta con un promedio anual de 180 horas de indisponibilidad correspondiente a fallas inesperadas que generan grandes costos por pérdidas de producción. Aplicar la propuesta permitiría reducir a lo menos un 6,6% el tiempo de indisponibilidad traducido monetariamente a 277,2 UF. Cabe destacar que el costo total de mantenimiento corresponde a 48.72 UF el primer año y aplicando este gasto al dinero ahorrado se sigue obteniendo 228.48 UF a favor del ahorro, convirtiendo la propuesta del plan de mantenimiento en un proyecto viable de corto a largo plazo para la organización. Si bien los costos directos de mantenimiento aumentaron un 186%, un beneficio considerable es la seguridad del personal y la confiabilidad de la máquina.

Luego de haber realizado la evaluación e identificación de cada componente de la máquina calibradora, se recomienda leer la planificación completa para aplicar correctamente los instructivos de mantenimiento, carta de lubricación y plan

maestro, asegurándose de completar con la información solicitada para cada actividad y mantener un registro ordenado de control e inspección.

BIBLIOGRAFÍA

WEATHERSPARK, El clima y el tiempo promedio en todo el año en Quillota [en línea]

<[PGIC INGENIERIA, bomba centrífuga CFM 200 \[en línea\]](https://es.weatherspark.com/y/25817/Clima-promedio-en-Quillota-Chile-durante-todo-el-año#:~:text=Temperatura%20promedio%20en%20Quillota&text=El%20mes%20más%20cálido%20del,menos%20de%2018%20°C.></p></div><div data-bbox=)

<<https://www.pgic.cl/dinamicos/productos/ficha-reggio-cfm-1452280902.pdf>>

NORD DRIVESYSTEMS, Reductores de sinfín Universal SI y SMI [en línea]

<https://www.nord.com/media/documents/bw/g1035_ie1_ie2_ie3_es_1.pdf>

MOUBRAY, JOHN. Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM II [en línea].

<<https://dokumen.tips/documents/02-rcm-ii-john-moubray-libro-completo.html?page=1>>

NORMA SAE JA1011. Criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) [en línea].

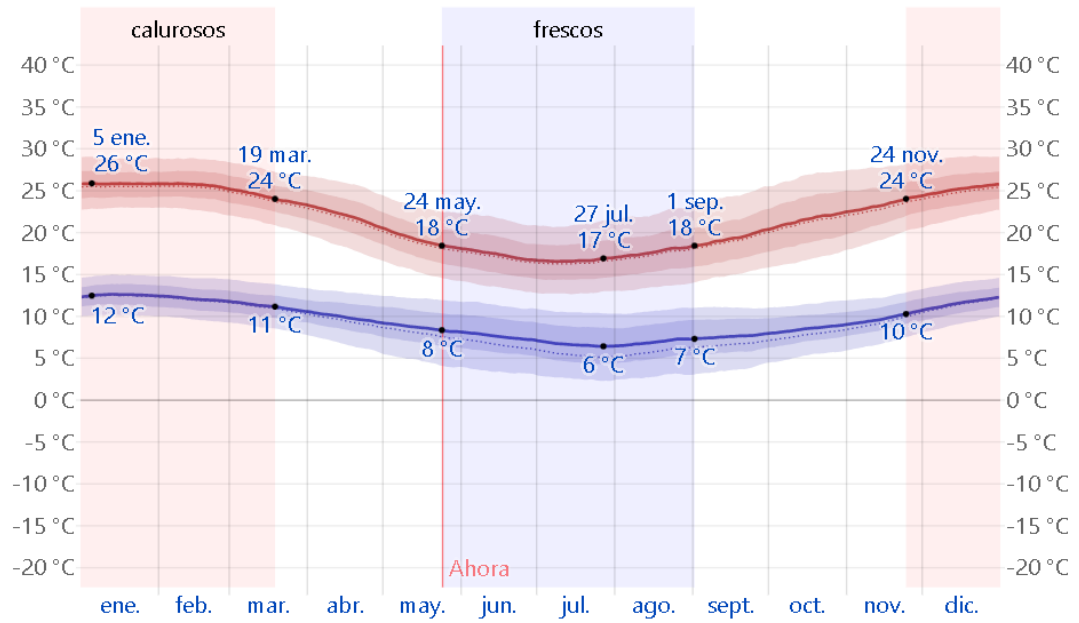
<<https://pdmtechusa.com/criterios-evaluacion-rcm/>>

NORMA SAE J1739. Criterios de evaluación para análisis de criticidad NPR [en línea].

<<https://dokumen.tips/documents/fmea-sae-j-1739.html?page=1>>

PARRA, CARLOS, Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos [en línea]

<<https://bibliotecadigital.usm.cl/info/ingenieria-de-mantenimiento-y-fiabilidad-aplicada-a-la-gestion-de-activos-00776210>>

ANEXOS**[ANEXO A: TEMPERATURA PROMEDIO EN QUILLOTA]**

La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Máxima	26 °C	26 °C	24 °C	22 °C	19 °C	17 °C	17 °C	18 °C	19 °C	22 °C	23 °C	25 °C
Temp.	19 °C	19 °C	17 °C	16 °C	13 °C	12 °C	11 °C	12 °C	13 °C	15 °C	16 °C	18 °C
Mínima	13 °C	12 °C	11 °C	10 °C	9 °C	8 °C	7 °C	7 °C	8 °C	9 °C	10 °C	12 °C

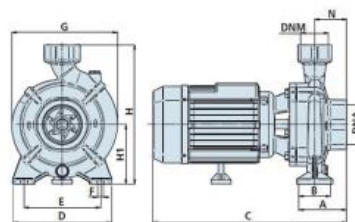
[ANEXO B: BOMBA CENTRIFUGA CFM 200]


**Bombas Centrifugas
CFM**

Bombas centrífugas diseñadas para uso doméstico e industrial. Silenciosas y de larga duración, son ampliamente utilizadas en transferencia de fluidos, riego y cualquier aplicación que requiera caudales moderadamente altos y alturas medianas.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Impulsor en hierro fundido (salvo CFM 150BR en latón cobre - zinc); eje acero inoxidable. Protector térmico incorporado en motores monofásicos. Límites de empleo: temperatura del agua 90°C, temperatura ambiente 40°C, altura de succión 7m. Motor con aislación clase F y protección IP55.

**DIMENSIONES**

TIPO		DIMENSIONES mm											CAJA (mm)			PESO	
Monofase	Trifase	A	B	C	D	E	F	G	H	H1	N	DNA	DNM	P	L	H	Kg
CFM 150BR	CF 150BR	96	55	394	205	165	14	220	286	119	69	2"	2"	250	450	340	23
-	CF 150	96	55	394	205	165	14	220	286	119	69	2"	2"	250	450	340	23
CFM 200	CF 200	96	55	394	205	165	14	220	286	119	69	2"	2"	250	450	340	25
CFM 300	CF 300	96	55	426	205	165	14	220	286	119	69	2"	2"	250	450	340	29
CFM 350	CF 350	99	55	430	215	170	14	235	309	132	71	3"	2"	250	450	340	30
-	CF 400	99	55	496	215	170	14	235	309	132	71	3"	2"	250	450	340	31
-	CF 550	99	55	496	215	170	14	235	309	132	71	3"	2"	250	450	340	38

[ANEXO C: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTORREDUCTOR N°1]



P ₁ [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M ₂ [Nm]	f _B	i _{ges}	i _{sch}	i _{vor}	F _R	F _{RF}	Motorreductor			mm mm	
									IE1	IE2	IE3		
1,50	35	279	0,9	40	40		8,0	4,8	SK 1SI 75 IEC90 - 90 L/4	SK 1SI 75 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SI 75 IEC90 - 90 LP/4	B36-37	
	47	234	0,9	30	30		8,0	4,9					
	57	202	1,1	25	25		8,0	4,9					
	71	166	1,5	20	20		8,0	4,9					
	94	128	2,1	15	15		8,0	5,0					
	113	111	1,9	12,5	12,5		8,0	5,0					
	142	90	2,5	10	10		8,0	5,0					
									SK 1SMI 75 IEC90 - 90 L/4	SK 1SMI 75 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SMI 75 IEC90 - 90 LP/4	31	B46-47
	47	210	0,8	30	30		4,7	2,1	SK 1SI 63 IEC90 - 90 L/4	SK 1SI 63 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SI 63 IEC90 - 90 LP/4	B34-35	
	71	160	0,9	20	20		5,1	2,3					
94	125	1,2	15	15		5,3	2,4						
113	109	1,2	12,5	12,5		5,4	2,4						
142	88	1,5	10	10		5,5	2,5						
189	68	2,1	7,5	7,5		5,5	2,5						
283	47	2,5	5	5		5,6	2,5						
								SK 1SMI 63 IEC90 - 90 L/4	SK 1SMI 63 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SMI 63 IEC90 - 90 LP/4	23	B44-45	
142	86	0,9	10	10		4,8	2,4	SK 1SI 50 IEC90 - 90 L/4	SK 1SI 50 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SI 50 IEC90 - 90 LP/4	B32-33		
189	66	1,2	7,5	7,5		4,8	2,5						
283	46	1,4	5	5		4,6	2,5						
								SK 1SMI 50 IEC90 - 90 L/4	SK 1SMI 50 IEC90 - 90 LH/4	SK 1SMI 50 IEC90 - 90 LP/4	21	B42-43	

[ANEXO D: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE MOTORREDUCTOR N°2]

0,55 kW**1 SI, 1 SMI - Motorreductores de sinfín**

P ₁ [kW]	n ₂ [min ⁻¹]	M ₂ [Nm]	f _B	i _{ges}	i _{sch}	i _{vor}	F _R	F _{RF}	Motorreductor			IE1 kg	mm
									IE1	IE2	IE3		
0,55	14	192	1,0	100	100		8,0	4,9	SK 1SI 75 IEC80 - 80 S/4	SK 1SI 75 IEC80 - 80 SH/4			B36-37
	18	169	1,2	80	80		8,0	4,9					
	24	138	1,6	60	60		8,0	5,0					
	28	120	1,9	50	50		8,0	5,0					
	36	102	2,4	40	40		8,0	5,0					
	47	85	2,6	30	30		8,0	5,0					
	57	74	3,1	25	25		8,0	5,0					
									SK 1SMI 75 IEC80 - 80 S/4	SK 1SMI 75 IEC80 - 80 SH/4		23	B46-47
	18	154	0,8	80	80		5,1	2,3	SK 1SI 63 IEC80 - 80 S/4	SK 1SI 63 IEC80 - 80 SH/4			B34-35
	24	126	1,0	60	60		5,3	2,4					
	28	113	1,2	50	50		5,4	2,4					
	36	96	1,5	40	40		5,4	2,4					
	47	77	2,1	30	30		5,5	2,5					
	57	70	1,9	25	25		5,5	2,5					
	71	58	2,5	20	20		5,5	2,5					
	95	45	3,4	15	15		5,6	2,5					
	114	40	3,2	12,5	12,5		5,6	2,5					
									SK 1SMI 63 IEC80 - 80 S/4	SK 1SMI 63 IEC80 - 80 SH/4		15	B44-45
	36	89	0,9	40	40		4,8	2,4	SK 1SI 50 IEC80 - 80 S/4	SK 1SI 50 IEC80 - 80 SH/4			B32-33
	47	72	1,2	30	30		4,8	2,5					
	57	67	1,1	25	25		4,8	2,5					
	71	55	1,5	20	20		4,8	2,5					
	95	44	2,0	15	15		4,8	2,5					
	114	38	1,9	12,5	12,5		4,8	2,5					
	142	31	2,4	10	10		4,8	2,5					
	189	24	3,2	7,5	7,5		4,8	2,5					
									SK 1SMI 50 IEC80 - 80 S/4	SK 1SMI 50 IEC80 - 80 SH/4		14	B42-43
	47	67	0,8	30	30		2,6	1,1	SK 1SI 40 IEC80 - 80 S/4	SK 1SI 40 IEC80 - 80 SH/4			B30-31
	71	53	0,9	20	20		2,7	1,1					
	95	42	1,2	15	15		2,7	1,1					
	114	37	1,1	12,5	12,5		2,8	1,1					
	142	30	1,4	10	10		2,8	1,1					
	189	24	1,9	7,5	7,5		2,8	1,2					
	284	16	2,3	5	5		2,5	1,2					
									SK 1SMI 40 IEC80 - 80 S/4	SK 1SMI 40 IEC80 - 80 SH/4		12	B40-41

[ANEXO E: INSTRUCTIVOS DE MANTENIMIENTO PARA MÁQUINA CALIBRADORA]

Empresa C&A CIA		Instructivo de mantenimiento de máquina calibradora de tomates			
Equipo:	Máquina calibradora	Fecha:	/ /		
Componente:	Motorreductor Nord n° 2	Ejecutado:			
Código:	SK ISI 40 de 0,55 kW	Supervisor:			
Ítem	Herramientas				
1	Set de destornilladores				
2	Set de alicates				
3	Multítester				
4	Llave trinquete				
5	Set de dados				
6	Set de llaves punta corona				
7	Extractor de rodamiento				
8	Llave de torque				
9	Martillo de goma				
10	Lubricante (grasa y aceite)				
11	Termómetro infrarrojo				
Ítem	Elementos de protección personal (EPP)				
1	Overol				
2	Lentes de seguridad				
3	Zapatos de seguridad				
4	Guantes de seguridad				
5	Casco de seguridad				
Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado
1	Anual	Desenergizar Componente.	1	0,1	<input type="checkbox"/>
2	Anual	Soltar pernos de sujeción de carcasa con chasis	1	0,2	<input type="checkbox"/>
3	Anual	Desacoplar motor y caja reductora	1	0,3	<input type="checkbox"/>
4	Anual	Revisión de carcasa de motor, caja reductor y acoples.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
DESARME DE MOTOR					
5	Anual	Revisión de estado de eje de transmisión y chavetas	1	0,5	<input type="checkbox"/>
6	Anual	Realizar cambio de rodamientos	1	1	<input type="checkbox"/>
7	Anual	Revisar estado de bobinado y devanado	1	0,6	<input type="checkbox"/>
8	Anual	Revisar estado del ventilador	1	0,1	<input type="checkbox"/>
9	Anual	Realizar armado de motor.	1	1,5	<input type="checkbox"/>
DESARME DE CAJA REDUCTORA					
10	Anual	Realizar cambio de rodamiento.	1	1	<input type="checkbox"/>
11	Anual	Realizar cambio de aceite.	1		<input type="checkbox"/>
12	Anual	Revisar estado de ejes de transmisión y chavetas	1	0,5	<input type="checkbox"/>
13	Anual	Revisar estado de sellos mecánicos.	1	0,2	<input type="checkbox"/>
14	Anual	Revisar estado de engranajes.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
15	Anual	Revisar estado de empaquetaduras.	1	0,1	<input type="checkbox"/>
16	Anual	Realizar armado de caja reductora	1	1,6	<input type="checkbox"/>
MONTAJE DE MOTOR REDUCTOR					
17	Anual	Realizar montaje y sujeción del componente en el chasis.	1	1	<input type="checkbox"/>
18	Anual	Energizar Componente.	1	0,1	<input type="checkbox"/>
19	Anual	Comprobar funcionamiento.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
20	Anual	Medir temperatura del motor eléctrico	1	0,1	<input type="checkbox"/>
MEDICIÓN DE TENSIÓN Y CORRIENTE					
21	Anual	Trifásico	R=	V1=	<input type="checkbox"/>
			S=	V2=	
			T=	V3=	
			1	1	
Observaciones:					

Empresa C&A
CIA

Instructivo de mantenimiento de máquina calibradora de tomates

Equipo: Máquina calibradora Fecha / /
 Componente: Cinta elevadora Ejecudato: _____
 Codigo: _____ Supervisor: _____

Ítem	Herramientas
1	Set de dados
2	Set de alicates
3	Llave trinquete
4	Set de llaves punta corona
5	Llave de torque
6	Lubricante (grasa)
7	Paños de limpieza
8	Extractor de retenes
9	Engrasadora Manual
10	Set de alicates seguros seagers

Ítem	Elementos de proteccion personal (EPP)
1	Overol
2	Lentes de seguridad
3	Zapatos de seguridad
4	Guantes de seguridad
5	Casco de seguridad

Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado
1	Semanal	Limpieza general del componente.	1	1	<input type="checkbox"/>
2	Semanal	Verificar estado de cadena de transmisión; fisuras o desgaste excesivo de los eslabones y pasadores.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
3	Semanal	Verificar estado de descansos; vibraciones excesivas, ruidos anormales y fugas de lubricante en los retenes.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
4	Semanal	Verificar estado de piñones; fisuras o desgaste excesivo de los dientes.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
5	Semanal	Verificar estado de roller de pvc; fisuras y deformaciones.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
6	Mensual	Ajustar tensión de cinta;calibrar tensores a la misma distancia en ambos lados.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
7	Anual	Sustitución de grasa lubricante en descansos; utilizar engrasador manual en todas las boquillas	1	0,4	<input type="checkbox"/>
8	Anual	Verificar apriete de fijaciones de los descansos.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
9	Anual	Engrasar cadena de transmisión manualmente	1	0,5	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Empresa C&A
CIA

Instructivo de mantenimiento de máquina calibradora de tomates

Equipo: Máquina calibradora Fecha / /
 Componente: Cepillos cilindricos Ejecudato: _____
 Codigo: _____ Supervisor: _____

Ítem	Herramientas
1	Set de dados
2	Set de alicates
3	Llave trinquete
4	Set de llaves punta corona
5	Llave de torque
6	Lubricante (grasa)
7	Paños de limpieza
8	Extractor de retenes
9	Engrasadora Manual
10	Pie de metro
11	Set de alicates seguros seagers

Ítem	Elementos de protección personal (EPP)
1	Overol
2	Lentes de seguridad
3	Zapatos de seguridad
4	Guantes de seguridad
5	Casco de seguridad

Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado
1	Semanal	Comprobar funcionamiento del componente.	1	0.1	<input type="checkbox"/>
2	Semanal	Limpieza general del componente.	1	0.7	<input type="checkbox"/>
3	Semanal	Verificar estado de cadena de transmisión; fisuras o desgaste excesivo de los eslabones y pasadores.	1	0.5	<input type="checkbox"/>
4	Semanal	Verificar estado de descansos; vibraciones excesivas, ruidos anormales y fugas de lubricante en los retenes.	1	0.5	<input type="checkbox"/>
5	Semanal	Verificar estado de piñones; fisuras o desgaste excesivo de los dientes.	1	0.3	<input type="checkbox"/>
6	Anuual	Verificar estado de los cepillo cilindricos; medir largo de los pelos del cepillo.	1	1	<input type="checkbox"/>
7	Anuual	Sustitución de grasa lubricante en descansos; utilizar engrasador manual en todas las boquillas	1	0.4	<input type="checkbox"/>
8	Anuual	Verificar apriete de fijaciones de los descansos.	1	0.5	<input type="checkbox"/>
9	Anuual	Engrasar cadena de transmisión manualmente	1	0,5	<input type="checkbox"/>

Observaciones: _____

Empresa C&A CIA		Instructivo de mantenimiento de máquina calibradora de tomates			
Equipo:	Máquina calibradora	Fecha	/ /		
Componente:	Juego de malla calibradora	Ejecutado:			
Código:		Supervisor:			
Ítem	Herramientas				
1	Set de destornilladores				
2	Set de alicates				
3	Llave trinquete				
4	Set de dados				
5	Set de llaves punta corona				
6	Extractor de rodamiento				
7	Llave de torque				
8	Martillo de goma				
9	Lubricante (grasa y aceite)				
10	Engrasador manual				
11	Paños de limpieza				
12	Set de akicate seguros seagers				
Ítem	Elementos de proteccion personal (EPP)				
1	Overol				
2	Lentes de seguridad				
3	Zapatos de seguridad				
4	Guantes de seguridad				
5	Casco de seguridad				
Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado
1	Semanal	Comprobar funcionamiento	1	0,1	<input type="checkbox"/>
2	Semanal	Limpieza general del componente	1	1	<input type="checkbox"/>
3	Semanal	Verificar estado de cadena de transmisión; fisuras o desgaste excesivo de los eslabones y pasadores.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
4	Semanal	Verificar estado de descansos; vibraciones excesivas, ruidos anormales y fugas de lubricante en los retenes.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
5	Semanal	Verificar estado de piñones; fisuras o desgaste excesivo de los dientes.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
6	Mensual	Verificar estado de los rodillos; desgaste irregular del eje o cuerpo del polín.	1	1,5	<input type="checkbox"/>
7	Trimestral	Verificar estado de malla; medir diámetros de los pentagonos y dilatación de uniones, fisuras y desgastes	1	2	<input type="checkbox"/>
8	Anual	Engrasar cadena de transmisión manualmente	1	0,5	<input type="checkbox"/>
9	Anual	Alinear y ajustar tensión de la malla; calibrar tensores a la misma distancia en ambos lados.	1	1	<input type="checkbox"/>
10	Anual	Sustitución de grasa lubricante en descansos; utilizar engrasador manual en todas las boquillas	1	0,5	<input type="checkbox"/>
11	Anual	Verificar apriete de fijaciones de los descansos.	1	0,6	<input type="checkbox"/>
Observaciones:					

Empresa C&A
CIA

Instructivo de mantenimiento de máquina calibradora de tomates

Equipo: Máquina calibradora Fecha / /
 Componente: Cinta de salida Ejecudato: _____
 Codigo: _____ Supervisor: _____

Ítem	Herramientas
1	Set de dados
2	Set de alicates
3	Llave trinquete
4	Set llaves punta corona
5	Llave de torque
6	Lubricante (grasa)
7	Paños de limpieza
8	Extractor de retenes
9	Engrasadora manual
10	Set de alicate seguros seagers

Ítem	Elementos de proteccion personal (EPP)
1	Overol
2	Lentes de seguridad
3	Guantes de seguridad
4	Zapatos de seguridad
5	Casco de seguridad

Ítem	Intervalo	Actividades	N° personas	HH	Revisado
1	Semanal	Comprobar funcionamiento de la cinta.	1	0,1	<input type="checkbox"/>
2	Semanal	Limpieza general del componente.	1	1	<input type="checkbox"/>
3	Semanal	Verificar estado de cadena de transmisión; fisuras o desgaste excesivo de los eslabones y pasadores.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
4	Semanal	Verificar estado de descansos; vibraciones excesivas, ruidos anormales y fugas de lubricante en los retenes.	1	0,5	<input type="checkbox"/>
5	Semanal	Verificar estado de piñones; fisuras o desgaste excesivo de los dientes.		0,3	<input type="checkbox"/>
6	Mensual	Alinear y ajustar tensión de cinta;calibrar tensores a la misma distancia en ambos lados.	1	0,3	<input type="checkbox"/>
7	Anual	Engrasar cadena de transmisión manualmente	1	0,5	<input type="checkbox"/>
8	Anual	Sustitución de grasa lubricante en descansos; utilizar engrasador manual en todas las boquillas	1	0,5	<input type="checkbox"/>
9	Anual	Verificar apriete de fijaciones de los descansos.	1	0,6	<input type="checkbox"/>

Observaciones: _____
