UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DE MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE REDISEÑO DE MAQUINA ENCAPSULADORA COMPLEX, CONSIDERANDO PARÁMETROS OPERACIONALES Y DE MANTENIMIENTO

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

Alumno:
César Enrique Mora Aparicio

Profesor guía:
ING. MG. Félix Pizarro Martínez

2020

RESUMEN

KEYWORDS: ENCAPSULADORA – WINERY – CÁPSULA COMPLEX

Este trabajo de título busca clarificar lo sucedido con la máquina encapsuladora complex, que se encuentra presente en el proceso productivo de la empresa Piernas Largas Winery SPA. A su vez, proponer un plan de mantenimiento específico para este equipo, con el propósito de evitar futuras fallas y disminuir los tiempos de parada que presenta, lo que aumentará su disponibilidad.

La encapsuladora que comenzó con un par de fallos aislados, hasta que en un momento su disponibilidad se redujo al 47%, hoy se encuentra desconectada de la línea productiva, por lo que la empresa optó por contratar un nuevo operario para desempeñar parte de esta función.

Para comenzar se presenta la empresa e introduce el contexto en el que se encuentra la máquina encapsuladora complex, comentando sobre cómo funciona el proceso productivo, sus principales proveedores y compradores. Dentro de los proveedores se destaca la compañía Carolina Wine Brands por su gran importancia en el mercado vitivinícola de nuestro país.

En el segundo capítulo, se procede a aplicar técnicas aprendidas a lo largo de la carrera, para poder calcular la disponibilidad del equipo, seguido de un análisis de causa raíz, con la ayuda de los mismos operarios, quienes colaboraron al entregar la información necesaria que pudieron visualizar del último funcionamiento de este equipo. Es aquí donde se utiliza el FMECA para poder analizar más a detalle los componentes con problemas del equipo, que se categorizan a través el NPR, que se basa en la norma SAE J1739.

Para finalizar, se utilizan todos los datos recopilados y analizados en los capítulos anteriores para aplicar la técnica del RCM, que comienza con la hoja de información, seguida de la hoja de decisión, la cual se elabora guiándose en el diagrama de decisión RCM. Gracias a esto, se pueden proponer actividades para cada modo de fallo seleccionado, además de proponer un plan de mantenimiento enfocado a los componentes críticos de la encapsuladora complex.

INDICE

RESUMEN
INTRODUCCIÓN
OBJETIVOS
OBJETIVO GENERAL
OBJETIVOS ESPECIFICOS

1 PRESENTAR LA EMPRESA, PROCESO Y MÁQUINAS ASOCIADAS. 7
1.1 EMPRESA INVOLUCRADA 7
1.2 LINEA PRODUCTIVA 10
1.2.1 Embotellado 11
1.2.2 Secado 12
1.2.3 Encapsulado 13
1.2.4 Etiquetado 14
1.2.5 Empaquetado 15
1.3 PROCESO ADICIONAL 16
1.4 PROBLEMÁTICA 17
2 ANALIZAR ENCAPSULADORA COMPLEX MEDIANTE ESTUDIO FMECA 21
2.1 CONTEXTO ENCAPSULADORA 21
2.2 ANALISIS DE FALLA 22
2.2.1 Gráfico de barras 22
2.2.2 Disponibilidad 23
2.2.3 Análisis causa raíz 25
2.2.4 Aplicación de análisis causa raíz 26
2.2.4.1 Definir el problema 26
2.2.4.2 Efectuar análisis del problema 26
2.2.4.3 Identificar posibles soluciones efectivas 27
2.2.4.4 Campana con movimiento basculante-elíptico 28
2.2.4.5 Distribuidor de capsulas 29
2.2.4.6 Sistema de transmisión de campana 30
2.2.4.7 Número prioridad de riesgo para cada modo de falla (NPR) 31
2.2.4.8 Análisis NPR a campana con movimiento basculante-elíptico 33
2.2.4.9 Análisis NPR a distribuidor de capsulas 34
2.2.4.10 Análisis NPR a sistema de transmisión de campana 34

3 DIAGNOSTICAR EL ESTADO DE LA MÁQUINA, EN BASE AL ANALISIS DE FALLA 39
3.1 IMPLEMENTAR SOLUCIONES 39
3.2 HOJA DE INFORMACIÓN RCM 40
3.2.1 Hoja de información campana con movimiento basculante-elíptico 41
3.2.2 Hoja de información distribuidor de cápsulas 42
3.2.3 Hoja de información sistema de transmisión 43
3.3 HOJA DE DECISIÓN RCM 44
3.3.1 Hoja de decisión campana con movimiento basculante-elíptico 45
3.3.2 Hoja de decisión distribuidor de cápsulas 46
3.3.3 Hoja de decisión sistema de transmisión 47
3.4 PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO 47
3.4.1 ¿Qué trabajo requiere realizar? 48
3.4.2 ¿Por qué se debe realizar? 48
3.4.3 ¿Cuáles son las recomendaciones para esta actividad? ¿se consideraron en el alcance del trabajo? 48
3.4.4 ¿Cómo se debe realizar el trabajo? 48
3.4.5 Calendarización de actividades propuestas. 51
3.5 BENEFICIOS ASOCIADOS 52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS
ANEXO A: TIPOS DE LUBRICACIÓN
ANEXO B: TABLA DE PERNO Y TORQUE
ANEXO C: ENSAYO TERMOGRÁFICO
ANEXO D: LLAVE ALLEN
ANEXO E: TINTAS PENETRANTES
ANEXO F: LLAVE PUNTA CORONA
ANEXO G: PIE DE METRO
ANEXO H: MEDICIÓN HOLGURAS
ANEXO I: ALINEADOR LASER
ANEXO J: EXTRACTOR HIDRAULICO
ANEXO K: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO
ANEXO L: CHECK LIST ASOCIADOS A MANTENIMIENTO

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1: Imagen satelital, ubicación bodega de producción. 7
Figura 1- 2: Frontis bodega de producción. 8
Figura 1- 3: Layout de referencia para la distribución de la bodega productiva. 10
Figura 1- 4: Proceso productivo principal. 11
Figura 1- 5: Máquina embotelladora. 12
Figura 1- 6: Máquina secadora de exterior de botellas. 12
Figura 1- 7: Máquina encapsuladora complex. 13
Figura 1- 8: Rótulo informativo de encapsuladora complex. 14
Figura 1- 9: Máquina de etiquetas y contra etiquetas. 15
Figura 1- 10: Distribución de botellas en cajas. 16
Figura 1- 11: Máquina CNC. 17

Figura 3- 1: Diagrama de decisión RCM. 44

INDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1: Cantidad de fallos aproximados del equipo. 22
Tabla 2- 2: Disponibilidad del equipo. 24
Tabla 2- 3: FMECA de campana. 28
Tabla 2- 4: FMECA distribuidor de cápsulas. 29
Tabla 2- 5: FMECA sistema de transmisión campana. 30
Tabla 2- 6: Criterios sugeridos para la evaluación de severidad. 31
Tabla 2- 7: Criterios sugeridos para la evaluación de probabilidad. 32
Tabla 2- 8: Criterios sugeridos para la evaluación de detección. 32
Tabla 2- 9: NPR para los modos de falla de la campana. 33
Tabla 2- 10: NPR para los modos de falla del distribuidor. 34
Tabla 2- 11: NPR para los modos de fallo del sistema de transmisión. 34

Tabla 3- 1: Hoja de información de la campana. 41
Tabla 3- 2: Hoja de información del distribuidor de cápsulas. 42
Tabla 3- 3: Hoja de información del sistema de transmisión. 43

Tabla 3- 4: Hoja de decisión campana. 45
Tabla 3- 5: Hoja de decisión distribuidor de cápsulas. 46
Tabla 3- 6: Hoja de decisión sistema de transmisión. 47
Tabla 3- 7: Calendarización para actividades de mantenimiento. 51
Tabla 3- 8: Estimación de costos asociados. 52
Tabla 3- 9: Estimación de horas hombre asociadas. 53
Tabla 3- 10: Estimación de gasto anual por sueldo de operario. 53
Tabla 3- 11: Estimación de disponibilidad posterior al plan de mantenimiento. 54

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2- 1: Comportamiento de fallas del equipo. 23
Gráfico 2- 2: Comportamiento disponibilidad del equipo. 24

Gráfico 3- 1: Comportamiento esperado de disponibilidad. 54

SIGLA Y SIMBOLOGIA

A. SIGLA

SN	:	Sin número
CNC	:	Control numérico por computadora.
TTR	:	Time to repair (Tiempo en reparación).
FMEA	:	Failure Mode and Effect Analysis (Análisis de modos de falla y efecto).
FMECA	:	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (Análisis de modos de fallos, efectos y su criticidad).
ISO	:	International Organization for Standardization (Organization Internacional de Estandarización).
NPR	:	Número Prioritario de Riesgo.
O	:	Ocurrencia.
S	:	Severidad.
D	:	Detección.
RCM	:	Reliability Centred Maitenance (Mantenimiento centrado en la Confiabilidad).

B. SIMBOLOGÍA

#	:	Número.
L/H	:	Litros por hora.
$	:	Peso chileno.
<	:	Menor que.
>	:	Mayor que.
≤	:	Menor o igual que.
≥	:	Mayor o igual que.
Mm	:	Milímetro.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se busca principalmente darle operatividad a la máquina encapsuladora complex, presente en la línea productiva de la empresa Piernas Largas Winery Spa. Al momento de iniciar este trabajo, existe una completa desinformación con respecto a lo que acontece con dicha máquina.

Todo esto surgió hace 18 meses, cuando la recién mencionada máquina comenzó con problemas, lo que, con el tiempo significó para la empresa contratar un nuevo operario, el cual debe realizar manualmente la labor predeterminada. Se desconoce el motivo de la falla al momento de iniciar esta investigación. Aquí recae la importancia de este trabajo, ya que se buscará el motivo de la falla y posterior a esto, darle solución. Para finalizar se pretende dejar una propuesta de plan de mantenimiento para evitar futuros problemas en la encapsuladora. Para lograr lo mencionado, se utilizarán herramientas aprendidas a lo largo de la carrera, como los análisis de fallas de error.

En los análisis de fallas y error se pueden encontrar variadas técnicas, dentro de las cuales para este trabajo se escogieron las tablas FMECA y RCM, con el fin de recopilar y estudiar la mayor cantidad de información posible. Otras posibles técnicas son por ejemplo el diagrama de Ishikawa, el cual se fundamenta en que, si se elimina la causa, se soluciona el problema, por lo que se identifican causas principales y secundarias. Otro, es el diagrama de Jack knife, que busca clasificar información recopilada en un periodo de tiempo, lo cual en este caso no es aplicable ya que la cuestionada máquina, no posee con un registro detallado de sus fallas y componentes comprometidos, por otra parte, se encuentra la técnica de los “cinco porqués”, la cual es un sistema de preguntas que busca identificar las posibles fallas.

En base a la poca información entregada por la empresa, se decidió utilizar el FMECA por sobre estas técnicas recién mencionadas, ya que, a opinión personal, es un diagrama más completo, ya que busca toda posible falla en los componentes reconocidos de la máquina, además que, al complementarlo con un RCM, se puede tener una visión más completa del panorama, identificando posibles fallas junto a sus posibles soluciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un estudio a los problemas presentados en la encapsuladora complex, en base a los análisis de fallas, recuperando su funcionalidad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Presentar la empresa, proceso y máquinas asociadas en base a su línea productiva, familiarizando el contexto operacional de Piernas Largas.

- Analizar encapsuladora complex mediante estudio FMECA, identificando sus fallas de mayor criticidad.

- Diagnosticar el estado de la máquina en base al análisis de falla, presentando mejoras operacionales y de mantenimiento.

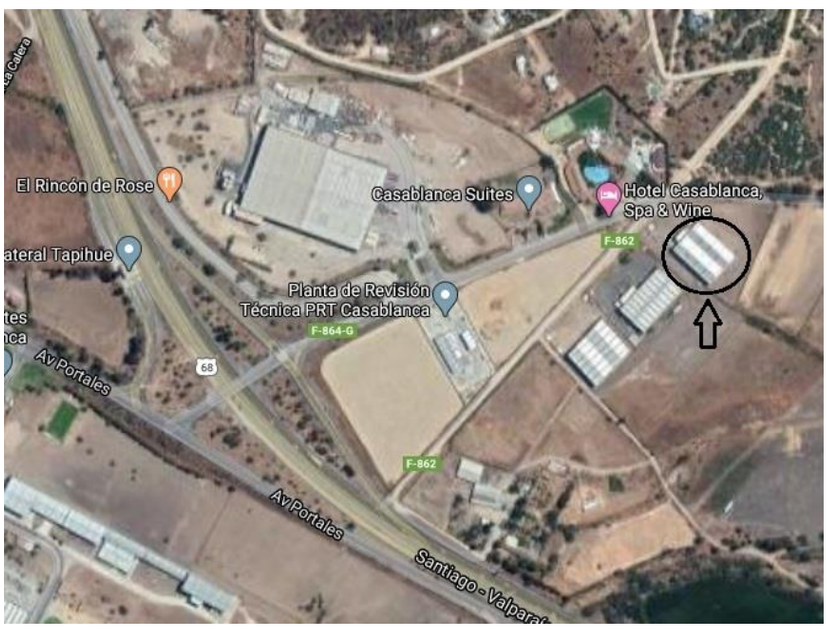
CAPITULO 1: PRESENTAR LA EMPRESA, PROCESO Y MÁQUINAS ASOCIADAS.

1 PRESENTAR LA EMPRESA, PROCESO Y MÁQUINAS ASOCIADAS.

A continuación, se presenta la empresa Piernas Largas, la cual posee dentro de su línea productiva la máquina encapsuladora complex. Se identifican sus principales funciones, proveedores y compradores, además de describir su proceso productivo.

1.1 EMPRESA INVOLUCRADA

Piernas largas Winery SPA es una empresa que mantiene dos sucursales hábiles para visitar, una es su oficina empresarial, ubicada en Esmeralda 973, oficina 502, Valparaíso. Mientras que su bodega de producción se encuentra ubicada en Camino Tapihue, la curva #SN, comuna de Casablanca, en la región de Valparaíso.



Fuente: Google maps.

Figura 1- 1: Imagen satelital, ubicación bodega de producción.

En la sucursal ubicada en la comuna de Casablanca, se realiza todo el proceso productivo, tomando en cuenta herramientas de marketing y ventas.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno.

Figura 1- 2: Frontis bodega de producción.

Esta empresa se dedica principalmente a la venta de vino embotellado como marca, por lo que recibe distintas cepas de vino tinto y blanco para ser mezcladas y luego envasadas.

Piernas largas trabaja con diversas viñas productoras de cepas, las cuales son las siguientes:

- RFG SPA
- Patagonia Wines
- Lapostolle Wines
- Carolina Wine Brands

Las dos primeras viñas se ubican en los valles de Curicó, Lapostolle Wines en el valle de Colchagua mientras que Carolina Wine Brands, siendo la más reconocida de estas, se encuentra en los más importantes valles de nuestro país.

Carolina Wine Brands comenzó en 2006, agrupando variadas compañías vitivinícolas, como lo son Viña Santa Carolina, Viña Casablanca, Antares, Viña Ochagavía e incluso desde Argentina la Finca el Origen.

En la actualidad, posee viñas en los valles más importantes del país, como lo son el de Colchagua, Cachapoal y Lontué, donde se realiza el cultivo de las siguientes cepas:

- Cabernet Sauvignon
- Merlot
- Malbec

- Pinot Noir
- Sauvignon Blanc
- Chardonnay
- Syrah
- Carmenere
- Semillón
- Gewürztraminer
- Chenin Blanc

De todas las mencionadas anteriormente, Piernas Largas se limita a recibir estas cepas para sus distintos formatos de vinos:

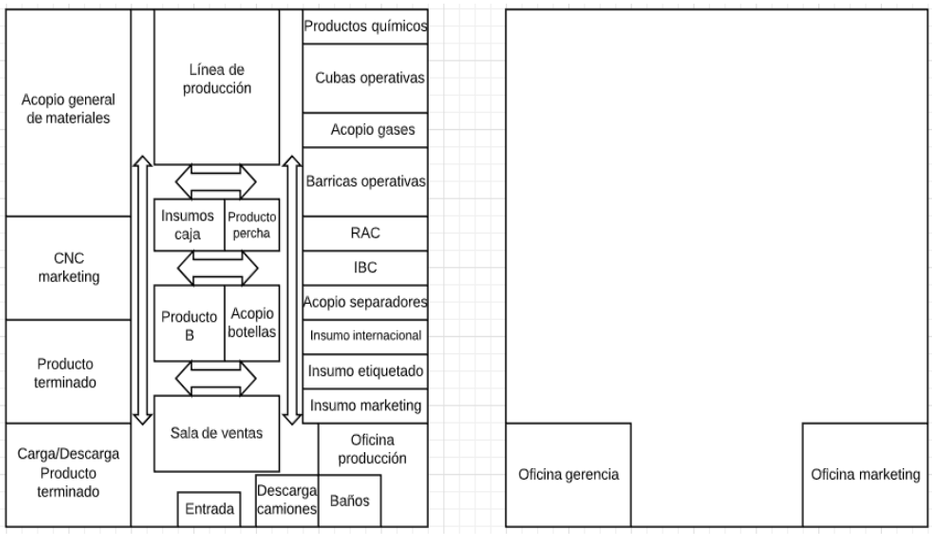
- Cabernet Sauvignon
- Carmenere
- Merlot
- Sauvignon Blanc
- Syrah
- Blend

Los dos principales compradores de estos vinos son empresas como Walmart Chile y Cencosud.

En primer lugar, el nombre comercial del vino que compra Walmart es “ENTRE VIENTOS”, mientras que para Cencosud el nombre de sus vinos es “PIERNAS LARGAS”, ambos en formato varietal, reserva y gran reserva de las cepas mencionadas anteriormente.

En la bodega, adicional a la línea de producción, se puede encontrar la sala de ventas, ubicada en el primer piso y las oficinas de gerencia y marketing en el segundo piso, con vista a toda el área productiva.

A continuación, se muestra un layout explicativo de cómo se distribuye la bodega de producción.



Fuente: Elaboración propia, realizada en terreno.

Figura 1- 3: Layout de referencia para la distribución de la bodega productiva.

Como se puede apreciar en el layout de referencia, la empresa se organiza estratégicamente, dejando todo el acopio de insumos cercano a la zona de descarga de camiones, para facilitar su ordenamiento y traslado. Por otra parte, los productos químicos, gases y cubas operativas se ubican cercano a la zona donde inicia todo el proceso de producción. El acopio general de materiales incluye todo tipo de material sobrante en la línea de producción, por lo que se ubica al lado de esta.

El primer nivel cuenta con dos entradas, una ya mencionada que es la zona de descarga de camiones, y, la otra es la zona de carga de productos terminados. Se aprecian pasillos dentro del esquema, en los cuales transita personal a pie y también una grúa horquilla, la cual se utiliza para el traslado de cualquier elemento de mayor tamaño y/o peso.

La sala de ventas en el primer nivel y las oficinas de gerencia y marketing en el segundo nivel, se ubican justo en la entrada al galpón para así evitar que personal visitante intervenga y contamine las zonas productivas.

1.2 LINEA PRODUCTIVA

Primero se realiza la descarga de los camiones de 30.000 litros de capacidad cargados con las distintas cepas de vino, a través de bombas para ser guardados en cubas o barricas. La empresa cuenta con tres bombas, dos de tornillo con 6.000 L/H de capacidad y una tercera de rotor con 20.000 L/H. Las cubas en total son 14, con formatos de

capacidad 2500 (4), 4000 (3), 4500 (1), 4600 (1), 6000 (3), 15000 (1) y 25000 (1) litros respectivamente. Las barricas por su parte son 25, de las cuales son 24 con capacidad de 225 litros y 1 de 400 litros de capacidad.

Antes de ingresar a la línea productiva, el vino es filtrado por un filtro de placas para eliminar al máximo las impurezas presentes por factores externos.

Una vez que se tiene la mezcla de vino lista para envasar, se procede a realizar la siguiente línea productiva

Fuente: Elaboración propia, en base a la información obtenida.

Figura 1- 4: Proceso productivo principal.

1.2.1 Embotellado

Es el primer paso de la línea productiva, en esta parte las botellas se ingresan de forma manual en la correa transportadora, para así ingresar a la máquina embotelladora.

Una vez que la botella hace ingreso a la máquina, se lava en su interior con agua filtrada, para evitar contaminaciones. Luego a la botella lavada y vacía, se le adiciona nitrógeno gaseoso antes de que ingresé al carrusel donde se llenará con la cepa de vino deseada. Inmediatamente, dentro de la misma embotelladora se inserta el corcho y se realiza el apriete.

Finalizado esto, la botella sigue en la correa transportadora a la siguiente máquina que es la lavadora, que se encuentra inoperativa, ya que las botellas utilizadas se encuentran en perfecto estado y solo sería un gasto innecesario de energía, tiempo y agua. Entonces la botella solo pasa a través de esta para llegar a la siguiente máquina que es la secadora.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 5: Máquina embotelladora.

1.2.2 Secado

A través de aire caliente, en la secadora básicamente la botella ingresada se seca en su exterior, ya que el proceso anterior de embotellado puede dejar la botella con presencia de humedad, lo cual sería perjudicial para los procesos siguientes, ya que principalmente no permitiría una buena adherencia de las etiquetas.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 6: Máquina secadora de exterior de botellas.

1.2.3 Encapsulado

En esta parte del proceso es donde se utiliza la máquina encapsuladora complex, la cual es de suma importancia para este trabajo. Es una máquina de origen italiano, diseñada por la marca Robino & Galandrino. Su modelo es Mono F/Astra 4, fabricada en el año 1999, tiene una capacidad máxima de producción de 3500 botellas por hora, pero a nivel general, la velocidad de producción en promedio es de 2200 botellas por hora, por lo que en ningún momento se ha hecho funcionar a su capacidad máxima. Su funcionamiento es neumático y mecánico.

En primera instancia, las capsulas son ubicadas en su almacén, para luego ser depositadas sobre las botellas con la ayuda del distribuidor y la campana con movimiento basculante-elíptico. Estas capsulas son de tipo complex (metálicas). Posee un tornillo sinfín corona que regula el paso de las botellas, ubicándolas en el lugar adecuado para que se instale la capsula, posterior a esto las botellas pasan a un carrusel en el cual se realiza el apriete por medio de 8 rodillos, para dar la forma y dejar selladas las capsulas.

Es importante mencionar que en esta parte del proceso se presenta el problema, ya que la encapsuladora complex no realiza su función predeterminada, por lo que un operario debe poner las capsulas de forma manual, antes de que pasen por el carrusel que les realiza el sellado.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 7: Máquina encapsuladora complex.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 8: Rótulo informativo de encapsuladora complex.

1.2.4 Etiquetado

Parte esencial del proceso, es la última etapa automatizada, ya que luego de esto se trabaja de forma manual. Se utiliza una etiquetadora rotativa de dos estaciones. Al igual que la encapsuladora, posee un tornillo sinfín corona para regular el paso de las botellas hasta su posición optima en la primera estación, en donde se realiza el pegado de la etiqueta. En la segunda estación, se realiza el pegado de la contraetiqueta.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 9: Máquina de etiquetas y contra etiquetas.

1.2.5 Empaquetado

Teniendo la botella lista, con todos sus insumos en óptimas condiciones, se procede a guardar manualmente las botellas dentro de cajas, en formatos de 6 botellas por caja con sus respectivos separadores para evitar los golpes entre ellas. Una vez llena la caja con botellas de vino listas para ser comercializadas, se realiza el sellado de la caja con cinta adhesiva por la parte superior e inferior.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 10: Distribución de botellas en cajas.

1.3 PROCESO ADICIONAL

Además de la producción netamente de vinos embotellados como marca, Piernas Largas produce elementos de entretención, decoración y de usos complementarios al consumo de sus vinos, como lo son los juegos de mini wine pong, wine pong oficial y tablas para corte de carne. Todo esto se realiza en el sector Marketing CNC, que gracias a las máquinas CNC (control numérico computarizado), se pueden realizar todos los cortes deseados para estos productos.

Por otra parte, la empresa también vende canastas, bolsos, mochilas, cojines y pecheras que son fabricados por un tercero externo a Piernas Largas.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en terreno por el alumno.

Figura 1- 11: Máquina CNC.

1.4 PROBLEMÁTICA

En Piernas Largas Winery Spa, se trabaja con un sistema de producción en serie, funcionando a una capacidad ideal de 2200 botellas por hora. Para que esto se cumpla, todas sus máquinas deben tener un correcto funcionamiento, evitando las detenciones no programadas.

La línea productiva consta de máquinas automáticas y semiautomáticas, por lo tanto, no existe un operario 100% a disposición de cada una de estas. Es por esto, que no todos los problemas presentados durante la producción son detectados al instante.

Por lo general, se posiciona un operario al inicio del proceso, en la máquina embotelladora y dos al final, cuando las botellas se reciben listas para empaquetar.

De presentar problemas en la encapsuladora complex, estos son detectados por los operarios encargados de empaquetar, los cuales dan aviso para detener el proceso completo, y así, tomar la decisión adecuada a la situación. Luego de esto se procede a poner en marcha el sistema nuevamente.

Por lo cual cada falla presentada por esta máquina, significa detener el proceso completo para solucionar lo ocurrido. Cuando las fallas aumentaron considerablemente, se decidió desconectar esta parte de la encapsuladora, siendo su función reemplazada por un operario fijo. La velocidad de producción no es la misma con la máquina funcionando de manera automática, que, con un operario realizando su función, sin considerar que dicho operario debe recibir su sueldo principalmente por esta función.

CAPÍTULO 2: ANALIZAR ENCAPSULADORA COMPLEX, MEDIANTE ESTUDIO FMECA

2 ANALIZAR ENCAPSULADORA COMPLEX MEDIANTE ESTUDIO FMECA

Se utiliza un estudio FMECA para analizar este equipo, con el fin de identificar sus fallas más probables y así, de entre estas seleccionar las de mayor criticidad, a las cuales se les enfocarán tareas preventivas.
Antes de esto, se necesita conocer el contexto en el que se encuentra la encapsuladora, que se presenta a continuación.

2.1 CONTEXTO ENCAPSULADORA

La máquina encapsuladora complex de origen italiano, llegó a la empresa el año 2015, siendo una adquisición de segunda mano. A pesar de solo contar con un mantenimiento correctivo, mantuvo un funcionamiento aceptable para los deseos de la empresa. Hace aproximadamente 18 meses atrás, esta máquina comenzó con pequeños problemas, principalmente que la capsula no se insertaba de buena manera en la boca de la botella, quedando atrapada en las pinzas. Este hecho se producía de forma aislada, ocurriendo en promedio 5 veces al día. Cada detención era de pocos minutos ya que no significa una falla catastrófica. Con el paso del tiempo la máquina aumento su número de fallos diarios, hasta que, en junio de 2019, su cantidad de fallos aumento a tal nivel que se declaró insostenible.

En este momento fue cuando como empresa se tomó la decisión de desconectar la encapsuladora de la línea de producción, contratando a un nuevo operario para que realice de forma manual esta función.

Las producciones mensuales son difíciles de estimar con exactitud, ya que la empresa trabaja con pedidos semanales, a lo cual se puede aproximar la producción a unas 40.000 botellas por semana, trabajando idealmente a 2200 botellas por hora. Este valor siempre es variable, ya que se deben considerar detenciones por fallo o reposición de insumos mientras se produce.

El problema se presenta al considerar el costo de la producción, ya que, dependiendo del sueldo del nuevo operario, aumentaría considerablemente, porque su contratación es exclusivamente para desempeñar esta función.

2.2 ANALISIS DE FALLA

Cuando un activo tangible dentro de una empresa deja de realizar sus funciones, ya sea total o parcialmente, se dice que este ha fallado. Para abordar esta problemática, se puede utilizar lo que se conoce como análisis de falla.

Gracias a esta técnica, se puede recopilar información suficiente sobre la máquina involucrada para poder identificar y determinar sus modos de falla, causa raíz y efectos que genera, con el fin de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de esta máquina.

Un análisis de falla se puede componer de variadas técnicas, cada una con su propósito específico.

2.2.1 Gráfico de barras

Un gráfico de barras se utiliza para resumir un cierto grupo de datos dentro de categorías deseadas. En este caso se usa para graficar la cantidad de fallas diarias que tuvo en promedio por mes, comenzando desde enero 2019 hasta junio 2019, que fue el último mes que la encapsuladora se encontró operativa. Posterior a esto, se contrató al nuevo operario.

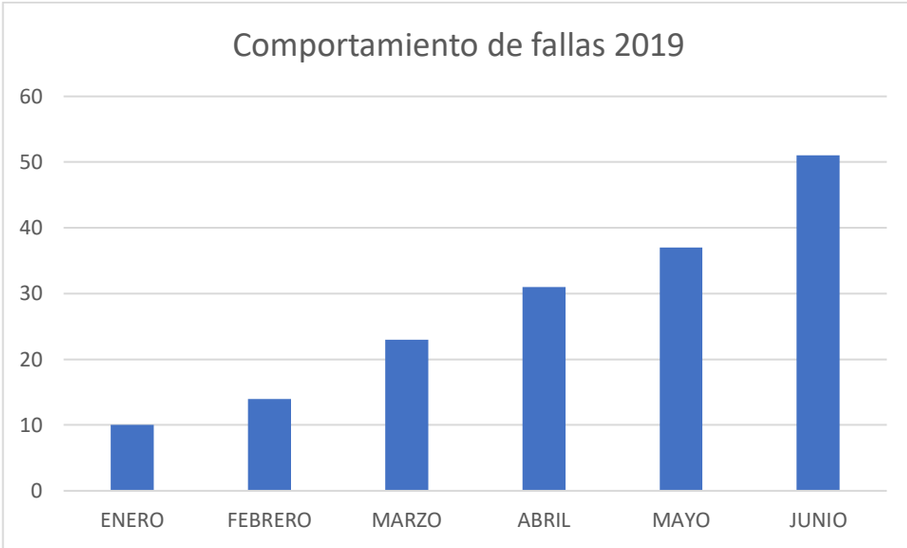
Los fallos que comenzaron a finales de 2018, se mantuvieron insignificantes hasta enero de 2019, en donde en promedio existían 10 fallas por día. A partir de este momento, el número solo subió, hasta que en junio el número de fallas por día fue de 51 en promedio.

A continuación, se muestra la tabla y grafico correspondiente a la información señalada:

MES	TIEMPO FALLA (MINUTOS)	N° DE FALLAS/DIA	TTR (MINUTOS)
ENERO	5	10	50
FEBRERO	5	14	70
MARZO	5	23	115
ABRIL	5	31	155
MAYO	5	37	185
JUNIO	5	51	255

Fuente: Elaboración propia, interpretando datos recopilados en la empresa.

Tabla 2- 1: Cantidad de fallos aproximados del equipo.



Fuente: Elaboración propia, interpretación de datos

Gráfico 2- 1: Comportamiento de fallas del equipo.

Se puede apreciar que, desde enero hasta junio, las fallas aumentaron en un 510%, lo cual significa que aumentaron todas las paradas no programadas a causa de este equipo. Durante estos meses, las fallas solo aumentaron, en ningún momento estas presentaron algún tipo de descenso, es por esto que se necesita realizar alguna acción que ayude a disminuir sus fallas.

2.2.2 Disponibilidad

Dentro de los indicadores, la disponibilidad es uno de los más importantes. En palabras simples, representa la proporción de tiempo en el cual el equipo estuvo en condiciones de ser usado. Se calcula mediante la división del tiempo que se encuentra disponible y el tiempo total que debería estar disponible dicho equipo.

Para esta experiencia, se utiliza el tiempo promedio que se perdió para reparar cada falla asociada a la encapsuladora, durante los últimos 6 meses que esta se encontró operativa.

La ecuación matemática para el cálculo de la disponibilidad es la siguiente:

$$Disponibilidad\ real = \frac{\text{Tiempo que estuvo disponible}}{\text{Tiempo total que debe estar disponible}}$$

Entonces, gracias a la ecuación recién presentada, se procede a calcular la disponibilidad que presento la máquina encapsuladora complex durante los últimos 6 meses que se encontró operativa con los siguientes datos:

TTR: Tiempo total para la reparación.

Tiempo que estuvo disponible: 480 – TTR del mes correspondiente.

Tiempo total que debe estar disponible: 8 horas ---> 480 minutos.

Tomando en consideración lo anterior, los resultados fueron los siguientes:

MES	TIEMPO FALLA (MINUTOS)	N° DE FALLAS/DIA	TTR (MINUTOS)	DISPONIBILIDAD
ENERO	5	10	50	90%
FEBRERO	5	14	70	85%
MARZO	5	23	115	76%
ABRIL	5	31	155	68%
MAYO	5	37	185	61%
JUNIO	5	51	255	47%

Fuente: Elaboración propia, resultado de cálculos.

Tabla 2- 2: Disponibilidad del equipo.

Fuente: Elaboración propia, interpretación de datos.

Gráfico 2- 2: Comportamiento disponibilidad del equipo.

Al igual que el grafico anterior, este resulta ser desfavorable para el proceso, ya que su disponibilidad solo muestra descensos en el periodo de meses estudiados, lo cual es sumamente perjudicial. En enero la disponibilidad del equipo era de un 90%, la cual

disminuyó hasta un 47%, lo que significa que el 53% de las veces que se quería utilizar este equipo, presentaba algún tipo de falla, provocando paradas no programadas.

2.2.3 Análisis causa raíz

Esta metodología se utiliza para identificar las causas raíces que originan los fallos dentro de algún proceso de producción, funcionando como una resolución de problemas para evitar la recurrencia a futuro de estos.

Este análisis se realiza después de ocurrido algún evento, funcionando como mejora continua para el equipo o proceso. Si esta metodología se ejecuta de buena manera, permite que sea preventiva, pronosticando eventos antes de que estos sucedan.

Su funcionamiento consiste en seguir una serie de pasos para poder presentar una solución al problema. De manera general, los pasos son los siguientes:

1. Definir el problema.
2. Efectuar análisis del problema.
3. Identificar soluciones efectivas.
4. Implementar soluciones.

Si se quiere detallar aún más estos pasos, se pueden expresar de la siguiente manera:

1. Listar los síntomas del problema.
2. Analizar los síntomas.
3. Identificar las posibles causas.
4. Formular teorías.
5. Probar teorías.
6. Identificar causas raíces.
7. Evaluar alternativas.
8. Diseñar controles.
9. Implementar.
10. Verificar desempeño.

Los pasos recién mencionados se pueden aplicar principalmente a ciertos casos, en donde sus resultados obtenidos entregarán lo necesario para realizar una mejora continua e incluso planes de mantenimiento preventivo. Estos casos son los siguientes:

- Fallas repetitivas de equipos o procesos.

- Equipos o procesos críticos.
- Análisis de errores humanos.
- Análisis de deficiencias organizacionales.

2.2.4 Aplicación de análisis causa raíz

Para aplicar esta metodología, se procede a seguir de manera general los pasos mencionados en el punto anterior, definiendo el problema, analizando estos problemas, identificando posibles soluciones para finalmente implementar dichas soluciones.

2.2.4.1 Definir el problema

El problema principal de la máquina encapsuladora complex es que presenta dificultad en el funcionamiento de la campana con movimiento basculante-elíptico, además de que el distribuidor funciona de manera intermitente al momento de entregar la capsula a la campana, ingresando 2 o 3 capsulas a la vez. Todo esto acompañado de sonidos anómalos y vibraciones excesivas.

Esta información fue facilitada por los operarios de la máquina, de su ultimo funcionamiento.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la máquina comenzó con fallos aislados, aumentando hasta el momento en que se decidió desconectarla de la línea productiva.

2.2.4.2 Efectuar análisis del problema

a. Dificultad en el movimiento de campana basculante-elíptica

El rol que cumple esta campaña es recibir la capsula desde el distribuidor, para depositarla en la boca de la botella. Su movimiento basculante sirve para que la campana apunte en primera instancia al distribuidor y posterior a esto a la botella, mientras que el movimiento elíptico es para posicionarse más cerca a ambas partes. Al realizar estos dos movimientos se produce uno de los problemas principales, ya que la campana se detiene intermitentemente, por lo que algunas de las botellas siguen en el proceso sin las capsulas.

b. Falla en el distribuidor

El distribuidor es la fase previa a la campana, recibe las capsulas desde el almacén, a través de una correa motorizada, para luego entregarlas a la campana gracias a un disparo de aire comprimido. En la fase final antes de entregar la capsula, existen dos mordazas las

cuales detienen la capsula antes de que esta sea eyectada a la campana. El problema en esta etapa es que en variadas ocasiones las capsulas no salían del distribuidor o salían de dos o tres a la vez, entorpeciendo el proceso.

c. Vibraciones y sonidos

Estos dos fenómenos pueden presentarse de manera prematura antes de otros problemas más graves dentro del proceso. Los sonidos y vibraciones en un sistema neumático, pueden ser causados entre otras cosas por contaminaciones en el sistema, ya sea por sellos y o-ring rotos.

En los sistemas neumáticos existen válvulas de alivio de presión, también conocidas como “despiches”. Si estas no tienen un buen funcionamiento pueden presentar estos problemas, además de disminuir o aumentar la presión de aire dentro del sistema, lo que a su vez afectará negativamente el proceso.

2.2.4.3 Identificar posibles soluciones efectivas

Para realizar la identificación de las posibles soluciones, se aplica un análisis de modos y efectos de falla y criticidad (FMECA) a los componentes involucrados.

El FMECA deriva del FMEA (análisis de modos y efectos de falla), diferenciados en que el primero también busca identificar la causa raíz del modo de falla. Este análisis se encuentra bajo los parámetros de la norma ISO 55000, que aborda los aspectos generales en la gestión de activos, importante para aquellas empresas en donde sus producciones se ven afectadas por el funcionamiento de sus activos.

Para aplicar este análisis se debe tener un activo seleccionado, del cual se toman en cuenta sus componentes para estudiar. Todo esto ayuda para crear un plan de mantenimiento enfocado a sus componentes más críticos. Considerando los problemas expuestos por los trabajadores, a lo mencionado en el punto anterior, se sumará un análisis al sistema de transmisión que posee la campana.

Los componentes a analizar son:

- Campana con movimiento basculante-elíptico
- Distribuidor de capsulas
- Sistema de transmisión campana

2.2.4.4 Campana con movimiento basculante-elíptico

La siguiente tabla muestra la función de la campana, su falla funcional, posibles modos de falla y sus respectivos efectos.

	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código:	
				versión:	
				fecha de elaboración:	
				fecha de modificación:	
ELABORA:	REVISA:			APRUEBA:	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES		RESPONSABLE DEL AREA:			
Campana con movimiento basculante-elíptico					
Función	Falla funcional	N° de falla	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia
Recibir capsulas desde el distribuidor y depositarla sobre la botella (2200 capsulas por hora)	No recibir ni depositar capsulas sobre botella (falla total)	1	Rotura de rodamientos	Dificultad al realizar el movimiento	Equipo no operacional
		2	Rotura de eje	Perdida total del movimiento	Equipo no operacional
	Recibir y depositar menos de 2200 capsulas por hora (falla parcial)	3	Falta de lubricación	Desgaste en zonas de alto contacto por el movimiento	Equipo operacional
		4	Mala ubicación de campana	Capsulas no son recibidas por campana	Equipo operacional
				Capsulas no son depositadas en botella	Equipo operacional
		5	Abertura errónea	Capsulas no son retenidas por campana	Equipo operacional

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 2- 3: FMECA de campana.

2.2.4.5 Distribuidor de capsulas

La siguiente tabla muestra la función del distribuidor, su falla funcional, posibles modos de falla y sus respectivos efectos.

	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código:	
				versión:	
				fecha de elaboración:	
				fecha de modificación:	
ELABORA:	REVISA:			APRUEBA:	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES		RESPONSABLE DEL AREA:			
Distribuidor de capsulas					
Función	Falla funcional	N° de falla	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia
Entregar a la campana una capsula por cada botella que pase (2200 capsulas por hora)	No entregar una capsula por cada botella que pase (2200 capsulas por hora)	6	Mangueras torcidas	Disminución de presión de aire	Equipo no operacional
		7	Paso de aire mal calibrado	Exceso o deficit de aire	Equipo no operacional
		8	Descalibración disparador de aire comprimido	Disparo de aire comprimido delante de capsula	Equipo no operacional
				Disparo de aire comprimido detrás de capsula	Equipo no operacional
		9	Mangueras obstruidas	Disminución de presión de aire	Equipo no operacional
				Disparador no expulsa aire comprimido	Equipo no operacional
		10	Mangueras rotas o dañadas	Falta de presión del sistema. < a 8 Bar.	Equipo operacional
		11	Mordazas mal calibradas	No detiene capsula	Equipo no operacional
				No permite el paso de ninguna capsula	Equipo no operacional

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 2- 4: FMECA distribuidor de cápsulas.

2.2.4.6 Sistema de transmisión de campana

La siguiente tabla muestra la función del sistema de transmisión de la campana, su falla funcional, sus posibles modos de falla y sus respectivos efectos.

	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLOS			Código:	
				versión:	
				fecha de elaboración:	
				fecha de modificación:	
ELABORA:	REVISA:			APRUEBA:	
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIONES		RESPONSABLE DEL AREA:			
Sistema de transmisión de la campana					
Función	Falla funcional	N° de falla	Modo de falla	Efecto de falla	Consecuencia
Transmitir potencia para que la campana realice su recorrido	No transmitir potencia para el recorrido de la campana	12	Rotura de rodamientos	Dificultad al realizar el movimiento	Equipo no operacional
		13	Rotura de eje	Perdida total del movimiento	Equipo no operacional
	Deficit en la potencia transmitida para el recorrido de la campana	14	Falta de lubricación	Desgaste en zonas de alto contacto por el movimiento	Equipo operacional
		15	Cadenas mal tensadas	Genera "tirones" y ruidos en los movimientos	Equipo operacional
		16	Desalineamiento	Desgaste en zonas de alto contacto por el movimiento	Equipo operacional
		17	Bujes desgastados	Movimiento excesivo de los ejes	Equipo no operacional
				Genera "tirones" y ruidos en los movimientos	Equipo operacional

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 2- 5: FMECA sistema de transmisión campana.

2.2.4.7 Número prioridad de riesgo para cada modo de falla (NPR)

El número de prioridad de riesgo es un parámetro de ayuda para el FMECA, donde se identifican las potenciales consecuencias de los modos de fallo, jerarquizándolos dependiendo del impacto que estas puedan tener, dando a conocer los modos y efectos de fallo más críticos del equipo en funcionamiento.

Es importante mencionar que el NPR está regido por la norma SAE J1739, quien nos entrega los criterios necesarios para poder calcular el NPR, basándose en factores de severidad, ocurrencia y detección. Los valores posibles para cada uno de estos ítems son desde el 1 hasta el 10, por lo que el valor máximo de NPR es de 1000.

A continuación, se detallan las tablas entregadas por la norma SAE J1739 con los criterios necesarios para poder calcular el NPR mediante una ecuación matemática.

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

Fuente: Norma SAE J1739.

Tabla 2- 6: Criterios sugeridos para la evaluación de severidad.

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

Fuente: Norma SAE J1739.

Tabla 2- 7: Criterios sugeridos para la evaluación de probabilidad.

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

Fuente: Norma SAE J1739.

Tabla 2- 8: Criterios sugeridos para la evaluación de detección.

Gracias a estos datos, se procede a calcular el NPR, mediante la siguiente ecuación:

$$NPR = O * S * D$$

Donde:

- NPR: Número prioridad de riesgo.
- O: Ocurrencia.
- S: Severidad.
- D: Detección.

2.2.4.8 Análisis NPR a campana con movimiento basculante-elíptico

N° de falla	Modo de falla	Consecuencia			NPR
		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	
1	Rotura de rodamientos	7	4	5	140
2	Rotura de eje	8	2	10	160
3	Falta de lubricación	3	6	3	54
4	Mala ubicación de campana	7	4	1	28
5	Abertura erronea	5	4	1	20

Fuente: Elaboración propia, en base al cálculo realizado.

Tabla 2- 9: NPR para los modos de falla de la campana.

2.2.4.9 Análisis NPR a distribuidor de capsulas

N° de falla	Modo de falla	Consecuencia			NPR
		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	
6	Mangueras torcidas	2	9	7	126
7	Paso de aire mal calibrado	2	6	2	24
8	Descalibración disparador de aire comprimido	2	5	2	20
9	Mangueras obstruidas	3	4	8	96
10	Mangueras rotas o dañadas	3	4	7	84
11	Mordazas mal calibradas	2	4	2	16

Fuente: Elaboración propia, en base al cálculo realizado.

Tabla 2- 10: NPR para los modos de falla del distribuidor.

2.2.4.10 Análisis NPR a sistema de transmisión de campana

N° de falla	Modo de falla	Consecuencia			NPR
		Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	
12	Rotura de rodamientos	7	4	5	140
13	Rotura de eje	8	2	10	160
14	Falta de lubricación	3	6	3	54
15	Cadenas mal tensadas	5	7	5	175
16	Desalineamiento	5	7	5	175
17	Bujes desgastados	8	6	6	288

Fuente: Elaboración propia, en base al cálculo realizado.

Tabla 2- 11: NPR para los modos de fallo del sistema de transmisión.

Teniendo todos los resultados del NPR, se destacan los valores mayores a 100 (NPR>100), ya que son los que se debiese tener un mayor cuidado. Previamente se destacaron con verde en las tablas 2-9, 2-10 y 2-11. Con esto se pasa al último paso, de implementar soluciones con la ayuda de una hoja de decisión RCM.

La hoja de información, decisión y programación de actividades se presentan en el siguiente capítulo, a modo de soluciones junto con el plan de mantenimiento, el cual se entregará en forma de propuesta a la empresa para que evalúen su aplicación dependiendo de los deseos que esta tenga con la máquina encapsuladora complex.

CAPITULO 3: DIAGNOSTICAR EL ESTADO DE LA MÁQUINA, EN BASE AL ANALISIS DE FALLA

3 DIAGNOSTICAR EL ESTADO DE LA MÁQUINA, EN BASE AL ANALISIS DE FALLA

Teniendo en consideración todo lo planteado en los dos capítulos anteriores, se procede a la realización del RCM, del cual se pretende obtener tareas a realizar que mejoren la confiabilidad de la máquina, y de esta manera, aumentar la disponibilidad.

3.1 IMPLEMENTAR SOLUCIONES

A modo de apoyo para este punto, se utiliza un mantenimiento centrado en la confiabilidad, mejor conocido como RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centred Maitenance). Es muy utilizado en la fase previa a crear un plan de mantenimiento, ya que es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado. Puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial.

Su objetivo es aumentar la disponibilidad del equipo en base a la confiabilidad, disminuyendo los tiempos de paradas imprevistas dentro del proceso.

Esta metodología se basa en la norma SAE JA1011, que establece los criterios de evaluación para el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Para facilitar la implementación de esta, se generan 7 preguntas, las cuales al responder permiten clarificar la información. Las preguntas se detallan a continuación, con sus respectivas respuestas:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo (equipo a mantener) en su actual contexto operacional?

La encapsuladora complex cumple con una parte del proceso, en donde hace ingreso la botella con vino y corcho en su interior. La primera parte de esta máquina es la encargada de insertar y acomodar la capsula, gracias al distribuidor y la campana. Posterior a esto, las capsulas son ajustadas para finalmente pasar al siguiente proceso que es el etiquetado.

- ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?

Este equipo presenta la falla en la primera de sus partes, donde se hace ingreso de las capsulas. Con esto se habla de que la falla se debiese encontrar entre el distribuidor y la campana. La falla principalmente es que las capsulas no llegan a destino, ya sea por un mal funcionamiento en el movimiento de la campana o que el distribuidor no entrega

o entrega más de una. En cualquiera de estos casos se debe para el proceso de forma breve para reestablecer la normalidad del funcionamiento.

- ¿Qué causa cada falla funcional?

Las fallas en el distribuidor y en la campana de la máquina encapsuladora complex pueden ser a causa de una mala gestión en el mantenimiento, poco control del proceso, mala calidad en sus elementos o incluso por equivocaciones y malas maniobras de los operarios.

- ¿Qué ocurre cuando sucede una falla?

Al momento de ocurrir una falla, lo primero es detener la producción por el tiempo que sea necesario para poder operar nuevamente. Para este caso, las detenciones son breves, en promedio de 5 minutos, el problema surge cuando son demasiado repetitivas, llegando en promedio a 50 en un día productivo.

- ¿Cómo impacta cada falla?

En primera instancia impacta en los tiempos de producción, ya que se debe considerar que mientras se detiene el equipo, se deja de producir en todo el sistema hasta que este pueda volver a operar. Es posible que los elementos sufran algún tipo de daño, por lo que también se considera esa perdida.

- ¿Qué puedo hacer para prevenir cada falla funcional?
- ¿Qué puedo hacer si no se conoce una tarea de prevención adecuada a esta falla?

Estas dos últimas preguntas se responden más adelante, dentro de las hojas de decisión RCM correspondiente para cada elemento, desde la tabla número 20 hasta la 23.

3.2 HOJA DE INFORMACIÓN RCM

Esta es la primera parte para la elaboración del RCM, en donde se recopila la información necesaria sobre las funciones, fallas funcionales, modos de falla y los efectos que estas tienen sobre el equipo.

A continuación, se presenta la hoja de información RCM para los 3 componentes seleccionados anteriormente:

3.2.1 Hoja de información campana con movimiento basculante-elíptico

FUNCIÓN PRINCIPAL		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA/ SINTOMA DE FALLA	CONSECUENCIA DE FALLA	S	O	D	NPR
A	Recibir capsula desde el distribuidor y depositarla sobre la botella (2200 capsulas po hora)	A.1	No recibir ni depositar capsulas sobre botella (falla total)	A.1.1	Rotura de rodamientos	**EVIDENCIA**: Sonido y vibración. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detención parcial del proceso, sigue funcionando pero con grandes problemas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, el proceso se realiza de manera más lenta y con un aumento de fallas considerable. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No **CALIDAD**: Si.	7	4	5	140
				A.1.2	Rotura de eje	**EVIDENCIA:** Grandes ruidos y golpes provenientes del interior de la máquina. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 2 HORAS. **DESCRIPCIÓN**: Detención inmediata, se debe reparar para que el sistema siga su funcionamiento.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, se debe detener el sistema hasta que se reemplace la pieza. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	8	2	10	160
		A.2	Recibir y depositar menos de 2200 capsulas por hora (falla parcial)	A.2.1	Falta de lubricación	**EVIDENCIA**: Sonido por el roce de los elementos, aumento de temperatura. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detencion parcial, puede seguir su funcionamiento pero se debe lubricar lo antes posible.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, El desgaste de elementos por falta de lubricación puede generar fallas importantes al sistema. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	3	6	3	54
				A.2.2	Mala ubicación de campana	**EVIDENCIA**: No se realiza una correcta entrega de capsulas a las botellas. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 20 min. **DESCRIPCIÓN**: Detencion parcial del sistema, solo requiere reubicar la campana para que realice una correcta entrega de las cápsulas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, se debe detener el sistema para reubicar la campana. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: No.	7	4	1	28
				A.2.3	Abertura erronea	**EVIDENCIA**: Campana no retiene capsulas antes de su entrega. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 20 min. **DESCRIPCIÓN**: Detencion parcial del sistema, solo requiere calibrar la abertura de la campana para retener momentaneamente las capsulas antes de su entrega.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, se debe detener el sistema para calibrar la abertura de la campana. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: No.	5	4	1	20

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 1: Hoja de información de la campana.

3.2.2 Hoja de información distribuidor de cápsulas

FUNCIÓN PRINCIPAL		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA/ SINTOMA DE FALLA	CONSECUENCIA DE FALLA	S	O	D	NPR
B	Entregar a la campana una capsula por cada botella que pase (2200 capsulas por hora)	B.1	No entregar una capsula por cada botella que pase (2200 capsulas por hora)	B.1.1	Mangueras torcidas	**EVIDENCIA**: Disminución de potencia en el sistema. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 10 MINUTOS **DESCRIPCIÓN**: El sistema pierde potencia para lanzar las capsulas, no requiere una detención total dels sistema.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, si pasa una botella sin capsula se debe detener el sistema para evitar que estas sigan el proceso. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No **CALIDAD**: Si.	2	9	7	126
				B.1.2	Paso de aire mal calibrado	**EVIDENCIA**: Problemas con la potencia de aire dentro del sistema. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 10 MINUTOS **DESCRIPCIÓN**: El sistema puede funcionar con exceso o deficit de aire sin la necesidad de detener el proceso. Disminuye su rendimiento	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, porque si no cumple con los margenes de presión, existe influencia en el proceso. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	2	6	2	24
				B.1.3	Descalibración disparador de aire comprimido	**EVIDENCIA:** Cápsulas no depositadas correctamente en la campana. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 20 MINUTOS **DESCRIPCIÓN**: Detención parcial, se requiere ajustar el disparador hasta la posición donde ejecute un buen funcionamiento.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, puede provocar que botellas sigan el proceso sin la capsula. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	2	5	2	20
				B.1.4	Mangueras obstruidas	**EVIDENCIA**: Disminución de potencia en el sistema. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Se deben desconectar las mangueras para eliminar cualquier elemento que obstruya el paso.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, el sistema puede quedar sin inyección de aire. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	3	4	8	96
				B.1.5	Mangueras rotas o dañadas	**EVIDENCIA**: Disminución de potencia en el sistema, pérdidas de aire al ambiente que genera ruidos. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detención del sistema para poder reemplazar las magueras afectadas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, al trabajar con las mangueras en este estado, su funcionamiento no es el necesario, por lo que el proceso no se completa. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	3	4	7	84
				B.1.6	Mordazas mal calibradas	**EVIDENCIA:** Capsulas no se detienen en el punto o en su defecto, quedan atrapadas. **TIEMPO DE DETENCIÓN:** 30 MINUTOS. **DESCRIPCIÓN:** Detención parcial del sistema para calibrar las mordazas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, su mal funcionamiento no permite un correcto funcionamiento del equipo. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	2	4	2	16

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 2: Hoja de información del distribuidor de cápsulas.

3.2.3 Hoja de información sistema de transmisión

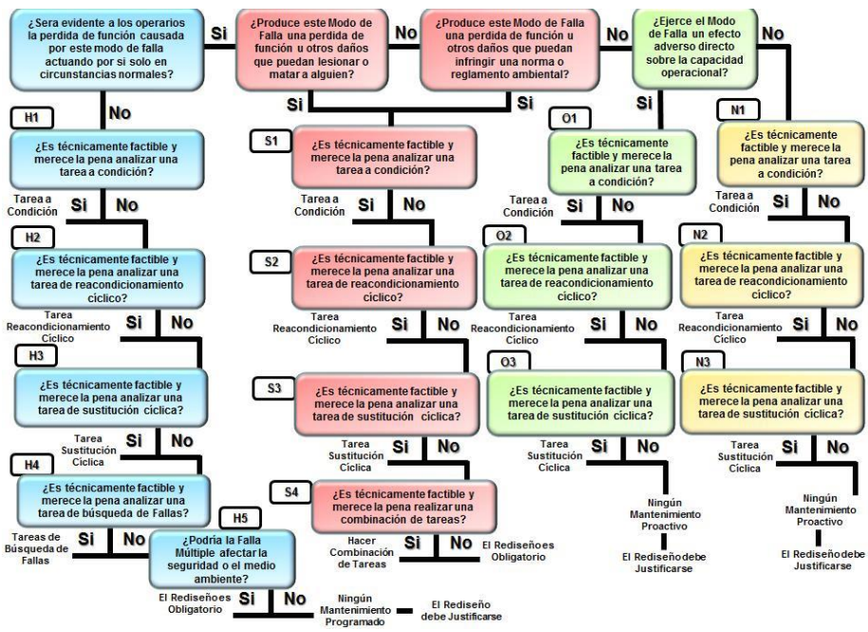
FUNCIÓN PRINCIPAL		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA/ SINTOMA DE FALLA	CONSECUENCIA DE FALLA	S	O	D	NPR
C	Transmitir potencia para que la campana realice su recorrido	C.1	No transmitir potencia para el recorrido de la campana	C.1.1	Rotura de rodamientos	**EVIDENCIA**: Sonido, vibración e intermitencia en su funcionamiento. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detención parcial del proceso, sigue funcionando pero con grandes problemas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, el proceso se realiza de manera más lenta y con un aumento de fallas considerable. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No **CALIDAD**: Si.	7	4	5	140
				C.1.2	Rotura de eje	**EVIDENCIA:** Grandes ruidos y golpes provenientes del interior de la máquina. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 2 HORAS. **DESCRIPCIÓN**: Detención inmediata, se debe reparar para que el sistema siga su funcionamiento.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, se debe detener el sistema hasta que se reemplace la pieza. **SEGURIDAD**: Si. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	8	2	10	160
		C.2	Deficit en la potencia transmitida para el recorrido de la campana	C.2.1	Falta de lubricación	**EVIDENCIA**: Sonido por el roce de los elementos, aumento de temperatura. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detencion parcial, puede seguir su funcionamiento pero se debe lubricar lo antes posible.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, El desgaste de elementos por falta de lubricación puede generar fallas importantes al sistema. **SEGURIDAD**: No. **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	3	6	3	54
				C.2.2	Cadenas mal tensadas	**EVIDENCIA**: Holgura excesiva en la cadena, presenta "tirones" en su funcionamiento. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 1 HORA. **DESCRIPCIÓN**: Detención del sistema, se requiere tensar cadenas o si es necesario, reemplazarlas.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, genera fallos intermintentes en la linea productiva. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	5	7	5	175
				C.2.3	Desalineamiento	**EVIDENCIA**: Ruidos y vibraciones excesivas, problemas en los rodamientos y desgaste de cadenas. **TIEMPO DE DETENCIÓN**: 2 HORAS. **DESCRIPCIÓN**: La cadena se desgasta al no ejercer su fuerza de forma pareja. El equipo se detiene completo para reparar.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, genera fallas intermitentes en el funcionamiento del equipo. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	5	7	5	175
				C.2.4	Bujes desgastados	**EVIDENCIA:** Movimientos no naturales de los elementos rotatorios. **TIEMPO DE DETENCIÓN:** 2 HORAS. **DESCRIPCIÓN:** Detención total del equipo, se presentan intermitencias y golpeteos.	**IMPACTO PRODUCCIÓN**: Si, al tener más holgura en sus movimientos, puede generar problemas en otros elementos del equipo, lo que significarán fallas. **SEGURIDAD**: No **MEDIO AMBIENTE**: No. **CALIDAD**: Si.	8	6	6	288

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 3: Hoja de información del sistema de transmisión.

3.3 HOJA DE DECISIÓN RCM

Una vez finalizada la hoja de información RCM se puede crear la hoja de decisión RCM, que se encarga de la evaluación de las consecuencias de cada modo de falla mencionado en el punto anterior, además de mencionar una selección de tareas de mantenimiento adecuadas. Para esto, es necesario guiarse por el diagrama de decisión RCM.



Fuente: https://docplayer.es/5833979-Modelo-de-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-en-la-flota-de-equipos-de-oruga-d11n-de-la-empresa-miniera-drummond-ltd.html

Figura 3- 1: Diagrama de decisión RCM.

A continuación, y gracias a la ayuda del diagrama recién mostrado, se presentan las hojas de decisión correspondiente a los 3 componentes seleccionados anteriormente.

3.3.1 Hoja de decisión campana con movimiento basculante-elíptico

REFERENCIA DE HOJA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE CONSECUENCIA				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
A	1	1	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "O3"	Realizar inspección preventiva para detectar anomalias en los rodamientos.	12 meses	Técnico
A	1	2	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "O3"	Realizar una inspección al eje a través del ensayo de tintas penetrantes para detectar posibles fisuras, antes que se produzco la rotura.	18 meses	Técnico
A	2	1	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Limpiar y lubricar todas las zonas de alto contacto.	1 semana	Técnico
A	2	2	SI	NO	NO	SI	SI						Tarea a condición "H1"	Revisar el posicionamiento y calibración cada vez que se utilice.	Diario	Operario
A	2	3	SI	NO	NO	SI	SI						Tarea a condición "H1"	Revisar el posicionamiento y calibración cada vez que se utilice.	Diario	Operario

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 4: Hoja de decisión campana.

3.3.2 Hoja de decisión distribuidor de cápsulas

REFERENCIA DE HOJA DE INFORMACIÓN			EVALUACION DE CONSECUENCIA (DIAGRAMA				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
B	1	1	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Realizar inspección visual de cada manguera presente en el equipo.	SEMANAL	Operario
B	1	2	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Realizar inspección de los niveles de aire en el equipo.	DIARIO	Operario
B	1	3	SI	NO	NO	SI	SI						Tarea a condición "O1"	Revisar el posicionamiento del disparador cada vez que se utilice el equipo.	DIARIO	Operario
B	1	4	NO				NO	SI					Tarea reacondicionamiento cíclico "H2"	Realizar limpieza interna de mangueras.	12 MESES	Técnico
B	1	5	NO				NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "H3"	Realizar una inspección del estado de las mangueras, de ser necesario reemplazar.	18 MESES	Técnico
B	1	6	SI				SI						Tarea a condición "H1"	Revisar calibración de mordazas cada vez que se utilice el equipo.	DIARIO	Operario

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 5: Hoja de decisión distribuidor de cápsulas.

3.3.3 Hoja de decisión sistema de transmisión

REFERENCIA DE HOJA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE CONSECUENCIA (DIAGRAMA DE DECISIÓN)				H1 / S1 / O1	H2 / S2 / O2	H3 / S3 / O3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA		FRECUENCIA	A REALIZARSE POR
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
C	1	1	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "O3"	Realizar inspección preventiva para detectar anomalias en los rodamientos.	12 MESES	Técnico
C	1	2	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "O3"	Realizar una inspección al eje a través del ensayo de tintas penetrantes para detectar posibles fisuras, antes que se produzco la rotura.	18 MESES	Técnico
C	2	1	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Limpiar y lubricar todas las zonas de alto contacto.	1 SEMANA	Técnico
C	2	2	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Revisar holgura de las cadenas.	6 MESES	Técnico
C	2	3	NO				SI						Tarea a condición "H1"	Revisar alineamiento de componentes del equipo.	6 MESES	Técnico
C	2	4	SI	NO	NO	SI	NO	NO	SI				Tarea sustitución cíclica "O3"	Realizar cambio de bujes.	18 MESES	Técnico

Fuente: Elaboración propia, en base a lo aprendido en la carrera.

Tabla 3- 6: Hoja de decisión sistema de transmisión.

3.4 PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas programadas con intervalos de tiempo, en base a distintos criterios que se analizan mediante técnicas como el FMECA y el RCM. El objetivo principal de este, es aumentar la disponibilidad de los equipos seleccionados.

En base a las tareas propuestas en el RCM, se confecciona una propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la máquina encapsuladora complex.

3.4.1 ¿Qué trabajo requiere realizar?

a. Inspección preventiva a los rodamientos (Campana).
b. Ensayo de tintas penetrantes al eje (Campana).
c. Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido (Distribuidor).
d. Inspección preventiva a los rodamientos (Sistema de transmisión).
e. Ensayo de tintas penetrantes al eje (Sistema de transmisión).
f. Inspeccionar holguras de cadena (Sistema de transmisión).
g. Alineamiento de piñones (Sistema de transmisión).
h. Cambiar buje (Sistema de transmisión).

3.4.2 ¿Por qué se debe realizar?

Se debe realizar para poder aumentar la disponibilidad del equipo. Los trabajos mencionados recientemente, son los modos de falla con más alto número prioritario de riesgo (100<), por lo que el mantenimiento debe ser enfocado a estos puntos.

3.4.3 ¿Cuáles son las recomendaciones para esta actividad? ¿se consideraron en el alcance del trabajo?

- Realizar limpieza semanal en toda el área del equipo, con énfasis en partes móviles.
- Lubricar toda zona de contacto del equipo, con énfasis en las cadenas. (Anexo A)
- Corroborar calibraciones cada vez que se ponga en marcha el equipo.
- El torque aplicado en el apriete de pernos, debe ser en base a las recomendaciones dadas por el fabricante de estos, de no contar con esta información, seguir la tabla del anexo B.

3.4.4 ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

a. Inspección preventiva a los rodamientos (Campana).

- Despejar y limpiar zona para analizar.
- Encender equipo simulando su funcionamiento.
- Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).

- Contrastar resultados del ensayo con los parámetros de fábrica de los rodamientos.
- Tomar decisiones respecto a los rodamientos.

b. Ensayo de tintas penetrantes al eje (Campana).

- Asegurarse de que el equipo esté apagado.
- Limpiar y despejar zona a evaluar.
- Soltar pernos hexagonales de la carcasa con una llave Allen de 10mm (Anexo D)
- Retirar cuidadosamente la carcasa.
- Cubrir alrededores del eje con material estéril.
- Aplicar ensayo de tintas penetrantes (Anexo E).
- Limpiar la zona.
- Instalar carcasa del eje.
- Realizar apriete de pernos.
- Analizar resultados.
- Tomar decisiones con respecto al eje analizado.

c. Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido (Distribuidor).

- Detener funcionamiento del equipo.
- Limpiar y despejar equipo y alrededores.
- Realizar inspección visual de todo el sistema de mangueras de aire comprimido.
- De ser necesario, corregir posicionamiento de manguera torcida o atrapada.
- Registrar información recopilada.

d. Inspección preventiva a los rodamientos (Sistema de transmisión).

- Despejar y limpiar zona para analizar.
- Encender equipo simulando su funcionamiento.
- Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).
- Contrastar resultados del ensayo con los parámetros de fábrica de los rodamientos.
- Tomar decisiones respecto a los rodamientos.

e. Ensayo de tintas penetrantes al eje (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo esté apagado.
- Limpiar y despejar zona a evaluar.
- Abrir zona inferior del equipo, donde se encuentra la transmisión.
- Utilizando llave Allen de 8mm y llave punta corona número 12, soltar pernos para descubrir el eje (Anexo F)
- Retirar cuidadosamente la carcasa.
- Cubrir alrededores del eje con material estéril.
- Aplicar ensayo de tintas penetrantes (Anexo E).
- Limpiar la zona.
- Instalar carcasa del eje.
- Realizar apriete de pernos.
- Analizar resultados.
- Tomar decisiones con respecto a los ejes analizados.

f. Inspeccionar holguras de cadena (Sistema de transmisión).

- Detener funcionamiento del equipo.
- Limpiar y despejar equipo y alrededores.
- Medir estiramiento de cadenas con un pie de metro (Anexo G).
- Registrar distancias de estiramiento a cada cadena.
- Analizar resultados, estimando el porcentaje de estiramiento (Anexo H).
- Tomar decisión respecto a la holgura de cadenas.

g. Alineamiento de piñones (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo se encuentre apagado.
- Despejar y limpiar equipo y alrededores.
- Utilizar un equipo alineador laser (Anexo I).
- Instalar los cabezales en los piñones a medir, a través de su base con imán. Se debe considerar la superficie con menor desgaste para evitar inestabilidad en los cabezales.
- Analizar el haz de laser emitido entre los cabezales.
- De ser necesario, realizar correcciones.

h. Cambiar bujes (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo se encuentre apagado.
- Despejar y limpiar equipo y alrededores.
- Seleccionar buje para cambiar.
- Soltar pernos necesarios para desarmar zona que se encuentra el buje, utilizando llaves Allen y punta corona.
- Desmontar carcaza para facilitar la salida del buje.
- Con la ayuda de un extractor hidráulico, remover el buje (Anexo J).
- Limpiar cuidadosamente la zona.
- Instalar el nuevo buje.
- Limpiar nuevamente para evitar partículas contaminantes.
- Lubricar zona del nuevo buje.
- Montar carcaza.
- Realizar apriete de pernos.

3.4.5 Calendarización de actividades propuestas.

A continuación, se muestra una tabla con la calendarización recomendada para las tareas mencionadas en el punto anterior, los check list asociados a cada una de estas tareas se encuentran adjuntos en el anexo L.

Calendarización de actividades propuestas.			
Sistema	**Subsistema**	**Tarea a realizar**	**Frecuencia**
Encapsuladora complex.	Campana.	Inspección preventiva a los rodamientos.	12 meses.
Encapsuladora complex.	Campana.	Ensayo de tintas penetrantes al eje.	18 meses.
Encapsuladora complex.	Distribuidor	Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido.	Semanal.
Encapsuladora complex.	Sistema de transmisión.	Inspección preventiva a los rodamientos.	12 meses.
Encapsuladora complex.	Sistema de transmisión.	Ensayo de tintas penetrantes al eje.	18 meses.
Encapsuladora complex.	Sistema de transmisión.	Inspeccionar holgura de cadenas.	6 meses.
Encapsuladora complex.	Sistema de transmisión.	Alineamiento de piñones.	6 meses.
Encapsuladora complex.	Sistema de transmisión.	Cambiar buje.	18 meses.

Fuente: Elaboración propia, basada en el estudio aplicado.

Tabla 3- 7: Calendarización para actividades de mantenimiento.

3.5 BENEFICIOS ASOCIADOS

Antes de evidenciar los posibles beneficios asociados, se deben tener en cuenta los costos que implica este plan de mantenimiento. Estos costos se presentan de forma directa, indirecta o en tiempo perdido.

Los costos directos son aquellos que se asocian a la realización del mantenimiento, en cuanto a repuestos, materiales, recursos energéticos, mano de obra directa e incluso el arriendo de algún equipo. Los costos indirectos hacen referencia al mantenimiento, pero no de forma directa, es decir, son costos de supervisores, almacenaje, administración, entre otras labores que benefician al mantenimiento desde un segundo plano.

Finalmente, los costos por tiempo perdido no se relacionan directamente con el mantenimiento, si no, que se asocian a la perdida por no producir el tiempo que la máquina se encuentra detenida, estos pueden implicar además de no producción, multas por no cumplimiento de plazos o desperdicios de material, dependiendo del rubro de la empresa.

Para efectos de este trabajo, se realizaron estimaciones para los valores de costos directos, tomando promedios del mercado nacional. Todo esto calculado en un periodo de un año, al igual que las estimaciones de horas hombre trabajadas por el técnico externo a la empresa.

Item	Cantidad	Valor total
Camara termográfica	1 un.	$ 300.000
Rodamientos	5 un.	$ 50.000
Kit tintas penetrantes	1 un.	$ 50.000
Grasa lubricante	1 kg.	$ 10.000
Aceite lubricante	5 un.	$ 50.000
Mangueras aire	10 m.	$ 30.000
Set acoples manguera	1 un.	$ 10.000
Cadena de transmisión	1 un.	$ 60.000
Buje	1 un.	$ 15.000
Extractor hidraulico	1 un.	$ 100.000
Alineador laser	1 un.	$ 80.000
	TOTAL	$ 755.000

Fuente: Elaboración propia, en base al mercado nacional.

Tabla 3- 8: Estimación de costos asociados.

Al momento de realizar estas estimaciones, se tomaron en cuenta un stock mínimo de elementos críticos, como lo son rodamientos, mangueras y cadenas.

Estos costos recién mencionados se deben sumar a las horas hombre equivalentes a las tareas realizadas.

Item	Horas hombre	Precio por hora ($)	Precio total ($)
a)	1	$ 5.000	$ 5.000
b)	2	$ 5.000	$ 10.000
c)	0	$ 5.000	$ -
d)	1	$ 5.000	$ 5.000
e)	2	$ 5.000	$ 10.000
f)	2	$ 5.000	$ 10.000
g)	2	$ 5.000	$ 10.000
h)	2	$ 5.000	$ 10.000
TOTAL	12	TOTAL	$ 60.000

Fuente: Elaboración propia, en base a sueldo promedio de técnico mecánico.

Tabla 3- 9: Estimación de horas hombre asociadas.

La estimación de horas trabajadas, es en base a un periodo de 12 meses (1 año), por lo cual se adecuan aquellas tareas con periodos distintos. El punto “c)” no presenta horas hombre, ya que esta tarea es realizada por el operario de la máquina.

Tomando en consideración estas tablas, se estima que este plan de mantenimiento tiene un valor cercano a los $815.000 para su realización en un periodo de un año. Esto da la opción a la empresa de despedir o cambiar de funciones al operario contratado para suplir la labor de la encapsuladora, lo cual, estimando un sueldo mínimo a la fecha, significaría retribución del gasto.

Sueldo mínimo Chile 2020	Meses por año	Gasto anual en operario
$ 320.500	12	$ 3.846.000

Fuente: Elaboración propia, en base al sueldo mínimo en Chile a la fecha.

Tabla 3- 10: Estimación de gasto anual por sueldo de operario.

Se realizó una estimación promedio del gasto realizado solo en concepto de sueldo a este operario adicional que cumple la función automatizada de la encapsuladora. Esta se realizó de forma anual, ya que los gastos fueron estimados en el mismo periodo.

El valor estimado del plan de mantenimiento es de $815.000 y el gasto anual por conceptos del operario es de $3.846.000, lo que anualmente resulta más costoso.

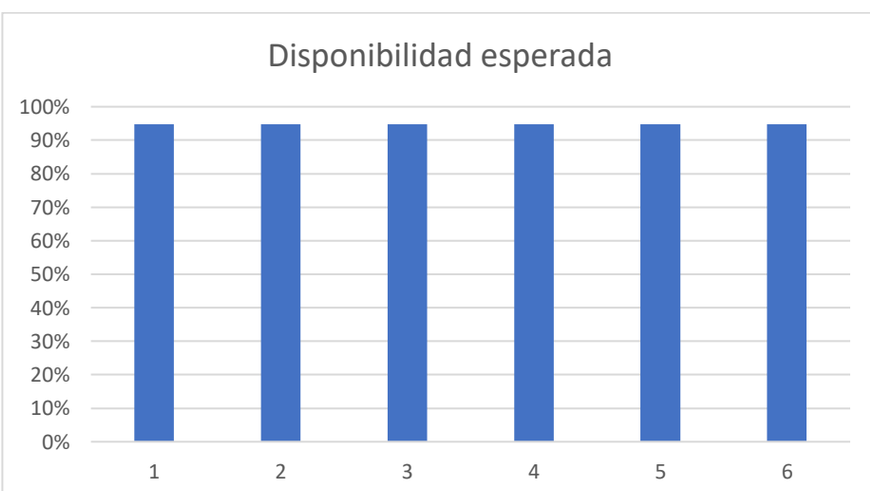
Además de esto, el plan de mantenimiento evidenciará mejoras a nivel de disponibilidad de la máquina, ya que la empresa al no mantener una producción diaria, se pueden programar las tareas a los días de no producción, lo cual es un gran beneficio.

MES	TIEMPO FALLA (MINUTOS)	N° DE FALLAS/DIA	TTR (MINUTOS)	DISPONIBILIDAD
1	5	5	25	95%
2	5	5	25	95%
3	5	5	25	95%
4	5	5	25	95%
5	5	5	25	95%
6	5	5	25	95%

Fuente: Elaboración propia, en base a estimación de disponibilidad.

Tabla 3- 11: Estimación de disponibilidad posterior al plan de mantenimiento.

Se espera que una vez implementado el plan de mantenimiento, el número de fallas disminuya considerablemente en comparación a las fallas de meses anteriores, es por eso que, a modo de estimación, las paradas diarias no programadas serían en promedio de 5, asociadas a relleno de insumo o calibraciones principalmente.



Fuente: Elaboración propia, en base a estimación de disponibilidad.

Gráfico 3- 1: Comportamiento esperado de disponibilidad.

El grafico muestra una tendencia en cuanto a la disponibilidad de un 95%, para los meses posteriores a la implementación. Como se mencionó anteriormente, la empresa realiza sus producciones a pedidos, por lo que no producen los cinco días hábiles de la semana, destinando así, las tareas de mantenimiento a aquellos días que no se realice el envasado. Este día puede variar, tomando en consideración que todas las semanas presentan orden de pedidos distintas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante la realización de este trabajo, se evidenció que la empresa no contaba con ningún tipo de plan de mantenimiento. Ellos al momento de sufrir alguna falla, buscaban la solución más factible en el momento, es por esto que cuando la máquina encapsuladora complex aumentó sus fallas, solo contrataron un nuevo operario, realizando manualmente la primera de las funciones de este equipo. Por su parte, la encapsuladora se puede dividir en dos procesos, el primero abarca el distribuidor y la campana, en donde solo se deposita la capsula sobre la botella, es aquí donde se enfocó este trabajo. En segundo lugar, es la zona donde se sellan estas capsulas, labor que el equipo aun desempeña sin problemas. Es por esto que el nuevo operario solo se dedica a depositar manualmente la cápsula sobre la botella. Sabiendo esto, se recomienda tomar en cuenta el análisis económico realizado, en comparación a la decisión que ellos tomaron, ya que al momento de funcionar la línea productiva, el operario se dedica única y exclusivamente a insertar las capsulas de forma manual, o sea que por solo esta labor la empresa gasta en un sueldo más además de todas las gratificaciones que este puede tener, por lo que puede ser más factible aplicar algún tipo de mantenimiento preventivo como el propuesto en este trabajo, en complemento de las reparaciones necesarias, para así asegurar el funcionamiento automatizado y autónomo de la encapsuladora complex. De igual manera no se descarta la aplicación de un mantenimiento correctivo programado, el cual debe ser analizado económicamente.

En cuanto a los modos de falla expuestos, el más crítico fue el asociado a los bujes, que son elementos de bajo costo en comparación a otros componentes como el eje, los rodamientos o los piñones de transmisión. Los bujes cumplen con la función de sostener cilindros como un eje, siendo puntos de apoyo o descanso. Aquí recae su importancia, ya que, si se encuentran demasiado gastados o con algún tipo de problemas, el eje pierde estabilidad, lo que puede significar un problema más grave.

En segundo lugar, se encuentran las fallas asociadas al sistema de transmisión, como problemas en las cadenas o desalineamientos. Estos son elementos de alto desgaste por contacto y que requieren de una buena limpieza y lubricación, ya que esta última, se puede ver perjudicada en presencia de objetos contaminantes externos al proceso.

La empresa posee una línea productiva que consta de equipos automatizados, los cuales de presentar fallas pueden afectar notoriamente la producción en momentos críticos. Como se mencionó en el trabajo, se realizan entregas semanales de pedidos, entonces una falla grave que se extienda por uno o más días puede significar el no cumplir con las fechas de entrega, lo cual expondría a la empresa a multas por no cumplimiento e incluso perder contratos con los compradores. Es por esto, que se insiste en considerar la

evaluación económica, para implementar este plan de mantenimiento al proceso, con el fin de evitar fallas y paradas no programadas, aumentando la disponibilidad y confiabilidad de todo el proceso, o de un mantenimiento correctivo programado, que consiste en tener todo listo y dispuesto para cuando se presente alguna falla, repararla en el menor tiempo posible, lo que permite aprovechar al máximo las vidas útiles de los activos y disminuye los tiempos de parada.

Para finalizar, se recomiendo tener en consideración los modos de falla más críticos arrojados por el estudio, para así contar con un stock de repuestos para estos. Lo cual puede facilitar y agilizar las labores de reparación en caso de existir alguna falla.

BIBLIOGRAFÍA

BALDI, Carlos. Ciclo de gestión del mantenimiento, de Programa de Ingeniería en Ejecución en Mantenimiento Industrial. Universidad Técnica Federico Santa María.

ALFARO, Cristian. CORTÉS, Marco. EYZAGUIRRE, Matías. GUZMÁN, Cristian. MORA, César. Tercer informe de gestión del mantenimiento. 2019. Universidad Técnica Federico Santa María.

FIGUEROA, Esteban. MARTÍNEZ, Eduardo. VELOSO, Elizabeth. VIDAL, Rafael. Plan de mantenimiento a equipo crítico de INSAMAR Ltda. 2018. Universidad Técnica Federico Santa María.

ANEXOS

ANEXO A: TIPOS DE LUBRICACIÓN.

A continuación, se muestran indicaciones básicas y datos técnicos de la lubricación en las cadenas.

Mantenimiento y lubricación:

Es importante someter las cadenas a un mantenimiento periódico para que estas puedan alcanzar su máxima vida útil. Nuestras cadenas se suministran ya protegidas contra la corrosión pero deben lubricarse antes de su puesta en marcha. Un mecanismo de accionamiento por cadenas bien diseñado, lubricado y mantenido tiene una vida útil de aproximadamente 15 000 horas.

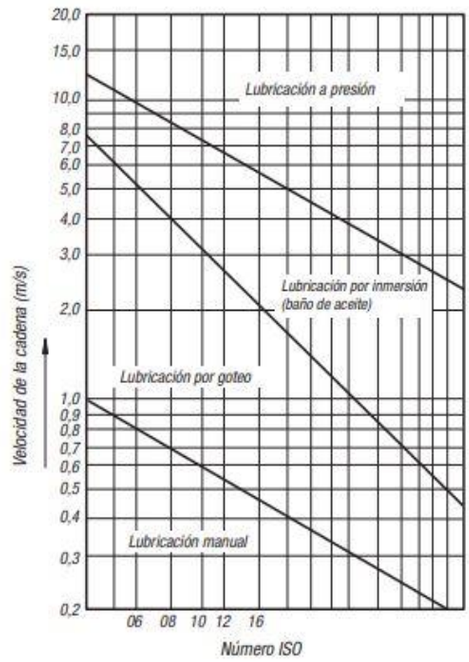
El tipo de lubricación necesaria dependerá de la potencia a transmitir, la velocidad de la cadena y las condiciones de funcionamiento. Los aceites y grasas viscosos son demasiado espesos como para penetrar en la cadena, de modo que no deben usarse. En las cadenas de rodillos se deben emplear lubricantes aptos para los métodos de lubricación más habituales, como la lubricación manual, por goteo, por inmersión en baño de aceite, a presión o por pulverización. Se deberá escoger entre aceites lubricantes con grado SAE de viscosidad comprendido entre 30 y 50 en función de las temperaturas de funcionamiento.

Temperatura ambiente:

de -5° C a +25°C SAE 30

por encima de +25° C hasta +45° C SAE 40

por encima de +45° C hasta +65° C SAE 50



ANEXO B: TABLA DE PERNO Y TORQUE.

Se muestra la tabla de conversión de grados de dureza de pernos, el torque que se debe aplicar y, por último, la llave de torque.

TABLA DE CONVERSIÓN DE GRADOS DE DUREZA DE PERNOS.

SAE	DIN / ISO	ASTM
SAE GRADO 2 Acero de Bajo Carbono	DIN Clase 5.8 Acero de Bajo Carbono	A 394 Tipo 0
SAE GRADO 5 Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente	DIN Clase 8.8 Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente	A 325 Tipo 1 Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente
SAE GRADO 8 Acero de Medio Carbono Aleado Tratado Térmicamente	DIN Clase 10.8 Acero de Medio Carbono Aleado Tratado Térmicamente	A 495 Tipo 1 Acero de Medio Carbono Aleado Tratado

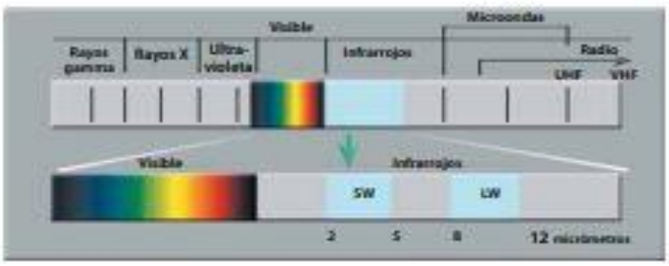
		RESISTENCIA MÍNIMA A LA TRACCIÓN EN KP / MM2							
		48,5 HASTA ½" 45 HASTA ¾" 39 HASTA 1"		85 HASTA ¾" 81 HASTA 1"		98 HASTA 5/8" 94 HASTA ¾"		105	
GRADO SAE		1 O 2		5		6 O 7		8	
MARCA ESTAMPADA EN LA CABEZA		SIN MARCA		TRES LÍNEAS		CUATRO Y CINCO LÍNEAS		SEIS LÍNEAS	
DIÁMETRO EN PULG.	HILOS POR PULGADA	TORQUE		TORQUE		TORQUE		TORQUE	
		N - M	LB - PIE	N - M	LB - PIE	N - M	LB - PIE	N - M	LB – PIE
¼	20	0,615	5	1,08	8	1,35	10	1,62	12
¼	28	0,8298	6	1,35	10			1,89	14
5/16	18	1,591	11	2,30	17	2,57	19	3,25	24
5/16	24	1,762	13	2,57	19			3,66	27
⅜	16	2,440	18	4,20	31	4,60	34	5,96	44
⅜	24	2,711	20	4,74	35			6,64	49
7/16	14	3,796	28	6,64	49	7,457	55	9,49	70
7/16	20	4,067	30	7,457	55			10,57	78
½	13	5,287	39	10,16	75	11,52	85	14,23	105
½	20	5,558	41	11,52	85			16,26	120
9/16	12	6,914	51	14,91	110	16,26	120	21,01	155
9/16	18	7,457	55	16,26	120			23,04	170
⅝	11	11,25	83	20,33	150	22,64	167	28,47	210
⅝	18	12,88	95	23,04	170			32,53	240
¾	10	14,37	106	3660	270	37,96	280	50,84	375
¾	16	15,59	115	39,99	295			56,94	420
⅞	9	21,69	160	53,55	395	59,65	440	82,16	605
⅞	14	23,72	175	58,97	435			91,51	675
1	8	31,86	235	79,99	590	89,48	660	123,37	910
1	14	33,89	250	89,48	660			134,22	990

En la figura podemos apreciar que consiste básicamente en una llave tipo chicharra, con un brazo extensible graduado.

ANEXO C: ENSAYO TERMOGRÁFICO

A continuación, se muestran características generales del ensayo termográfico.

Los infrarrojos están a medio camino entre el espectro visible y las microondas del espectro electromagnético. La fuente principal de radiación de infrarrojos es el calor o la radiación térmica. Cualquier objeto con una temperatura superior al cero absoluto (-273,15 °C o 0 Kelvin) emite radiación en la región infrarroja. Hasta los objetos más fríos que podamos imaginar, como los cubitos de hielo, emiten rayos infrarrojos.



Todos los días estamos expuestos a rayos infrarrojos. El calor de la luz solar, del fuego o de un radiador son formas de infrarrojos. Aunque nuestros ojos no los vean, los nervios de nuestra piel los perciben como calor. Cuanto más caliente es un objeto, más radiación de infrarrojos emite.

La cámara termográfica

La energía de infrarrojos (A) que irradia un objeto se enfoca con el sistema óptico (B) sobre un detector de infrarrojos (C). El detector envía los datos al sensor electrónico (D) para procesar la imagen. Y el sensor traduce los datos en una imagen (E), compatible con el visor y visualizable en un monitor de vídeo estándar o una pantalla LCD.

La termografía de infrarrojos es el arte de transformar una imagen de infrarrojos en una imagen radiométrica que permita leer los valores de temperatura. Por tanto, cada píxel de la imagen radiométrica es, de hecho, una medición de temperatura. Para ello, se incorporan complejos algoritmos a la cámara de infrarrojos. Esto hace de la cámara termográfica una herramienta perfecta para el mantenimiento predictivo.

También se pueden inspeccionar motores mediante una cámara termográfica. Los fallos en el motor, como los signos de desgaste en el contacto de las escobillas y los cortocircuitos en los armazones, suelen producir un calor excesivo antes del fallo pero son imposibles de detectar mediante un análisis de vibraciones puesto que con frecuencia generan poca o ninguna vibración. La termografía ofrece una visión completa y permite comparar las temperaturas de distintos motores.

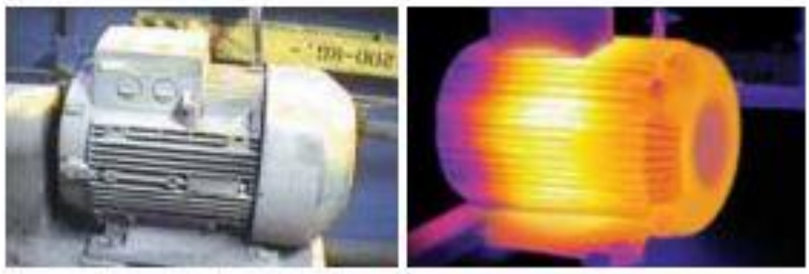
Otros sistemas mecánicos que se supervisan con cámaras termográficas son conexiones, transmisiones, cojinetes, bombas, compresores, correas, turbinas y cintas transportadoras.

Ejemplos de averías mecánicas que se pueden detectar con la termografía:

- Problemas de lubricación
- Errores de alineación
- Motores recalentados
- Rodillos sospechosos
- Bombas sobrecargadas
- Ejes de motor recalentados
- Rodamientos calientes

Estos y otros problemas se pueden detectar en una fase temprana mediante una cámara termográfica. Esto ayudará a evitar que se produzcan daños costosos y a garantizar la continuidad de la producción.

Motor: problema en el rodamiento.



Motor: problema de bobinado interno.

ANEXO D: LLAVE ALLEN.

Se muestra una imagen referencial de la llave Allen y sus principales características.

ESPECIFICACIONES	
Medida	Milimétrica
Dureza de llaves	54 HRc
Empaque	Blister

CARACTERÍSTICAS
▸ Fabricadas en acero cromo vanadio SAE 6150 tratadas térmicamente para mayor dureza
▸ Acabado satinado y pulido para mayor resistencia al óxido
▸ Extremos biselados y caras rectificadas que permiten excelente acoplamiento

ANEXO E: TINTAS PENETRANTES.

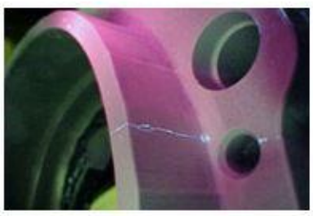
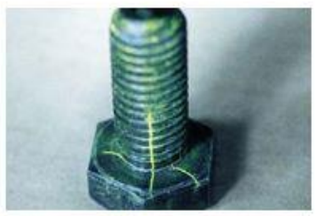
A continuación, se muestran ventajas de este tipo de ensayos, un breve procedimiento y su manera de funcionar.

¿QUÉ ES UNA INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES?

Los **Ensayos mediante Líquidos Penetrantes** son un tipo de **Ensayo No Destructivo** con el que se consiguen detectar imperfecciones superficiales en materiales no porosos tanto en materiales metálicos con en materiales no metálicos.

Este tipo de ensayo consiste básicamente en la aplicación de un líquido de gran poder humectante sobre la superficie del material a ensayar. **Gracias al efecto de la capilaridad**, éste penetrará en las discontinuidades.

Finalmente el sobrante que resta sobre la superficie será retirado mediante un sistema de limpieza adecuado y la posterior aplicación de un revelador será capaz de volver a extraer el líquido que antes quedó atrapado en las discontinuidades, **mostrando la localización de las mismas.**

LAS TÉCNICAS DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES QUE EMPLEAMOS

Las técnicas que empleamos son muy **variadas**. En concreto, las que en función de la fase en la que nos encontremos son las siguientes:

- Visibles/Fluorescentes.
- Penetrantes removibles con agua/ removibles con disolventes/ Postemulsificables.
- Reveladores secos/ Humedos.
- Aplicaciones especiales.

VENTAJAS DE ESTOS ENSAYOS

Realizar **Ensayos por Líquidos Penetrantes** tiene una serie de **ventajas:**

- **Los resultados** se obtienen de forma prácticamente **inmediata** y son de fácil interpretación.
- No están limitados a materiales ferromagnéticos como los **ensayos de Partículas Magnéticas**.
- El método es relativamente sencillo, siendo fácil su realización en campo.
- Se pueden aplicar tanto a muestras de **gran tamaño** como de **pequeño tamaño**.
- No son necesarios equipos especiales.

- **Procedimiento de trabajo**

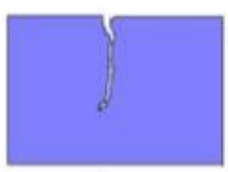
Etapa A.-Limpieza de la superficie de la pieza con lija y el líquido CLEANER.

Etapa B.-Aplicación del líquido Penetrante uniformemente sobre la superficie de la pieza.

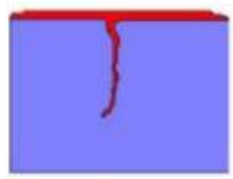
Etapa C.-Eliminación de la superficie del líquido Penetrante con guaipe y papel aplicado con CLEANER.

Etapa D.-Aplicación del líquido Revelador y esperar 5 a 10 min.

Etapa E.-Inspección visual.



a). Preparación de la superficie y secado.



b). Aplicación del penetrante.

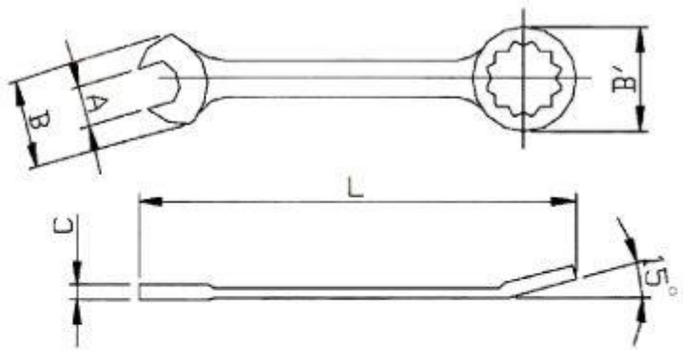
c). Remoción del exeso de liquido penetrante (de corresponder).

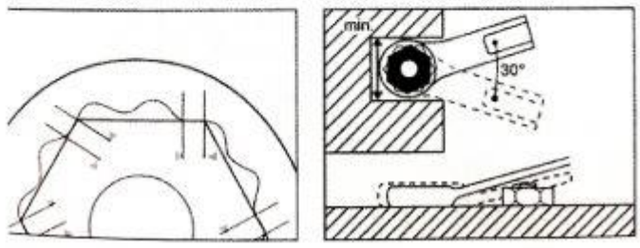
d). Secado del liquido penetrante.

e). Inspeccion, evalucion y reguistro.

ANEXO F: LLAVE DE PUNTA CORONA.

A continuación, se muestra una imagen referencial de la llave de punta corona de 12 mm. con sus respectivas características principales.





Ficha técnica

MODELO	W26112
MEDIDA	12 mm
LARGO	250 mm
PESO	0,063 Kg

ANEXO G: PIE DE METRO.

A continuación, se muestra una imagen referencial de una llave de torque con sus respectivas características.

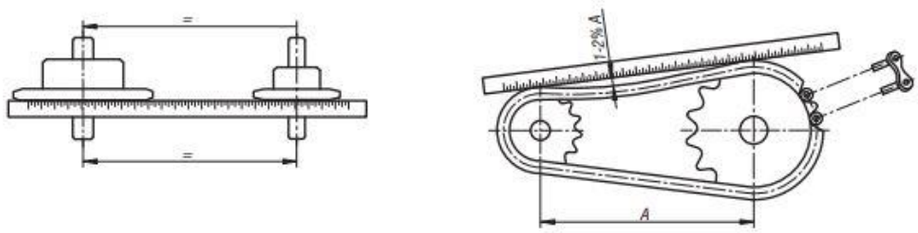
Descripción

Pie de Metro Bull Tools es un instrumento de precisión para uso profesional que permite medir longitudes exteriores, tomar medidas interiores y profundidades. Consiste en una especie de regla graduada en centímetros, milímetros y pulgadas, con mordazas para medidas internas y externas, punta para medir profundidades, reglas auxiliares desplazables graduadas en fracciones de milímetros y pulgadas y botón de deslizamiento y freno. También se conoce como calibrador.Características del Pie de Metro Bull ToolsFabricado en acero, cuenta con un sensor óptico que lee con precisión hasta 0,01 mm y un microprocesador que decodifica la lectura en una pantalla LCD, fácil de leer. El Pie de Metro Bull Tools sirve especialmente para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, hasta de fracciones de milímetros.

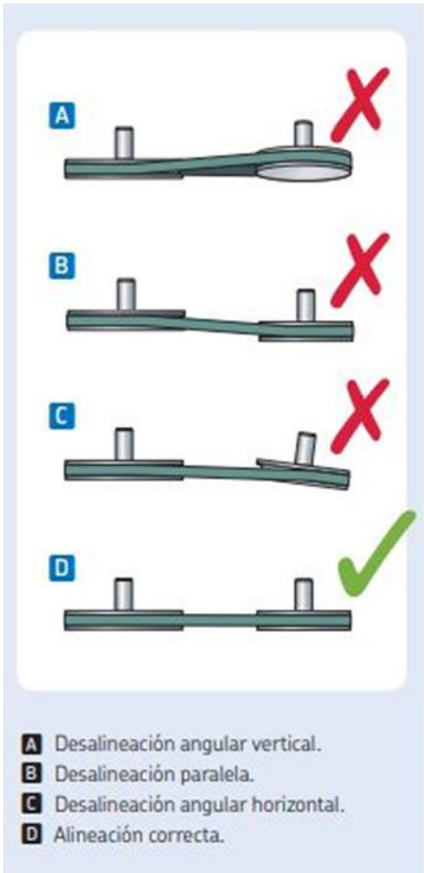
ANEXO H: MEDICIÓN DE HOLGURAS.

A continuación, se muestra una imagen de cómo se mide la holgura de las cadenas, con una breve descripción de esto.

Los piñones deben estar alineados y los ejes deben estar colocados en paralelo. Para mayor facilidad de montaje, el elemento de unión va superpuesto a la rueda de la cadena. La holgura de la cadena debe equivaler al 1 o 2 % de la distancia del eje. La cadenas se dan de sí durante el funcionamiento continuo a causa del uso, por lo que se deben emplear tensores. Si el alargamiento de la cadena es > 3 %, se deberá proceder a cambiar la cadena y, dado el caso, también los piñones.



ANEXO I: ALINEADOR LASER.



TKBA 10 y TKBA 20

Herramientas útiles para la alineación de poleas y piñones.

Las herramientas SKF TKBA 10 y TKBA 20 permiten alinear poleas y piñones por el lado de la cara. La unidad se adhiere magnéticamente a la cara interna o externa de casi todas las correas y piñones, y es compacta (sin piezas pequeñas que puedan perderse). La unidad emisora proyecta una línea láser que llega hasta la unidad receptora situada en la polea o piñón opuesto.
La línea de referencia de la unidad receptora muestra la desviación y la desalineación angular vertical. La línea de láser reflejada en la unidad emisora permite visualizar la desalineación angular horizontal en la zona objetivo tridimensional gracias a las tres escalas que lleva.

- Potentes imanes permiten colocar las unidades de forma rápida y sencilla.
- Facilita el ajuste simultáneo de la tensión y la alineación.
- Puede usarse en casi todas las máquinas con poleas en V, correas trapeciales unidas por el lomo, correas acanaladas y cadenas.
- La herramienta SKF TKBA 10 utiliza un láser rojo que funciona a distancias de hasta 3 metros *(10 ft)*.
- La SKF TKBA 20 utiliza un láser verde de alta visibilidad que puede usarse para distancias de hasta 6 metros *(20 ft)*. Puede visualizarse en entornos exteriores con luz solar.
- Las unidades, fabricadas con aluminio, garantizan la estabilidad y precisión durante el proceso de alineación.

Datos técnicos		
Referencia	**TKBA 10**	**TKBA 20**
Tipo de láser	Láser de luz roja	Láser de luz verde
Láser	1× láser integrado de clase 2, <1 mW, 635 nm	1× láser integrado de clase 2, <1 mW, 532 nm
Longitud de la línea láser	2 m a 2 m *(6.6 ft a 6.6 ft)*	2 m a 2 m *(6.6 ft a 6.6 ft)*
Precisión angular de la medición	Superior a los 0,02° a 2 m *(6,6 ft)*	Superior a los 0,02° a 2 m *(6,6 ft)*
Precisión de medición paralela	Superior a los 0,5 mm *(0.02 pulg.)*	Superior a los 0,5 mm *(0.02 pulg.)*
Distancia de medición	De 50 mm a 3000 mm *(2 pulg. a 10 ft)*	De 50 mm a 6000 mm *(2 pulg. a 20 ft)*
Control	Interruptor basculante de encendido/ apagado del láser	Interruptor basculante de encendido/ apagado del láser
Material de las unidades	Aluminio, acabado de recubrimiento en polvo	Aluminio, acabado de recubrimiento en polvo
Dimensiones de la unidad emisora de la unidad receptora y del reflector	 169 × 51 × 37 mm *(6.65 × 2.0 × 1.5 pulg.)* 169 × 51 × 37 mm *(6.5 × 2.0 × 1.5 pulg.)* 22 × 32 mm *(0.9 × 1.3 pulg.)*	 169 × 51 × 37 mm *(6.65 × 2.0 × 1.5 pulg.)* 169 × 51 × 37 mm *(6.5 × 2.0 × 1.5 pulg.)* 22 × 32 mm *(0.9 × 1.3 pulg.)*
Peso de la unidad emisora, unidad receptora	 365 g *(0.8 lbs)* 340 g *(0.7 lbs)*	 365 g *(0.8 lbs)* 340 g *(0.7 lbs)*
Montaje	Magnético, montaje lateral	Magnético, montaje lateral
Guías en V	N/A	N/A
Tipo de baterías	2× tipo alcalino AAA IEC LR03	2× tipo alcalino AAA IEC LR03
Duración de la batería	25 horas de uso continuo	8 horas de uso continuo
Dimensiones del maletín	260 × 85 × 180 mm *(10.2 × 3.3 × 7.1 pulg.)*	260 × 85 × 180 mm *(10.2 × 3.3 × 7.1 pulg.)*
Peso total (maletín incluido)	1,3 kg *(2.9 lbs)*	1,3 kg *(2.9 lbs)*
Temperatura de funcionamiento	De 0 a 40 °C *(32 a 104 °F)*	De 0 a 40 °C *(32 a 104 °F)*
Temperatura de almacenamiento	De –20 a +60 °C *(–4 a +140 °F)*	De –20 a +60 °C *(–4 a +140 °F)*
Humedad relativa	Del 10 al 90% HR sin condenación	Del 10 al 90% HR sin condenación
Clase de protección IP	IP 40	IP 40
Certificado de calibración	Válido durante dos años	Válido durante dos años
Contenidos del maletín	1× unidad emisora TKBA 10 1× unidad receptora TKBA 10 2× pilas AAA 1× Instrucciones de uso impresas 1× Certificado de calibración	1× unidad emisora TKBA 20 1× unidad receptora TKBA 20 2× pilas AAA 1× Instrucciones de uso impresas 1× Certificado de calibración

ANEXO J: EXTRACTOR HIDRAULICO.

A continuación, se muestra una imagen referencial de un extractor hidráulico.

ANEXO K: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

¿Qué trabajo requiere realizar?

- Inspección preventiva a los rodamientos (Campana).
- Ensayo de tintas penetrantes al eje (Campana).
- Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido (Distribuidor).
- Inspección preventiva a los rodamientos (Sistema de transmisión).
- Ensayo de tintas penetrantes al eje (Sistema de transmisión).
- Inspeccionar holguras de cadena (Sistema de transmisión).
- Alineamiento de piñones (Sistema de transmisión).
- Cambiar buje (Sistema de transmisión).

¿Por qué se debe realizar?

- Se debe realizar para poder aumentar la disponibilidad del equipo. Los trabajos mencionados recientemente, son los modos de falla con más alto número prioritario de riesgo (100<), por lo que el mantenimiento debe ser enfocado a estos puntos.

¿Cuáles son las recomendaciones para esta actividad? ¿se consideraron en el alcance del trabajo?

- Realizar limpieza semanal en toda el área del equipo, con énfasis en partes móviles.
- Lubricar toda zona de contacto del equipo, con énfasis en las cadenas. (Anexo A)
- Corroborar calibraciones cada vez que se ponga en marcha el equipo.
- El torque aplicado en el apriete de pernos, debe ser en base a las recomendaciones dadas por el fabricante de estos, de no contar con esta información, seguir la tabla del anexo B.

¿Cómo se debe realizar el trabajo?

Inspección preventiva a los rodamientos (Campana).

- Despejar y limpiar zona para analizar.
- Encender equipo simulando su funcionamiento.
- Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).
- Contrastar resultados del ensayo con los parámetros de fábrica de los rodamientos.
- Tomar decisiones respecto a los rodamientos.

Ensayo de tintas penetrantes al eje (Campana).

- Asegurarse de que el equipo esté apagado.
- Limpiar y despejar zona a evaluar.
- Soltar pernos hexagonales de la carcasa con una llave Allen de 10mm (Anexo D)
- Retirar cuidadosamente la carcasa.
- Cubrir alrededores del eje con material estéril.
- Aplicar ensayo de tintas penetrantes (Anexo E).
- Limpiar la zona.
- Instalar carcasa del eje.
- Realizar apriete de pernos.
- Analizar resultados.
- Tomar decisiones con respecto al eje analizado.

Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido (Distribuidor).

- Detener funcionamiento del equipo.
- Limpiar y despejar equipo y alrededores.
- Realizar inspección visual de todo el sistema de mangueras de aire comprimido.
- De ser necesario, corregir posicionamiento de manguera torcida o atrapada.
- Registrar información recopilada.

Inspección preventiva a los rodamientos (Sistema de transmisión).

- Despejar y limpiar zona para analizar.

- Encender equipo simulando su funcionamiento.
- Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).
- Contrastar resultados del ensayo con los parámetros de fábrica de los rodamientos.
- Tomar decisiones respecto a los rodamientos.

Ensayo de tintas penetrantes al eje (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo esté apagado.
- Limpiar y despejar zona a evaluar.
- Abrir zona inferior del equipo, donde se encuentra la transmisión.
- Utilizando llave Allen de 8mm y llave punta corona número 12, soltar pernos para descubrir el eje (Anexo F)
- Retirar cuidadosamente la carcasa.
- Cubrir alrededores del eje con material estéril.
- Aplicar ensayo de tintas penetrantes (Anexo E).
- Limpiar la zona.
- Instalar carcasa del eje.
- Realizar apriete de pernos.
- Analizar resultados.
- Tomar decisiones con respecto a los ejes analizados.

Inspeccionar holguras de cadena (Sistema de transmisión).

- Detener funcionamiento del equipo.
- Limpiar y despejar equipo y alrededores.
- Medir estiramiento de cadenas con un pie de metro (Anexo G).
- Registrar distancias de estiramiento a cada cadena.
- Analizar resultados, estimando el porcentaje de estiramiento (Anexo H).
- Tomar decisión respecto a la holgura de cadenas.

Alineamiento de piñones (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo se encuentre apagado.
- Despejar y limpiar equipo y alrededores.

- Utilizar un equipo alineador laser (Anexo I).
- Instalar los cabezales en los piñones a medir, a través de su base con imán. Se debe considerar la superficie con menor desgaste para evitar inestabilidad en los cabezales.
- Analizar el haz de laser emitido entre los cabezales.
- De ser necesario, realizar correcciones.

Cambiar bujes (Sistema de transmisión).

- Asegurarse de que el equipo se encuentre apagado.
- Despejar y limpiar equipo y alrededores.
- Seleccionar buje para cambiar.
- Soltar pernos necesarios para desarmar zona que se encuentra el buje, utilizando llaves Allen y punta corona.
- Desmontar carcaza para facilitar la salida del buje.
- Con la ayuda de un extractor hidráulico, remover el buje (Anexo J).
- Limpiar cuidadosamente la zona.
- Instalar el nuevo buje.
- Limpiar nuevamente para evitar partículas contaminantes.
- Lubricar zona del nuevo buje.
- Montar carcaza.
- Realizar apriete de pernos.

ANEXO L: CHECK LIST ASOCIADOS A MANTENIMIENTO.

Se adjuntan check list asociados a cada tarea que se estipula para la realización del plan de mantenimiento.

Piernas Largas Winery Spa
Check list: Inspección preventiva de rodamientos (Campana)

Item	Actividad	SI	NO
1	Despejar y limpiar zona para analizar.		
2	Encender equipo simulando su funcionamiento.		
3	Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).		
4	Contrastar resultados del ensayo con parametros de fábrica.		
5	Tomar decisiones respecto a los rodamientos		
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma _____
Nombre encargado _____
Fecha _____

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Ensayo tintas penetrantes al eje (Campana)

Item	Actividad	SI	NO
1	Asegurarse de que el equipo esté apagado.		
2	Limpiar y despejar zona a evaluar.		
3	Soltar pernos de la carcasa con llave Allen 10mm.		
4	Retirar cuidadosamente la carcasa.		
5	Cubrir alrededores del eje con material esteril.		
6	Aplicar ensayo de tintas penetrantes (Anexo E).		
7	Limpiar la zona.		
8	Instalar carcasa del eje.		
9	Realizar apriete de pernos.		
10	Analizar resultados.		
11	Tomar decisiones con respecto al eje analizado.		
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Inspección visual a sistema de mangueras de aire comprimido (distribuidor)

Item	Actividad	SI	NO
1	Detener funcionamiento del equipo.		
2	Limpiar y despejar equipo y alrededores.		
3	Realizar inspección visual de todo el sistema de mangueras.		
4	De ser necesario, corregir posicionamiento.		
5	Registrar información recopilada.		
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Inspección preventiva a los rodamientos (Sist. De transmisión)

Item	Actividad	SI	NO
1	Despejar y limpiar zona para analizar.		
2	Encender equipo simulando su funcionamiento.		
3	Aplicar ensayo termográfico a zona de rodamientos (Anexo C).		
4	Contrastar resultados de ensayo con parametros de fábrica.		
5	Tomar decisiones respecto a los rodamientos.		
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Ensayo tintas penetrantes al eje (Sist. Transmisión)

Item	Actividad	SI	NO
1	Asegurarse de que el equipo esté apagado.		
2	Limpiar y despejar zona a evaluar.		
3	Abrir zona inferior del equipo (zona de transmisión).		
4	Soltar pernos de carcasa con llave allen.		
5	Retirar cuidadosamente la carcasa.		
6	Cubrir alrededores del eje con material estéril.		
7	Aplicar ensayo tintas penetrantes (Anexo E).		
8	Limpiar la zona.		
9	Instalar carcasa del eje.		
10	Realizar apriete de pernos.		
11	Analizar resultados		
12	Tomar decisiones con respecto a los ejes analizados.		
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Inspeccionar holgura de cadenas (Sist. Transmisión)

Item	Actividad	SI	NO
1	Detener funcionamiento del equipo.		
2	Limpiar y despejar equipo y alrededores.		
3	Medir estiramiento de cadenas con pie de metro (Anexo G).		
4	Registrar distancias de estiramiento a cada cadena.		
5	Estimar porcentaje de estiramiento (Anexo H).		
6	Tomar decisión respecto a holgura de cadenas.		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Alineamiento de piñones (Sist. Transmisión)

Item	Actividad	SI	NO
1	Asegurare de que el equipo se encuentre apagado.		
2	Despejar y limpiar equipo y alrededores.		
3	Utilizar un equipo alineador laser (Anexo I).		
4	Instalar cabezales en piñon (en superficie de menor desgaste).		
5	Analizar el haz emitido entre cabezales.		
6	De ser necesario, realizar correcciones.		
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha

Piernas Largas Winery Spa

Check list: Cambiar bujes (Sist. Transmisión)

Item	Actividad	SI	NO
1	Asegurarse de que el equipo se encuentre apagado.		
2	Despejar y limpiar equipo y alrededores.		
3	Seleccionar buje a cambiar.		
4	Soltar pernos para desarmar zona de buje.		
5	Desmontar carcasa para facilitar salida del buje.		
6	Remover buje, con extractor hidráulico (Anexo J).		
7	Limpiar cuidadosamente la zona.		
8	Instalar nuevo buje.		
9	Limpiar nuevamente para evitar particulas contaminantes.		
10	Lubricar zona.		
11	Montar carcaza.		
12	Realizar apriete de pernos.		
13			
14			
15			
16			

Observaciones:

Firma

Nombre encargado

Fecha