

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA  
ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**RICARDO MEJIA CUEVA**

**Chiclayo 08 de noviembre de 2017**

**“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA  
ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.”**

**POR:**

**RICARDO MEJIA CUEVA**

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

---

**Ing. Joselito Sánchez Pérez  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Edwin A. Juárez Marchena  
SECRETARIO**

---

**Ing. Manuel Albines Prado  
ASESOR**

## **DEDICATORIA**

### **A dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

### **A mis padres.**

Por haberme apoyado en todo momento, y por la motivación y ejemplo que me brindan día a día.

### **A mis hermanos**

Por su apoyo incondicional

### **A mis maestros**

Por la enseñanza brindada durante mi carrera universitaria, para así poder continuar con mi desarrollo personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres: Cesar y María por el esfuerzo y apoyo que me brindaron para que estudiara ingeniería, y por la confianza que siempre me han tenido. Doy gracias también a mis hermanos: Segundo, Reno, Hilda, Miguel, que contribuyeron y apoyaron en mi formación.

Al Ing. Joselito Sánchez Pérez, Ing. Edwin Juárez Marchena y al Ing. Manuel Albines Prado por su orientación y sus consejos para el desarrollo de esta tesis.

Y por último a la empresa ERSÁ TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L. Por darme la oportunidad de desarrollar mi tesis en sus instalaciones.

## **PRESENTACIÓN**

La presente investigación, es un estudio de mejora, en el que se propone un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad en la empresa ERSA ubicada en la ciudad de Chiclayo, distrito José Leonardo Ortiz.

La empresa actualmente hace un mantenimiento correctivo es decir espera que ocurra la falla para recién actuar, generando pérdidas y paradas de producción.

Por tal motivo este estudio busca mejorar la disponibilidad de los equipos de la empresa ERSA, que en la actualidad presenta problemas de mantenimiento.

**Autor:** Ricardo Mejia Cueva

## RESUMEN

En los últimos años, el área de mantenimiento ha sufrido grandes cambios, empezando desde un mantenimiento correctivo, hasta la implantación de un mantenimiento preventivo que está destinado a conservar los equipos, garantizando su disponibilidad. Según Valdés (2009) una empresa está constituida por diversos componentes y/o equipos mediante el cual se pueden producir, con el paso del tiempo estos componentes van sufriendo una serie de degradaciones algunas causadas por el hombre y otras por el mismo ambiente, afectando a la disponibilidad de los equipos, ante este problema los planes de mantenimiento preventivos se han transformado en un elemento clave para mejorar la disponibilidad, trayendo consigo grandes ventajas a las empresas que decidan adoptar un plan de mantenimiento.

Este trabajo de investigación se centra en la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L., que se dedica a la producción de alcohol etílico rectificado de 96° GL y alcohol industrial a partir de la melaza, que es un subproducto de la fabricación de azúcar.

La empresa aplica un mantenimiento correctivo a sus equipos, es decir espera que se produzca la falla para recién actuar, generando paradas imprevistas de producción que ascienden a 98 paradas un aproximado de 199 horas, en un periodo de 10 meses, trayendo como consecuencia pérdidas económicas valorizadas en S/ 79 600, si a esto lo añadimos mano de obra tercera y repuestos las pérdidas ascienden a S/ 100 974.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación, tuvo como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, para mejorar la productividad de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. este plan de mantenimiento se realizó mediante la metodología RCM. Esta metodología permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos, asegurando que el activo físico continúe realizando su función para el cual fue diseñado. Para ello se hizo uso de un análisis AMEF (Análisis de Modo y Efecto Falla) para encontrar todas las formas o modos en los que pueden fallar un activo dentro del proceso. También se realizó una hoja de decisión RCM para seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento, dando como resultado la elaboración del plan de mantenimiento.

Mediante la aplicación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, se mejoró la disponibilidad en un 16% y aumentó la productividad en un 7%. Además se tendrá un ahorro de S/ 27 387,46 al año.

***Palabras claves:*** Fallos, mantenimiento RCM, productividad, disponibilidad de equipos.

## ABSTRACT AND KEY WORDS

In recent years, the maintenance area has undergone major changes, starting from corrective maintenance, to the implementation of preventive maintenance that is intended to conserve equipment, guaranteeing its availability.

According to Valdés (2009) a company is constituted by various components and / or equipment through which they can be produced, over time these components are suffering a series of degradations caused by man and others by the same environment, affecting the availability of the equipment, before this problem the preventive maintenance plans have become a key element to improve the availability, bringing with it great advantages to the companies that decide to adopt a maintenance plan.

This research work focuses on the company Ersa Transportes y Servicios S.R.L., which is dedicated to the production of rectified ethyl alcohol of 96 ° GL and industrial alcohol from molasses, which is a by-product of sugar manufacture.

The company applies corrective maintenance to its equipment, that is, it expects that the failure to act will occur, generating unplanned production stops that amount to 98 stops an approximate of 199 hours, in a period of 10 months, resulting in economic losses valued at S / 79 600, if we add to this third labor and spare parts, the losses amount to S / 100 974.

Therefore, the main objective of this research work was to propose a maintenance plan focused on reliability RCM, to improve the productivity of the company Ersa Transportes y Servicios S.R.L. This maintenance plan was carried out using the RCM methodology. This methodology allows to identify the real needs of maintenance of the assets, ensuring that the physical asset continues performing its function for which it was designed. To do this, an AMEF analysis (Mode Analysis and Failure Effect) was used to find all the ways or means in which an asset can fail within the process. An RCM decision sheet was also made to optimally select the maintenance activities, resulting in the preparation of the maintenance plan.

By applying the maintenance plan focused on reliability RCM, availability was improved by 16% and productivity increased by 7%. In addition, there will be savings of S / 27 387.46 per year.

Keywords: Faults, RCM maintenance, productivity, equipment availability.

## INDICE

CARATULA	i
CARATULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
PRESENTACION	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INDICE	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA</b> .....	18
2.1. Antecedentes del problema.....	18
2.2. Fundamentos teóricos .....	21
2.2.1. Mantenimiento .....	21
2.2.2. Indicadores de manteminiento .....	25
2.2.3. Mantenimiento centrada en la confiabilidad (RCM).....	26
<b>III. RESULTADOS</b> .....	35
<b>3.1. DIAGNOSTICAR EL PROCESO PRODUCTIVO, Y OCURRENCIA DE AVERÍAS, ANALIZANDO LOS PUNTOS CRÍTICOS QUE ORIGINAN EL FALLO DE LOS EQUIPOS.</b> .....	35
3.1.1. La empresa.....	35
3.1.2. Mantenimiento actual en la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. ..	37
3.1.3. Proceso productivo del alcohol, de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. ....	38
3.1.4. Análisis del contexto operacional .....	43
3.1.5. Análisis de la cantidad de fallos funcionales y/o modos de fallas.....	65
3.1.6. Árbol de fallas.....	77
3.1.7. Indicadores de mantenimiento .....	103
3.1.8. Cálculo de la productividad .....	109
3.1.9. Implicancia económica .....	110
<b>3.2. ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS.</b> .....	116
3.2.1. Aplicación del RCM en la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L... ..	116
3.2.2. Plan de mantenimiento .....	121
3.2.3. Cronograma de mantenimiento.....	121
3.2.4. Política de mantenimiento para la empresa ersa transportes y servicios S.R.L. ....	172
3.2.5. Mejora de la productividad .....	176
	viii



<b>3.3. REALIZAR EL ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO</b> .....	177
3.3.1. Costos del plan de mantenimiento RCM. ....	177
3.3.2. Costos incurridos bajo el sistema actual. ....	182
3.3.3. Cálculo del VAN y TIR. ....	188
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	190
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	191
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	192
<b>VII. ANEXOS</b> .....	193
<b>ANEXO 01:</b> Registro de los equipos de la empresa Ersá transportes y Servicios S.R.L. ....	194
<b>ANEXO 02:</b> Hoja de trabajo AMEF aplicado a los equipos críticos y semi-críticos de la empresa Ersá transportes y Servicios S.R.L. ....	196
<b>ANEXO 03:</b> Hoja de decisión R.C.M. aplicado a los equipos críticos y semi-críticos de la empresa Ersá transportes y Servicios S.R.L. ....	220
<b>ANEXO 04:</b> Formatos de ejecución para las actividades de mantenimiento. ....	238

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Factores ponderados para el análisis de criticidad .....	28
Tabla N° 02: Análisis de Modos y Efectos Falla (AMEF).....	29
Tabla N° 03: Hoja de decisiones R.C.M. ....	30
Tabla N°04: Datos generales del proceso productivo de la fabricación de alcohol. ....	36
Tabla N°05: Características de la bomba de melaza .....	43
Tabla N°06: Características de la bomba de recuperación mosto .....	45
Tabla N°07: Características de la electrobomba sumergible.....	45
Tabla N°08: Características de la bomba de agua para alimentación y enfriamiento de los fermentadores.....	46
Tabla N°09: Características de la bomba mosto.....	48
Tabla N°10: Características del calentavino.....	49
Tabla N°11 Características de la columna mostera .....	50
Tabla N°12: Características de la columna rectificadora .....	51
Tabla N°13: Características del condensador.....	52
Tabla N°14: Características del enfriador de alcohol.....	53
Tabla N°15: Características de la bomba de vinaza .....	54
Tabla N°16: Características de la bomba de fusel.....	55
Tabla N°17: Características de la bomba de alcohol.....	56
Tabla N°18: Características de la bomba de agua para condensadores.....	57
Tabla N°19: Características de la bomba de agua para ablandadores .....	59
Tabla N°20: Características de la bomba de agua para caldero .....	60
Tabla N°21: Características del ventilador tiro forzado .....	62
Tabla N°22: Características del ventilador tiro inducido .....	62
Tabla N°23: Características del elevador de canjilones .....	63
Tabla N°24: Características del motor del tornillo sin fin para ceniza.....	64
Tabla N°25: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de melaza de enero a octubre del 2016. ....	65
Tabla N°26: Fallas funcionales y/o modos de fallos del diluidor de enero a octubre del 2016. ....	65
Tabla N°27: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de recuperación de mosto de enero a octubre del 2016. ....	66
Tabla N°28: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua sumergible de enero a octubre del 2016.....	66
Tabla N°29: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de alimentación y enfriamiento de los fermentadores de enero a octubre del 2016. ....	67
Tabla N°30: Fallas funcionales y/o modos de fallas del compresor de aire de enero a octubre del 2016. ....	67

Tabla N°31: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de mosto de enero a octubre del 2016. ....	68
Tabla N°32: Fallas funcionales y/o modos de fallas del calentavino de enero a octubre del 2016. ....	68
Tabla N°33: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la columna mostera de enero a octubre del 2016. ....	69
Tabla N°34: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la columna rectificadora de enero a octubre del 2016.....	69
Tabla N°35 Fallas funcionales y/o modos de fallas de los condensadores de enero a octubre del 2016. ....	69
Tabla N°36 Fallas funcionales y/o modos de fallas del enfriador de alcohol de enero a octubre del 2016. ....	70
Tabla N°37: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de vinaza de enero a octubre del 2016. ....	70
Tabla N°38: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de fusel de enero a octubre del 2016. ....	70
Tabla N°39: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de alcohol de enero a octubre del 2016. ....	71
Tabla N°40: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua para condensadores de enero a octubre del 2016. ....	71
Tabla N°41: Fallas funcionales y/o modos de fallas de los ablandadores de agua de enero a octubre del 2016.....	72
Tabla N°42: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua para ablandadores de enero a octubre del 2016.....	72
Tabla N°43: Fallas funcionales y/o modos de fallas del intercambiador de calor de placas de enero a octubre del 2016.....	73
Tabla N°44: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua caliente para caldero de enero a octubre del 2016. ....	73
Tabla N°45: Fallas funcionales y/o modos de fallas del caldero de enero a octubre del 2016. ....	73
Tabla N°46: Fallas funcionales y/o modos de fallas del ventilador de tiro forzado de enero a octubre del 2016.....	74
Tabla N°47: Fallas funcionales y/o modos de fallas del ventilador de tiro inducido de enero a octubre del 2016.....	74
Tabla N°48: Fallas funcionales y/o modos de fallas del elevador de canjilones de enero a octubre del 2016.....	75
Tabla N°49: Fallas funcionales y/o modos de fallas del motor reductor del tornillo sin fin para ceniza de enero a octubre del 2016. ....	75
Tabla N°50: Tipo de máquina y el tiempo total que el equipo estuvo parado (Enero- Octubre 2016).....	76
Tabla N°51: Tiempo laborable desde Enero a octubre 2016 en horas .....	104
Tabla N°52: Tiempo total de operación (TTO) desde Enero a octubre 2016 en horas	105

Tabla N°53: Tiempo medio hasta el fallo (MTTF) para cada máquina .....	106
Tabla N°54: Tiempo medio para reparar (MTTR) para cada máquina .....	108
Tabla N°55: Pérdidas económicas en S/. a causa de las fallas. ....	111
Tabla N°56: Costos de repuestos y mano obra del mantenimiento correctivo.....	112
Tabla N° 57: Costos de mano de obra no utilizada para la operación.....	115
Tabla N°58: Análisis de criticidad de los equipos.....	118
Tabla N°59: Equipos críticos y semi-críticos incluidos en el plan de mantenimiento.	120
Tabla N°60: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de melaza .....	122
Tabla N°61: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de melaza .....	124
Tabla N°62: Plan de mantenimiento RCM, para el diluidor .....	125
Tabla N°63: Cronograma de mantenimiento RCM, para diluidor .....	126
Tabla N°64: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de recuperación de mosto	127
Tabla N°65: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de recuperación de mosto .....	129
Tabla N°66: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua sumergible .....	130
Tabla N°67: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de agua sumergible.....	130
Tabla N°68: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua de alimentación y enfriamiento de los fermentadores .....	131
Tabla N°69: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de alimentación y enfriamiento de los fermentadores .....	133
Tabla N°70: Plan de mantenimiento RCM, para el compresor de aire .....	134
Tabla N°71: Cronograma de mantenimiento RCM, para el compresor de aire .....	135
Tabla N°72: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de mosto .....	136
Tabla N°73: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de mosto.....	137
Tabla N°74: Plan de mantenimiento RCM, para el calentavino .....	138
Tabla N°75: Cronograma de mantenimiento RCM, para el calentavino.....	139
Tabla N°76: Plan de mantenimiento RCM, para la columna mostera .....	140
Tabla N°77: Cronograma de mantenimiento RCM, para la columna mostera.....	141
Tabla N°78: Plan de mantenimiento RCM, para la columna rectificadora.....	142
Tabla N°79: Cronograma de mantenimiento RCM, para la columna rectificadora .....	143
Tabla N°80: Plan de mantenimiento RCM, para los condensadores.....	144
Tabla N°81: Cronograma de mantenimiento RCM, para los condensadores.....	145
Tabla N°82: Plan de mantenimiento RCM, para el enfriador de alcohol.....	146
Tabla N°83: Cronograma de mantenimiento RCM, para el enfriador de alcohol.....	146
Tabla N°84: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de vinaza.....	147
Tabla N°85: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de vinaza.....	148
Tabla N°86: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de fusel .....	149

Tabla N°87: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de fusel.....	150
Tabla N°88: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de alcohol .....	151
Tabla N°89: cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de alcohol .....	152
Tabla N°90: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua de los condensadores.....	153
Tabla N°91: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de agua de los condensadores.....	154
Tabla N°92: Plan de mantenimiento RCM, para ablandador de agua.....	155
Tabla N°93: Cronograma de mantenimiento RCM, para ablandador de agua.....	155
Tabla N°94: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del ablandador ....	156
Tabla N°95: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del ablandador .....	157
Tabla N°96: Plan de mantenimiento RCM, para el intercambiador de calor de placas	158
Tabla N°97: Cronograma de mantenimiento RCM, para el intercambiador de calor de placas .....	158
Tabla N°98: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del caldero .....	159
Tabla N°99: Cronograma de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del caldero.....	161
Tabla N°100: Plan de mantenimiento RCM, para el caldero .....	162
Tabla N°101: Cronograma de mantenimiento RCM, para el caldero .....	163
Tabla N°102: Plan de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro forzado .....	164
Tabla N°103: Cronograma de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro forzado.....	165
Tabla N°104: Plan de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro inducido .....	166
Tabla N°105: Cronograma de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro inducido... ..	167
Tabla N°106: Plan de mantenimiento RCM, para el elevador de canjilones .....	168
Tabla N°107: Cronograma de mantenimiento RCM, para el elevador de canjilones ..	169
Tabla N°108: Plan de mantenimiento RCM, para el motor del tornillo sin fin .....	170
Tabla N°109: Cronograma de mantenimiento RCM, para el motor reductor del tornillo sin fin.....	171
Tabla N°110: Equipos y herramientas para el área de mantenimiento.....	178
Tabla N°111: Costo anual de la ejecución del plan de mantenimiento RCM. ....	179
Tabla N° 112: Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento RCM. ..	180
Tabla N° 113: Estimación de pérdidas por equipos inoperativos.....	182
Tabla N° 114: Costos de repuestos y mano de obra del mantenimiento correctivo.....	183
Tabla N° 115: Costos de mano de obra inoperativa. ....	187
Tabla N° 116: Cálculo del VAN. ....	188
Tabla N° 117: Cálculo del TIR.....	189

## INDICE DE FIGURAS

Figura N°01: Árbol de fallas .....	23
Figura N° 02: Diagrama de entrada- proceso-salida .....	27
Figura N° 03: Matriz de criticidad.....	29
Figura N° 04: Diagrama de decisión R.C.M. ....	32
Figura N°05: Organigrama de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L.....	35
Figura N° 06: Diagrama de flujo del proceso productivo de la producción de alcohol Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.....	42
Figura N°07: Diagrama de entrada, proceso y salida del diluidor .....	44
Figura N°08: Diagrama de entrada, proceso y salida del compresor de aire .....	47
Figura N°9: Diagrama de entrada, proceso y salida del calentavino.....	49
Figura N°10: Diagrama de entrada, proceso y salida de la columna mostera.....	50
Figura N°11: Diagrama de entrada, proceso y salida de la columna rectificadora .....	51
Figura N°12: Diagrama de entrada, proceso y salida del condensador .....	52
Figura N°13: Diagrama de entrada, proceso y salida del enfriador de alcohol .....	53
Figura N°14: Diagrama de entrada, proceso y salida del ablandador de agua .....	58
Figura N°15: Diagrama de entrada, proceso y salida del intercambiador de calor .....	59
Figura N°16: Diagrama de entrada, proceso y salida del caldero .....	61
Figura N°17: Árbol de falla de la bomba de melaza .....	78
Figura N°18: Árbol de falla del diluidor .....	79
Figura N°19: Árbol de falla de la bomba de recuperación de mosto .....	80
Figura N°20: Árbol de falla de la bomba de agua sumergible .....	81
Figura N°21: Árbol de falla de la bomba de agua para alimentación de los fermentadores. . . . .	82
Figura N°22: Árbol de falla del compresor de aire .....	83
Figura N°23: Árbol de falla de la bomba de mosto.....	84
Figura N°24: Árbol de falla del calentavino.....	85
Figura N°25: Árbol de falla de la columna mostera.....	86
Figura N°26: Árbol de falla de la columna rectificadora .....	87
Figura N°27: Árbol de falla del condensador.....	88
Figura N°28: Árbol de falla del enfriador de alcohol.....	89
Figura N°29: Árbol de falla de la bomba de vinaza .....	90
Figura N°30: Árbol de falla de la bomba fusel.....	91
Figura N°31: Árbol de falla de la bomba alcohol.....	92
Figura N°32: Árbol de falla de la bomba de agua para condensadores.....	93
Figura N°33: Árbol de falla del ablandador de agua.....	94
Figura N°34: Árbol de falla de la bomba de agua para ablandadores .....	95

Figura N°35: Árbol de falla del intercambiador de calor de placas .....	96
Figura N°36: Árbol de falla de la bomba de agua para caldero .....	97
Figura N°37: Árbol de falla del caldero .....	98
Figura N°38: Árbol de falla del ventilador de tiro forzado .....	99
Figura N°39: Árbol de falla del ventilador de tiro inducido .....	100
Figura N°40: Árbol de falla del elevador de canjilones .....	101
Figura N°41: Árbol de falla del motor reductor del tornillo sin fin .....	102
Figura N°42: Esquema de tiempos de fallas.....	103
Figura N°43: Matriz de criticidad.....	117
Figura N°44: Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo RCM. ....	174

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el área de mantenimiento ha sufrido grandes cambios, empezando desde un mantenimiento correctivo, es decir, la reparación del equipo averiado, hasta la implementación de mecanismos de mantenimiento preventivo, aquel que está destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante la revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y confiabilidad.

En búsqueda de mejoras sobre la gestión de mantenimiento, se han creado técnicas y metodologías, entre ellas encontramos al, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que tiene como objetivo principal en una planta industrial, aumentar la disponibilidad del activo físico y disminuir costos de mantenimiento, identificando los modos y causas de fallas.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad fue desarrollado en principio por la aviación comercial de Estados Unidos en los años 60, en cooperación con entidades como la NASA basándose en determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente, tratando de minimizar o mitigar las consecuencias negativas que puedan generarse sobre la producción, costos y seguridad.

Valdés (2009) menciona que las empresas están compuestas por diversos componentes o elementos como los equipos, las instalaciones y edificaciones por medio de los cuales se pueden producir y/o fabricar productos. Con el paso del tiempo estos elementos van sufriendo una serie de degradaciones algunas causadas por el hombre y otras por el mismo ambiente, estas degradaciones afectan la disponibilidad de las máquinas, incrementando los costos de mantenimiento y ponen a su vez en riesgo la seguridad de los mismos operarios. Por eso todos los equipos y herramientas necesitan de un mantenimiento adecuado y permanente para incrementar la vida útil de los mismos, para así poder cumplir con los objetivos propuestos por la empresa.

ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L., es una planta industrial que se dedica a la producción de alcohol etílico rectificado de 96° GL y alcohol industrial a partir de la melaza de caña de azúcar, ésta materia prima constituye el subproducto del procesamiento de la caña de azúcar.

Esta empresa presenta un conjunto de máquinas en su proceso, las cuales muchas veces presentan fallas y problemas en sus piezas (Rodajes, sellos mecánicos, fajas, etc.) y por ende necesitan ser cambiadas para que continúe su funcionamiento. Estas fallas generan que la línea de producción se paralice, provocando pérdidas económicas, de tiempo y producción.

En caso que haya una falla en alguna pieza, la empresa no logra abastecer de la mejor manera este componente ni solucionar el problema, generando que la línea de producción se paralice, provocando pérdidas económicas.



Partiendo de lo anterior, la empresa ERSA, aplica acciones correctivas a su sistema de mantenimiento, ya que espera que se presente la falla para así realizar la reparación, originando perdidos económicas, tiempo y producción.

Por lo tanto, la investigación se centra en proponer un plan de mantenimiento, para los equipos que conforman la línea de producción de alcohol etílico de la empresa ERSA, basado en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) con los siguientes objetivos específicos: Diagnosticar el proceso productivo y ocurrencia de avería, originando los puntos críticos que originan el fallo de los equipos, elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir las pérdidas económicas, y así poder elaborar un análisis costo beneficio de la propuesta planteada.

La justificación de esta investigación se basa en el entorno de competitividad regional y nacional, el cual exige optimizar los procesos internos, con el objetivo de mejorar su eficiencia. Frente a esto la empresa ERSA presenta una desventaja ya que no cuenta con un plan d mantenimiento adecuado para los equipos, lo cual está generando pérdidas.

El desarrollo del presente proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad, incrementando su disponibilidad para minimizar paradas imprevistas que puedan provocar costos adicionales, y esto lo puede desarrollar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), debido que el RCM tiene como objetivo principal en una planta industrial, aumentar la disponibilidad del activo físico.

## **II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA**

### **2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Uzcátegui y Varela (2016), en su investigación “Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC”, establece como objetivo la aplicación de herramientas para la gestión de mantenimiento de empresas cementeras, aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), lo cual permitirá finalmente satisfacer la creciente necesidad de tener una alta disponibilidad en los sistemas productivos de cemento, dada la relación de este sector con el desarrollo productivo del país.

En cuanto a los métodos se empleó: Entrevistas no estructuradas al personal del departamento de mantenimiento de donde se describió la naturaleza del problema, se revisó las normas vigentes en cuanto a los términos y aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, para la elaboración de la Matriz de categorías como instrumento de recolección de datos, se hizo también análisis cualitativo y cuantitativo de la data recolectada en el diagnóstico de las gestión de mantenimiento.

Llegando a la conclusión que la gestión de mantenimiento de la empresa cementera no considera los principios básicos de la confiabilidad de los activos, puesto que presenta grandes deficiencias en aspectos básicos, en lo cual es necesario la aplicación de herramientas de clase mundial, enmarcadas en la metodología de MCC, el cual aumentará la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Gonzales (2015), en su investigación “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Aplicado al Sistema Hidráulico de la Planta Generadora Huaji de Cobee”, menciona que siguiendo su política de mejora continua para lograr una gestión cada vez más eficiente, se aplicó la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad al sistema hidráulico de la planta Huaji, esta aplicación aumentó la confiabilidad de la planta y redujo los costos de mantenimiento correctivo e indisponibilidad de las unidades.

Para el análisis se utilizaron los parámetros de la norma SAE JA1011, la cual exigió formar un grupo de trabajo multidisciplinario con el personal más involucrado al sistema y responder en sesiones planificadas, las siete preguntas básicas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, y para seleccionar el activo o proceso para aplicar RCM la empresa realizó un análisis de criticidad a la planta generación y sus componentes utilizando como parámetros los mantenimientos correctivos y paradas no programadas. Llegando a concluir que la implantación de las tareas de mantenimiento propuestas por el análisis RCM aumentará la confiabilidad y reducirán los costos de mantenimiento correctivo. Las planillas informativas y de decisión de RCM hacen posible hacer seguimiento de cada tarea de mantenimiento desde las funciones y contexto operacional, a su vez son fácilmente adaptables a los cambios que surjan. Y al involucrar al personal de diferentes áreas que tienen que ver con el sistema hidráulica se mejora la comunicación y el trabajo en equipo.

Ignacio (2015), en su investigación “Aplicación de la metodología RCM al mantenimiento de los motores de agujas en Metro Ligero Oeste”, establece como objetivo la aplicación de la metodología RCM sobre los motores de agujas genérico, en el que mediante un análisis AMFE (Análisis de los Modos de Fallo y de sus Efectos) se han analizado los modos de fallo, sus causas y efectos para establecer una criticidad y, posteriormente, determinar las causas y plantear posibles acciones de mantenimiento a acometer. El nuevo programa de mantenimiento preventivo permite adecuar las tareas y frecuencias aplicables según el entorno operativo específico de cada uno de los dispositivos considerados, incrementando la eficiencia de la explotación mediante la optimización del plan de mantenimiento preventivo.

El resultado del proyecto se materializa en la formulación de un plan de mantenimiento preventivo eficiente y adecuado a su entorno operativo para los motores de agujas, y en la elaboración de un cuadro de mando basado en indicadores que permita su evaluación y seguimiento, así como la adaptación de dicho plan a las futuras necesidades y circunstancias en base a los resultados que se obtengan.

El plan de mantenimiento planteado supone un ahorro de costes del 23% respecto al mantenimiento correctivo realizado en la actualidad, constatando una reducción significativa tanto del número de tareas, como en el tiempo dedicado a las mismas.

Islam H. (2013), en su investigación “Metodología y aplicación del mantenimiento centrado en la fiabilidad: un estudio de caso” describe la aplicación de la metodología de mantenimiento centrada en la fiabilidad al desarrollo del plan de mantenimiento para una planta de proceso de vapor. El objetivo principal del mantenimiento centrado en la fiabilidad es el mantenimiento rentable del valor inherente de fiabilidad de los componentes de la planta. La planta del proceso-vapor consiste en caldera del tubo del fuego, distribución del vapor, secador, bomba de agua de alimentación y calentador de proceso. En este contexto, se lleva a cabo un programa de mantenimiento de la planta basado en este concepto de mantenimiento centrado en la fiabilidad.

La aplicación de la metodología de mantenimiento centrada en la fiabilidad mostró que el tiempo principal entre fallas para los equipos de la planta y la probabilidad de fallos repentinos en el equipo disminuye. El programa de trabajo propuesto se lleva a cabo. Los resultados muestran que el costo de mano de obra disminuye de 295200 \$ / año a 220800 \$ / año (aproximadamente 25,8% del costo total de mano de obra) para la planificación de mantenimiento preventivo propuesta. Además, se investiga el tiempo de inactividad de los componentes de la planta. Los resultados propuestos de la planificación de PM indican un ahorro de aproximadamente el 80% del costo total de tiempo de inactividad comparado con el mantenimiento actual.

Además, se generan los programas de repuestos propuestos para los componentes de la planta. Los resultados muestran que alrededor del 22.17% del costo anual de las piezas de repuesto se ahorra cuando se propone la planificación de mantenimiento preventivo otro mantenimiento corriente una vez. Basándose en estos resultados, debe aplicarse la aplicación del mantenimiento predictivo.

Vishnu and Regikumar (2016), en su investigación “Selección de estrategias de mantenimiento basadas en fiabilidad en plantas de proceso: un estudio de caso”, propone un enfoque general para implementar el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) en las plantas de proceso. RCM es una estrategia de mantenimiento recientemente desarrollada que incorpora todas las ventajas de las estrategias tradicionales de mantenimiento. Más concretamente, RCM selecciona la estrategia de mantenimiento más adecuada y adaptada para todos los equipos de la planta en base a su puntaje de criticidad y parámetros de fiabilidad.

La implementación de RCM requiere la recolección y análisis de datos históricos de fallas y mantenimiento para determinar la condición actual de los equipos. Posteriormente, la estrategia de mantenimiento se enmarca para la unidad siguiendo la metodología basada en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP). Esto debe hacerse tomando opiniones de expertos de los departamentos de mantenimiento y producción. RCM presentado aquí es validado con los datos de historial de mantenimiento de una planta de proceso de fabricación de dióxido de titanio con una capacidad de producción de 20.000 toneladas métricas al año.

Actualmente, la firma sigue una combinación de estrategias de mantenimiento programadas y de desglose. Sin embargo, la implementación de RCM en esta planta se justifica por los resultados de la simulación de mantenimiento que revelaron la actual escasa disponibilidad y rendimiento de los equipos.

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1. MANTENIMIENTO**

Según Velasco Emilio (2016), El mantenimiento es el conjunto de actividades que deben realizarse a instalación y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. El mantenimiento es la conservación de la maquinaria y equipo con el fin de maximizar su disponibilidad.

La finalidad del mantenimiento es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

#### **A. Objetivos del mantenimiento**

Según García Garrido, Santiago (2012), En cualquier empresa, el mantenimiento debe cumplir con dos objetivos fundamentales: Reducir costos de producción y garantizar la disponibilidad.

Cuando se habla de reducir los costos de producción se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Optimizar la disponibilidad de equipos e instalaciones para la producción.
- ✓ Se busca reducir los costos de las paradas de producción ocasionadas por deficiencia en el mantenimiento de los equipos, mediante la aplicación de una determinada cantidad de mantenimiento en los momentos más apropiados.
- ✓ Incrementar la vida útil de los equipos.

#### **B. Tipos de mantenimiento**

##### **✓ Mantenimiento correctivo**

Según García Garrido, Santiago (2012), Es aquel mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en un determinado momento. Se puede afirmar que es el equipo quien determina cuando se debe parar. Su función principal es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y al mínimo costo posible.

Este mantenimiento es común encontrarlo en las empresas pequeñas y medianas, presentando una serie de inconvenientes: ejemplo el repuesto no se encuentra disponible porque no se tiene un registro del tipo y cantidad necesario, baja calidad de la producción debido al desgaste progresivo de los equipos, etc.

### ✓ **Mantenimiento preventivo**

Según García Garrido, Santiago (2012), Este tipo de mantenimiento tiene su importancia en que realiza inspecciones periódicas sobre los equipos, teniendo en cuenta que todas las partes de un mecanismo se desgastan en forma desigual y es necesario atenderlos para garantizar su buen funcionamiento.

El mantenimiento preventivo se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), con el fin de anticiparse a las posibles fallas en el equipo. Tiene en cuenta cuales actividades se deben realizar sobre el equipo en marcha o cuando esté detenido.

### ✓ **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación.

Las técnicas predictivas más habituales en instalaciones industriales son las siguientes:

- ❖ Análisis de vibraciones, considerada por muchos como la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo.
- ❖ Análisis de aceites.
- ❖ Análisis de ultrasonidos.
- ❖ Análisis de humos de combustión.
- ❖ Control de espesores en equipos estáticos.

## **C. Fallas**

Se entiende por fallo de una máquina cualquier cambio en la misma que impida que está realice la función para la cual fue diseñada. Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debería, o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión.

Una falla es la causa u evento que nos lleva a la finalización de la capacidad de un equipo para realizar su función adecuadamente o para dejar de realizarla en su totalidad.

### ✓ **Importancia del análisis de fallas**

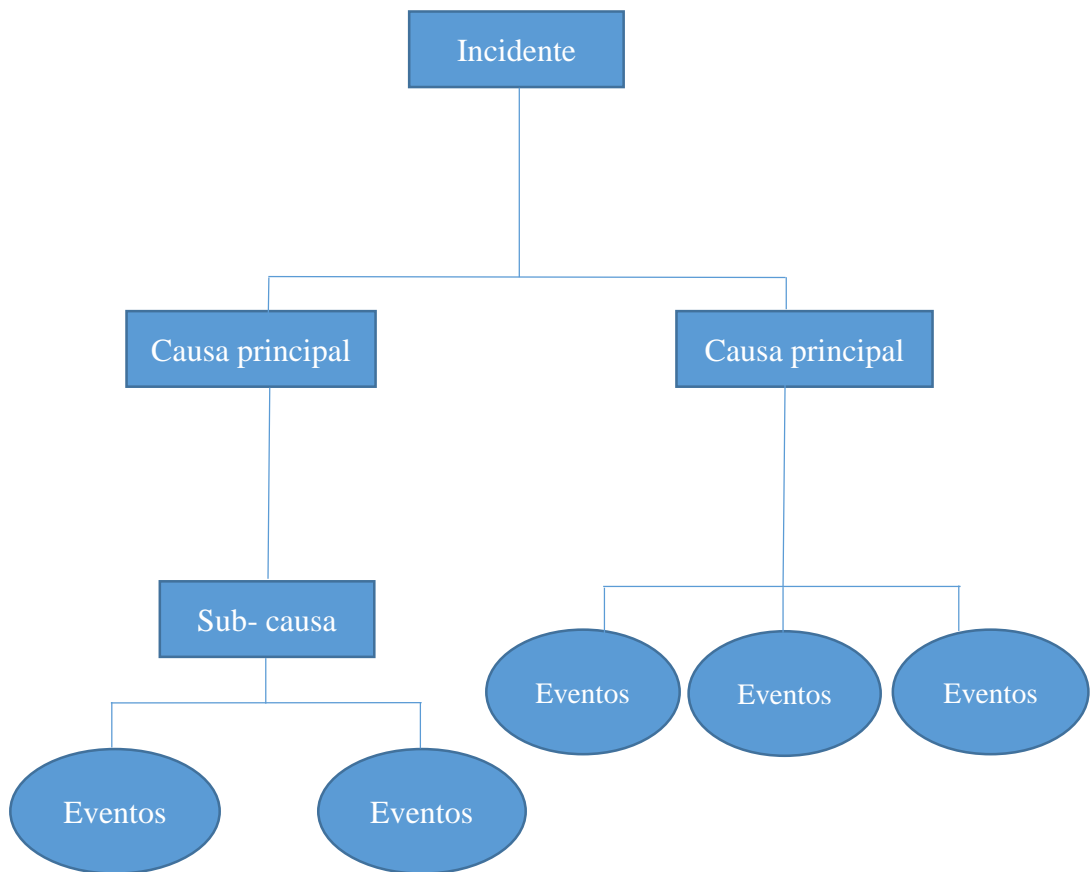
La importancia de analizar las fallas que acurren en las máquinas o sistemas radica en que este análisis nos permite confirmar o descartar los supuestos orígenes de dichas fallas, es decir, el análisis de fallas es una etapa donde escuchan y evalúan las opiniones de los expertos.

La importancia de diagnosticar las fallas es, en sí, planear o dar soluciones para cada caso en particular y con esto, lograr el funcionamiento adecuado.

## ✓ **Árbol de fallas**

Según Machiavelo (2013). Son herramientas excelentes para para corregir y localizar fallas. Pueden usarse para prevenir o identificar fallas antes que ocurran, pero se usan con más frecuencia para analizar accidentes o como herramientas investigativas para señalar fallas.

Los arboles de fallos pueden ser utilizados de forma independiente o en conjunto con otras técnicas de confiabilidad como es el caso del análisis AMEF, con el objetivo de: Identificación de la causa, determinar que modos o factores que tienen una máxima contribución en el potencial del fallo, identificación de eventos comunes.



**Figura N°01: Árbol de fallas**

Fuente: Machiavelo (2013)

## **D. Productividad**

Según Vásquez Gervasi (2012). Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos pre-determinados. El objetivo es fabricar artículos a un menor costo a través del empleo eficiente de los recursos primarios de producción: materiales, hombres, maquinaria etc.

Existen 3 formas incrementar la productividad

- ✓ Aumentar el producto y mantener el mismo insumo.
- ✓ Reducir el insumo y mantener el mismo producto.
- ✓ Aumentar el producto y reducir el insumo simultáneamente y proporcionalmente.

## **Medición de la productividad**

Según Vásquez Gervasi (2012). La productividad no es una medida de la producción o de la cantidad, sino de la eficiencia con que se ha combinado los recursos para lograr los resultados esperados.

Por lo tanto la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos}$$

O

$$Productividad = \frac{Resultados Logrados}{Recurso Empleado}$$



## 2.2.2. INDICADORES DE MANTEMINIENTO

### A. Confiabilidad

Según Apablaza. M (2013). Es la probabilidad de que un equipo o instalación funcione correctamente durante un periodo determinado, bajo condiciones operacionales previamente definidos. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. Se mide por el índice de MTTF

#### ✓ Tiempo medio hasta el fallo (MTTF)

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado.

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de Operación por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

### B. Mantenibilidad

Es la probabilidad de que un equipo o instalación, que después de un fallo, sea reparado en un tiempo dado. Se mide por el índice MTTR.

#### ✓ Tiempo medio para reparar (MTTR)

Según Reliabilityweb (2016). Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

## C. Disponibilidad

Según Reliabilityweb (2016). Es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. Se mide por el índice A (disponibilidad).

$$Disponibilidad = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}} \times 100$$

### 2.2.3. MANTENIMIENTO CENTRADA EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), es una metodología utilizada para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe llevando a cabo su función, en el contexto operacional presente.

Según Parra (2012). El RCM sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo.

#### A. Metodología para la implantación de R.C.M.

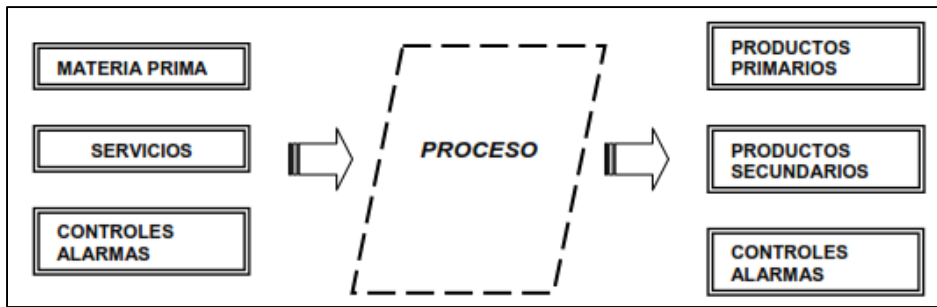
Según Parra (2012). La metodología RCM propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes 7 preguntas.

- ✓ ¿Cuál es la función?
- ✓ ¿Cuál es la falla funcional?
- ✓ ¿Cuál es el modo de falla?
- ✓ ¿Cuál es efecto de la falla?
- ✓ ¿Cuál es la consecuencia de la falla?
- ✓ ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?
- ✓ ¿Qué puede hacerse si no se conoce un tarea de prevención adecuada a este fallo?

##### a. Contexto operacional

Según Parra (2012). Define al contexto operacional como el entorno donde funciona el equipo.

Una herramienta grafica que facilita la visualización del contexto operacional, es el diagrama de entrada- proceso- salida, en estos diagramas se debe identificar las entradas, los procesos y las salidas principales del sistema.



**Figura N° 02: Diagrama de entrada- proceso-salida**

Fuente: Parra (2012)

## **B. Herramientas claves de la metodología R.C.M.**

### **a. Análisis de criticidad**

Según Parra (2012). Es una metodología que permite identificar y jerarquizar por su importancia los activos de una instalación sobre las cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). En otras palabras, el proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.

Para realizar este análisis tomaremos en cuenta los siguientes criterios:

- Flexibilidad operacional
- Impacto a la producción
- Costos de mantenimiento
- Impacto a la seguridad y medio ambiente
- Frecuencia de fallas

A continuación se presentan de forma detallada, las expresiones utilizadas para jerarquizar los sistemas.

$$CTR = FF \times C$$

Donde:

**CTR:** Criticidad total por riesgo

**FF:** Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado)

**C:** Consecuencias de los eventos de fallos.

Donde se supone además que el valor de las consecuencias (C), se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$C = (IO \times FO) + CM + SMA$$

Siendo:

**IO:** Factor de impacto en la producción

**FO:** Factor de flexibilidad operacional

**CM:** Factor de costos de mantenimiento

**SMA:** Factor de impacto a la seguridad y medio ambiente

A continuación se presentan los factores ponderados diseñados para el proceso de jerarquización de los factores de frecuencia y consecuencia de fallos:

**Tabla N° 01: Factores ponderados para el análisis de criticidad**

<b>Frecuencia de falla</b>	<b>Factor</b>
Frecuente: mayor a 2 fallas al año	4
Promedio: 1 y 2 fallas al año	3
Bueno: 1 falla al año	2

<b>Impacto a la producción</b>	<b>Factor</b>
Pérdidas de producción superiores al 75%	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%	7
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%	5
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%	3
Pérdidas de producción menor al 10%	1

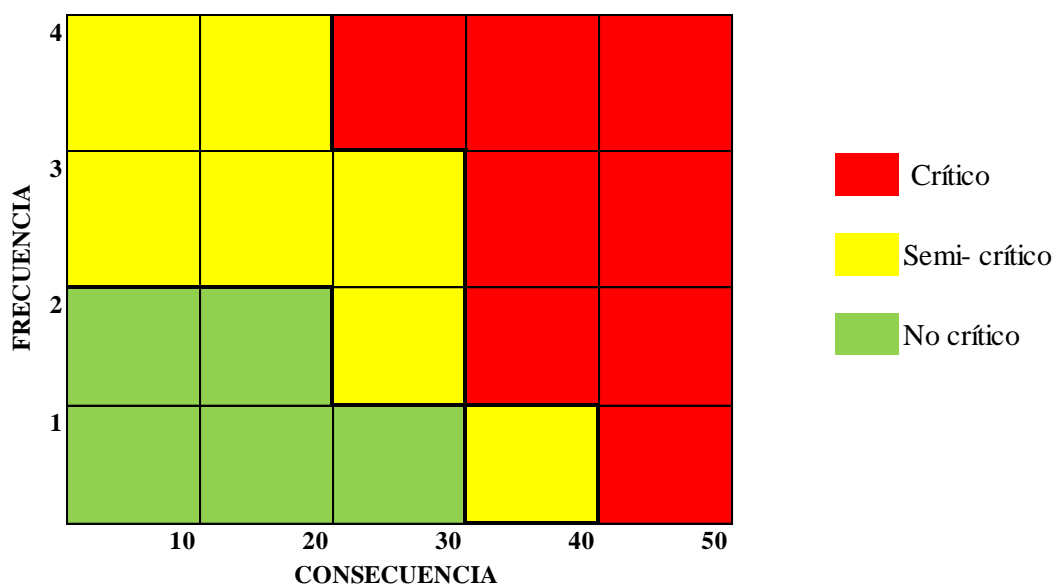
<b>Flexibilidad Operacional</b>	<b>Factor</b>
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción	4
Se cuenta con unidades de reserva que logren cubrir de forma parcial la producción	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea	1

<b>Costos de mantenimiento</b>	<b>Factor</b>
Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 3 000	2
Costos de reparación, materiales y mano de obra entre 1 a 3 000	1

<b>Impacto a seguridad y medio ambiente</b>	<b>Factor</b>
Riesgo alto de pérdida de la vida, daños graves a la salud	8
Riesgo medio de pérdida de la vida, daños importantes a la salud e incidente ambiental mayor	6
Riesgo mínimo de pérdida de la vida y afección a la salud e incidente ambiental menor	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños al ambiente	1

Fuente: Parra (2012)

Los resultados de la evolución de los factores anteriores, se presentan en una matriz de criticidad.



**Figura N° 03: Matriz de criticidad**

Fuente: Parra (2012)

**b. Análisis de los modos y efectos fallos (AMEF):**

Según Parra (2012). El análisis de los modos y efectos de fallos (AMEF) es la herramienta principal del RCM para optimizar la gestión de mantenimiento en una organización determinada, ya que ayuda a responder las primeras cinco preguntas básicas del RCM.

El objetivo básico del AMEF es encontrar todas las formas o modos en los que puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles efectos de los fallos en función de tres criterios básicos del RCM: seguridad humana, seguridad del medio ambiente e impacto a la producción.

A continuación se presenta una hoja de trabajo AMEF:

**Tabla N° 02: Análisis de Modos y Efectos Falla (AMEF)**

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA:				
		EQUIPO:				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO FALLA
1		A		1		
				2		
				3		

Fuente: Parra (2012)

- **Definir funciones:** Una función se define como el propósito o la misión de un activo en un contexto operacional específico. Es decir, es lo que el usuario desea que la máquina haga.
- **Definir falla funcional:** Un fallo funcional se define como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el funcionamiento esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña. Es decir, razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
- **Definir modos de falla:** Las fallas funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son lo que la metodología RCM define como modos de falla (causas físicas que provocan las fallas funcionales totales o parciales). Es decir define las razones, causas por la cual ha fallado
- **Establecer los efectos de la falla:** Que ocurre cuando la falla se produce, es decir cómo afecta a la seguridad humana, medio ambiente y a la producción.

### c. Hoja de decisión R.C.M.

Según Parra (2012). Es una herramienta diseñada por el R.C.M. que permite seleccionar de forma óptima la actividad de mantenimiento más adecuada, para evitar los posibles efectos de cada modo de falla.

**La hoja de decisión R.C.M:** Es utilizada para registrar las respuestas a las preguntas del diagrama de decisión R.C.M. y en la luz de estas respuestas, registrar:

- Que rutina de mantenimiento se va a realizar, con qué frecuencia y quien lo va a llevar a cabo.

A continuación se presenta una hoja de trabajo **decisión R.C.M:**

**Tabla N° 03: Hoja de decisiones R.C.M.**

HOJA DE DECISIONES R.C.M								ÁREA:						Acción a falta de	Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
								EQUIPO:									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4	Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por		
							N1	N2	N2								

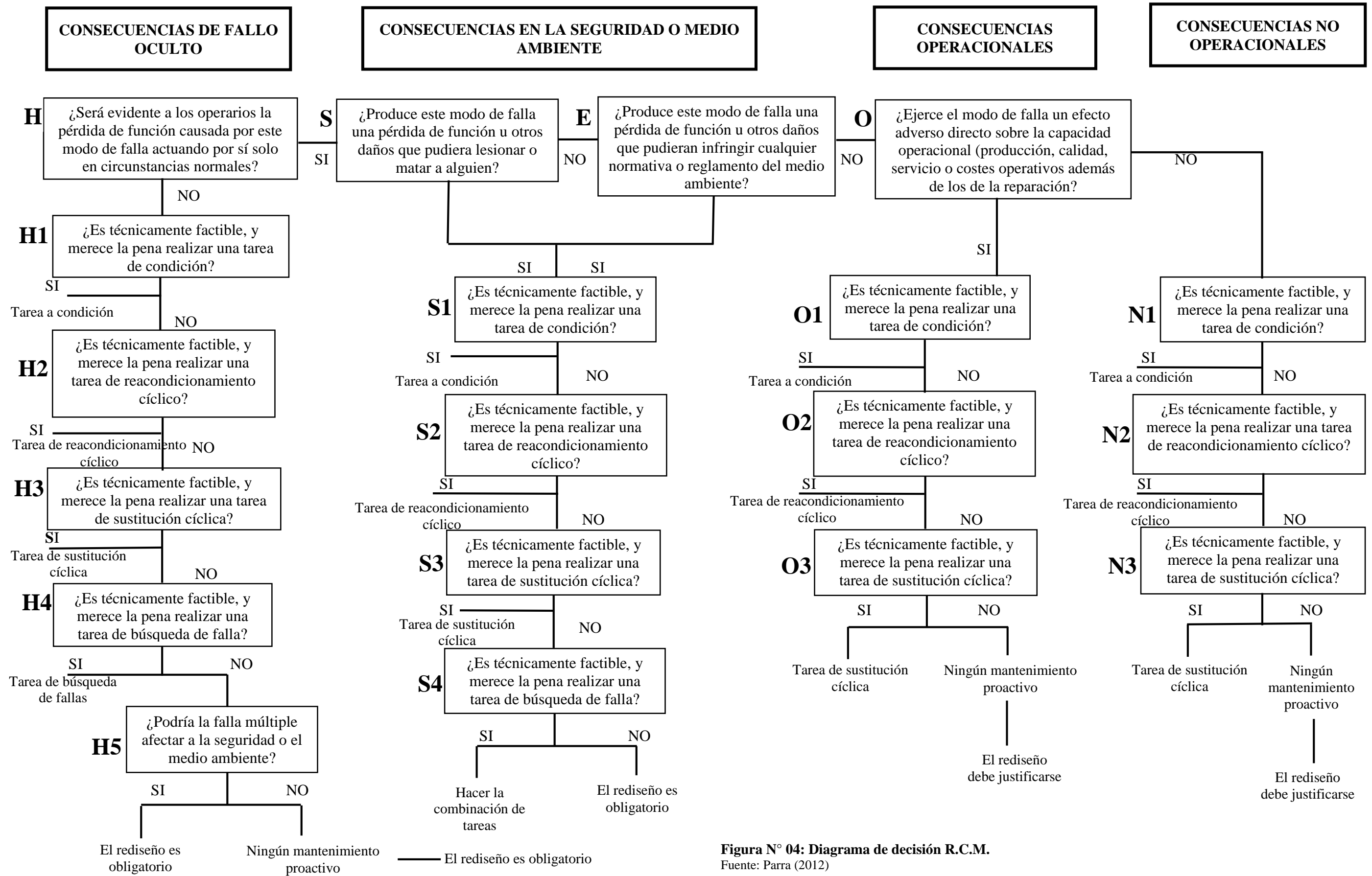
Fuente: Parra (2012)

El formato de la hoja decisión RCM está dividida en 16 columnas. Las columnas encabezadas F, FF y FM (función, falla funcional, modo de falla), identifican los modos de fallo bajo consideración.

Los encabezados en las siguientes 10 columnas hacen referencia a las preguntas del diagrama de decisión de R.C.M. del siguiente modo:

- Las columnas encabezadas H, S, E, O y N se utilizan para registrar las respuestas a las preguntas referidas a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las siguientes tres columnas (encabezadas H1, H2, H3 etc.) registra si una tarea proactiva ha sido seleccionada, y de ser así, el tipo de tarea.
- Si fuera necesario responder a cualquier de las preguntas “a falta de”, se debe utilizar las columnas encabezadas H4 y H5, o S4 para registrar las respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hubiera), la frecuencia con que se utiliza esto y quien ha sido seleccionado para hacerlo. La columna “tarea propuesta” también se utiliza para registrar los casos donde se requiere el rediseño, o en que se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.



**Figura N° 04: Diagrama de decisión R.C.M.**  
Fuente: Parra (2012)



- **Consecuencias de la falla:** Una vez definidas las funciones, falla funcional, moda falla y los efectos, se procede a evaluar la importancia de cada falla. Estas consecuencias serán las que marcarán la decisión de si se ha de tratar de prevenir la falla o no.

El R.C.M. divide en cuatro grupos las consecuencias de la falla.

- **Fallas ocultas:** Las fallas ocultas no tienen ningún impacto negativo directo, pero hacen que la instalación esté expuesta a fallas múltiples que pueden ocasionar consecuencias graves.
  - **Seguridad y medio ambiente:** Un modo de avería tiene consecuencias medioambientales o de seguridad cuando se incumple con cualquier norma o existe la posibilidad de daños físicos sobre la persona.
  - **Operacionales:** En este apartado se incluyen las consecuencias de falla que causan pérdidas económicas y reducción de la producción.
  - **No operacionales:** Las consecuencias de falla que se incluyen en esta categoría son aquellos que no afectan ni a la producción ni a la seguridad, solo se requiere la reparación o remplazo de los elementos afectados.
- **Prevención de la falla:** Las tareas preventivas se realizan siempre y cuando se compruebe que realizándolas se pueden evitar las consecuencias de la falla.

Según Parra (2012). El RCM distribuye las actividades de mantenimiento preventivas (proactivas) en:

- **Tareas programadas en base a condición:** Las actividades programadas en base a condición (predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallos no ocurren instantáneamente, si no que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo ejemplo lecturas de vibración, grietas existentes, partículas en el aceite, etc.
- **Tareas de reacondicionamiento:** Son actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo a su condición original, es decir, actividades de prevención realizadas a los activos a un intervalo de frecuencia menor al límite de vida operativo del activo. Este tipo de actividades, el activo es puesto fuera de servicio, se realiza una inspección general y se reemplazan, en caso de ser necesario, las piezas defectuosas.
- **Tareas de sustitución:** Este tipo de actividad está orientada específicamente hacia el reemplazo de componentes o partes usadas de un activo a un intervalo temporal inferior al de su vida útil (antes que se produzca el fallo). Las actividades de reemplazo devolverán la condición original al componente, ya que se sustituye un viejo con un nuevo.

- **Sin opciones de prevenir la falla:** A parte de comprobar si la realización de las tareas preventivas es factible o no, el RCM se ocupa también de si merece la pena o no hacerlas. Si se comprueba que no vale la pena realizar este tipo de tareas, se efectúan otro tipo de tareas de mantenimiento llamado correctivos.

Según Parra (2012). El RCM distribuye las actividades de mantenimiento correctivas (reactivas) en:

- **Rediseño:** En el caso de no conseguir ningún tipo de actividad preventiva que ayude a reducir la posibilidad de ocurrencia de los modos de fallos que afecten a la seguridad o al medio ambiente a un nivel aceptable es necesario desarrollar un rediseño o una modificación que permita minimizar o eliminar las consecuencias de esos modos de fallos.
- **Tareas de búsqueda de fallos ocultos:** Tal como se definió anteriormente, los modos de fallos ocultos no son evidentes bajo condiciones normales de operación, por lo que este tipo de fallo no tiene consecuencias directas, pero estas consecuencias pueden propiciar la aparición de fallos múltiples dentro de un contexto operacional.
- **Actividades de mantenimiento no programado:** (no realizar mantenimiento programado). En el caso de no conseguir actividades de prevención económicamente más baratas que los posibles efectos derivados de los modos de fallos con consecuencias operacionales o no operacionales, se podrá tomar la decisión de esperar que ocurra el fallo y actuar de forma reactiva.

### III. RESULTADOS

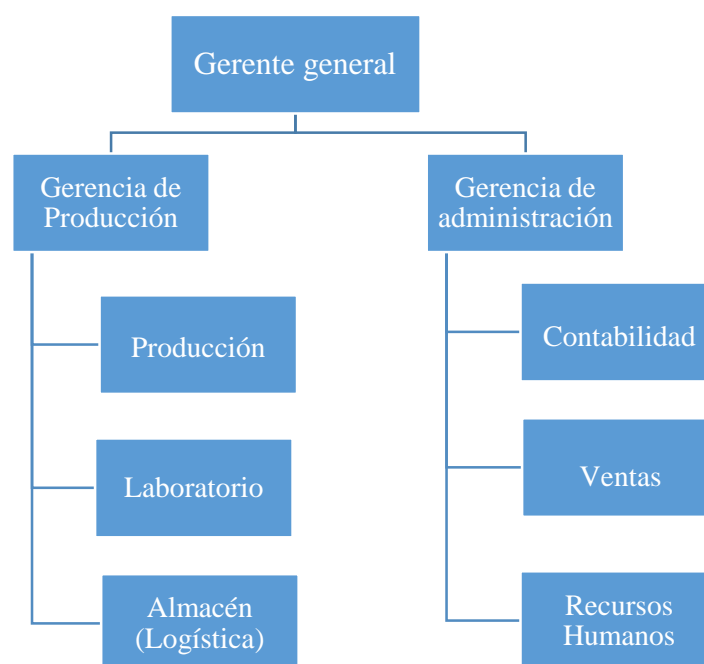
#### 3.1. DIAGNOSTICAR EL PROCESO PRODUCTIVO, Y OCURRENCIA DE AVERÍAS, ANALIZANDO LOS PUNTOS CRÍTICOS QUE ORIGINAN EL FALLO DE LOS EQUIPOS.

##### 3.1.1. LA EMPRESA

Ersa transportes y servicios S.R.L. es una planta industrial que se dedica a la producción de alcohol etílico rectificado y alcohol industrial a partir de la melaza de caña de azúcar, ésta materia prima constituye el subproducto del procesamiento de la caña de azúcar de las fábricas productoras de azúcar de caña. Está ubicada en la carretera a Ferreñafe Km. 3,2 en el distrito de José Leonardo Ortiz, en la provincia de Chiclayo. Sus operaciones fueron iniciadas en octubre del 2007, y su representante legal es el Sr. Vera Cruz Julio César.

##### A. Estructura organizacional de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

A continuación, se presenta el organigrama de la empresa, donde se puede observar los roles que cumplen cada trabajador.



**Figura N°05: Organigrama de la empresa Ersá Transportes y Servicios S.R.L.**

Fuente: Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

Esta fábrica obtiene el alcohol etílico a partir de una fermentación de mostos de melaza de caña de azúcar, para ello hace uso de levadura, la cual consume los azúcares presentes en el mosto transformándolo en alcohol y dióxido de carbono.

A continuación en la tabla N°04 se muestra datos generales del proceso productivo de la fabricación de alcohol.

**Tabla N°04: Datos generales del proceso productivo de la fabricación de alcohol.**

<b>Datos</b>	<b>Descripción</b>
Producto principal	Alcohol rectificado de °GL =96
Subproducto	Alcohol industrial de °GL= 95
Producción de alcohol rectificado (°1)	12 000 litros de alcohol por día
Producción de alcohol industrial (°2)	270 litros de alcohol por día
Consumo de melaza	45 toneladas por día
Azúcares reductores en la melaza (%)	53%
Unidad de venta del producto terminado	Cilindros
Capacidad de un cilindro	200 litros
Costo de un cilindro de alcohol	320 a 400 nuevos soles
Costo de la tonelada de melaza	340 nuevos soles
Desechos del proceso	Vinaza, lodos de fermentación, flexmaza, agua residual, ceniza producto de la combustión de la cascarilla de arroz.

Fuente: Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

En Ersá Transportes y Servicios S.R.L. en el área de producción laboran cinco (5) operarios por turno, cada turno de doce. Dentro de los operarios se encuentran (01) fermentador encargado del fermentar, (01) destilador encargado de la destilación, (01) un calderista encargado de generar vapor para la destilación y (02) pajilleros encargados de abastecer con pajilla el caldero.

### **3.1.2. MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS R.S.L.**

Actualmente en la empresa, se emplea solo el mantenimiento correctivo, es decir la reparación de las máquinas cuando estas fallan. El sólo hecho de emplear el mantenimiento correctivo, ha generado parados del proceso, gastos en máquinas nuevas, compra de repuestos, desmotivación del personal etc.

Además la empresa no cuenta con un área de mantenimiento, mucho menos con personal capacitado como para hacer un mantenimiento, y todo trabajo lo terceriza.

#### **A. Adquisición de repuestos y mantenimiento correctivo.**

La adquisición de repuestos y mantenimiento correctivo inicia cuando el operario detecta la falla en una máquina, la cual puede provocar una parada temporal de la línea de producción. Posteriormente el área solicitante comunica verbalmente del daño al personal encargado del área de producción y este ve si la falla se puede solucionar con los mismos operarios o si no llama a una empresa tercera para que realicen el trabajo. En el caso, que el área de logística tenga el repuesto requerido en almacén este se proporcionará al área solicitante. Por otro lado en el caso que no lo tenga, debe de realizar las cotizaciones respectivas a los proveedores, y así analizar las propuestas y poder elegir la más adecuada en base a los precios y características técnicas.

#### **B. Almacén.**

El área almacén es un ambiente de aproximadamente de 36 m<sup>2</sup>, donde se encuentra algunos materiales, repuestos y suministros básicos, que requiere la empresa, también se encuentran los repuestos usados. Estos materiales se encuentran ubicados en estanterías metálicas y en el suelo, lo que hace ver amontonado y desordenado. Esta desorganización dificulta que se realicen las operaciones eficientemente en esta área, que es abastecer a cada área los pedidos solicitados. En esta área tenemos:

- Repuestos de mantenimiento: tuercas, pernos, anillos, niples, empaquetaduras, tubos de PVC y de acero; cada uno de diferentes diámetros y tipos de materiales, pinturas, herramientas, alambre, etc.
- Elementos de ensamble: soldadura de diferentes diámetros
- Materiales de consumo: grasa, lubricantes.

### 3.1.3. PROCESO PRODUCTIVO DEL ALCOHOL, DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.

#### A. Materia prima

- ❖ **Melaza:** Es una sustancia espesa, dulce y de color oscuro que queda como residuo de la cristalización del azúcar de caña; es utilizada en el proceso de producción de alcohol principalmente por su alto contenido de azúcar. La melaza varía su composición de acuerdo a las localidades de procedencia, clases o variedades de caña, las condiciones del suelo, el clima y los métodos de la fabricación; la melaza contiene algo más de 50% de azúcares totales, por lo que es apropiada para producir alcohol etílico por fermentación.
- ❖ **Agua:** Es un líquido incoloro, inodoro cuya fórmula es H<sub>2</sub>O. este recurso natural es empleado para el proceso de producción en las áreas de fermentación, destilación y caldero.
- ❖ **Urea:** Es un compuesto químico cristalino e incoloro de fórmula molecular CON<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Es empleado en la etapa de pre- fermentación y fermentación como alimento de la levadura por su alto contenido de nitrógeno.
- ❖ **Ácido sulfúrico:** El ácido sulfúrico es un compuesto químico extremadamente corrosivo cuya fórmula es H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Es el compuesto químico que más se produce en el mundo. Es empleado en la etapa de pre-fermentación y fermentación para reducir el pH durante el proceso.
- ❖ **Bactericida:** Controla especialmente las bacterias *Leuconostoc mesenteroides* y *Bacillus Stearothermophilus* y ayuda a mantener las tanques de fermentación libre de lama microbiológica.
- ❖ **Levadura:** Las levaduras son cuerpos unicelulares (generalmente de forma esférica) de un tamaño que ronda los 2 a 4 μm. Se puede decir que el 96% de la producción de etanol la llevan a cabo hongos microscópicos, de diferentes especies de levaduras, entre las que se encuentran principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, lo cual consume los azúcares presentes en el mosto transformándolos en alcohol y dióxido de carbono. Los microorganismos responsables de la fermentación son de tres tipos: bacterias, mohos y levaduras. Cada uno de estos microorganismos posee una característica propia sobre la fermentación que son capaces de provocar. En algunos casos son capaces de proporcionar un sabor característico al producto final (como en el caso de los vinos o cervezas).

- ❖ **Cascarilla de arroz:** La cascarilla de arroz es un tejido vegetal constituido por celulosa y sílice, es utilizado como combustible para la generación de vapor, ya que alcanza rápidamente altas temperatura, por su alto poder calorífico. El uso de la cascarilla como combustible representa un aporte significativo a la preservación de los recursos naturales y un avance en el desarrollo de tecnologías limpias.

## **B. Producto terminado**

El producto obtenido es el alcohol etílico rectificado. Su nombre químico es Etanol, y su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$ . El alcohol es un compuesto ternario constituido por 52% de carbono, 34,8% de oxígeno y 13% de hidrógeno; en la destilería Ersa Transportes y Servicios S.R.L. Se obtiene con un grado de 96° GL. (°GL= grados alcohólicos)

### **Características del alcohol.**

- ❖ El alcohol es un líquido fácilmente inflamable, de llama azulada, resultando de su combustión completa agua y anhídrido carbónico.
- ❖ Es coagulante de las albúminas, con cloro forma acetaldehídos.
- ❖ Soluble en diversas sustancias orgánicas o minerales, como ésteres, carburantes, acetonas, etc. Su solubilidad disminuye con el aumento de la presencia de agua. Disuelve más o menos con facilidad sulfatos, carbonatos y acetatos de potasio.
- ❖ El alcohol combinado con oxígeno, se oxida resultando un aldehído acético y por continuar la acción oxidante un ácido acético.
- ❖ De la reacción de ácidos orgánicos de mineral con el alcohol se forman los ésteres correspondientes.

## **C. Proceso de producción del alcohol**

El proceso de productivo de etanol consta de dos etapas, la primera que es la fermentación y el segundo que es la destilación. Además en la a etapa de destilación podemos incluir también el área de producción de vapor.

A continuación se presentan las operaciones unitarias de cada una de las etapas.

### **a. Etapa de laboratorio:**

- ❖ **Propagación de cultivos:** Se realiza en el laboratorio y comienza generalmente en un tubo de ensayo que contiene una muestra reciente de microorganismo (levadura). Este material microbiológico seleccionado constituye el punto de partida con el cual se debe aumentar la cantidad del mismo mediante sucesivos pasajes en frascos de volúmenes crecientes.

❖ **Secuencia de propagación:**

**1. Germinadores (50L).**

T°= 33-34 °C                      Horas= 8-12

**2. Cultivadores (150-200L).**

T°= 32-34 °C                      Horas= 6-8

**3. Semilleros (1000L).**

T°= 33-34 °C                      Horas= 6-8

**4. Pre-fermentadores (7000L).**

T°= 32-34 °C                      Horas= 12-16

**b. Etapa de fermentación:**

❖ **Almacenamiento de melaza:** Este insumo principal es almacenado por la empresa en dos pozos cerrados, con una capacidad de almacenamiento de hasta 1125 toneladas de melaza cada uno. La melaza de caña es abastecida por las empresas de la región como Pomalca, Tumán, Anorsac, San Jacinto y Laredo.

❖ **Dilución:** La melaza de la poza de almacenamiento es bombeada a un tanque de alimentación, donde se le adiciona agua para que se diluya, debido a la naturaleza viscosa, reduciendo la densidad.

❖ **Pre- fermentación:** La melaza diluida es bombeada hacia los tanques pre- fermentadores, en donde se le adicionara la levadura *Saccharomyces cerevisiae* procedente de los tanques semilleros. Para que se dé con mayor eficiencia la fermentación propiamente dicha, se ajuste el pH a un valor de 4,5 adicionando ácido sulfúrico, se adiciona bactericidas para la inhibición de las bacterias y urea para el aporte de nitrógeno como nutriente para las levaduras.

❖ **Fermentación:** De los pre-fermentadores se bombea el producto de la operación anterior a las mosteras o tanques de fermentación donde se desarrollará principalmente el proceso de fermentación. Durante la fermentación las mosteras son refrigeradas externamente usando una tubería perforada que distribuye agua sobre toda la superficie lateral de los tanques y que luego es descargada a las canaletas de desagüe de la planta. Concluida la fermentación, el mosto fermentado contiene alrededor de 7 a 8,5° GL alcohol etílico o etanol.



### c. Etapa de destilación:

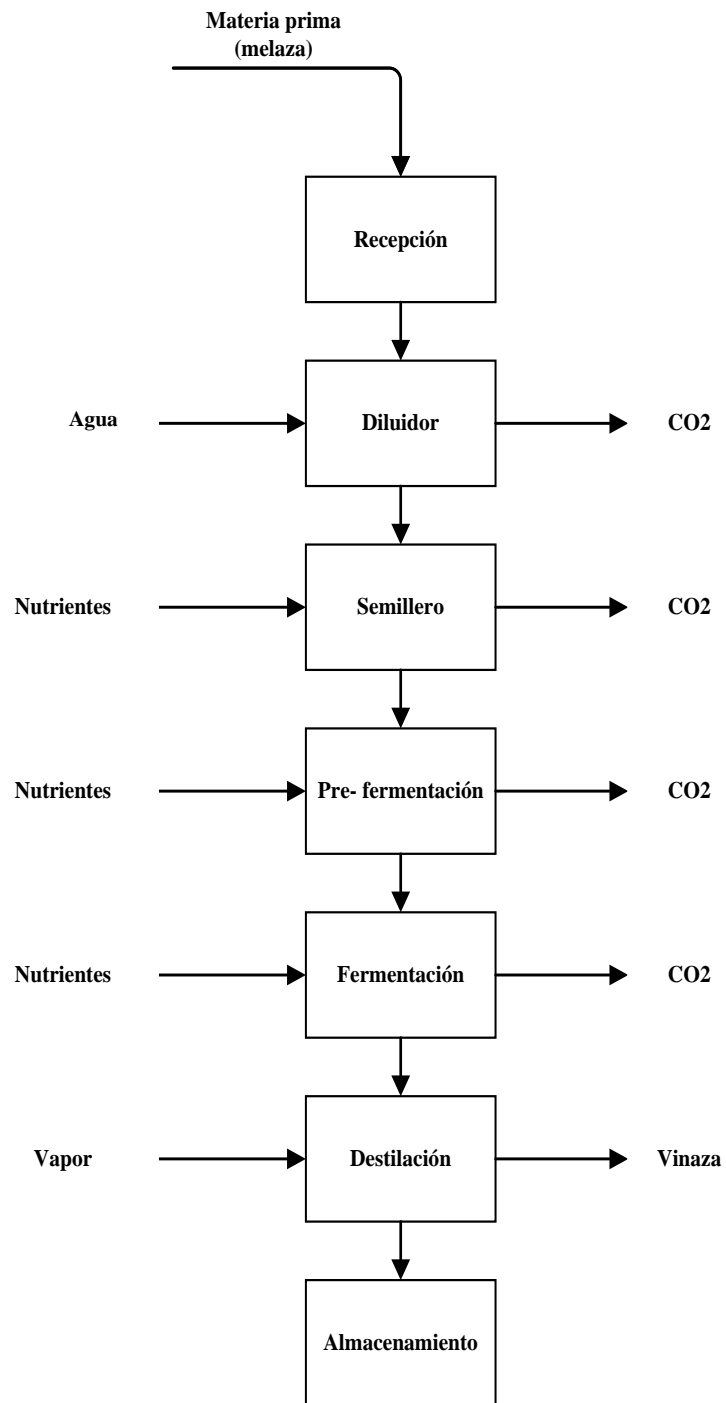
- ❖ **Columna mostera:** El mosto ya fermentado se precalienta y se alimenta en primer lugar a una columna de destilación, denominada columna mostera, en la cual se utiliza vapor de agua a 7-8 Bar como medio calefactor que ingresa directamente a la columna, la generación de vapor de agua se da a través de un caldero en el que se utiliza cascarilla de arroz como combustible. Se utiliza agua de enfriamiento para la condensación de los vapores generados dentro de la columna. De la parte superior de la columna se genera un condensado rico en alcohol que será circulado a una segunda columna llamada rectificadora, de la parte inferior sale un efluente llamado vinaza que será llevado por medio de una canaleta hacia una poza de almacenamiento.
- ❖ **Columna rectificadora:** En esta operación se usa una columna rectificadora que recibe los condensados ricos en alcohol de la columna mostera. La generación de vapor de agua para separar alcoholes de calidades diferentes, se da como en la operación anterior.

La columna rectificadora recibe los condensados de la columna anterior, los cuales son destilados con vapor de agua de la misma manera que las operaciones anteriores, en esta operación el agua que se utiliza como enfriamiento para la condensación es recirculada al caldero para la generación de vapor.

Por la parte superior se generan dos tipos de alcohol. Una la del producto principal con 96 ° GL en forma directa de la columna, para luego ser enfriado, así mismo una fracción será recirculada a la misma columna; y la otra también por la parte superior se dirige a una batería de 3 condensadores donde posteriormente serán condensados a una presión de 0,5 psi para obtener una pequeña cantidad de alcohol de segunda.

Por la parte baja de la columna de rectificación se descargan dos corrientes: la primera es una mezcla de alcoholes de grado superior denominada “aceite fusel” que es reutilizado para ser destilado y luego ser mezclado con el alcohol de segunda; la segunda corriente es un líquido acuoso denominado flexmaza, el cual se descarga hacia el desagüe de la planta.

- ❖ **Área de Producción de vapor**  
En esta operación se hace uso de un caldero donde se va a generar el vapor suficiente para el área de destilación, mediante la quema de la cascarilla de arroz.



Nutrientes: Urea, Sulfato de amonio, Ácido sulfúrico, Antibiótico, Antiespumante

**Figura N° 06: Diagrama de flujo del proceso productivo de la producción de alcohol**  
 Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### 3.1.4. ANÁLISIS DEL CONTEXTO OPERACIONAL

#### ➤ **ÁREA DE FERMENTACIÓN**

##### **A. Bomba de melaza**

- **Función:** Bombear la melaza hacia un tanque que se encuentra ubicado a una altura de 30 metros.
- **Descripción de la operación:** La melaza siendo la materia prima de este proceso es transportada a un tanque y por gravedad pasa luego a ser diluida. Para el transporte de melaza la fábrica cuenta con una bomba de desplazamiento positivo de 2 1/2", que succiona la melaza y lo envía hacia un tanque. Esta bomba tiene una válvula check o de retención con la finalidad de evitar el retorno de la melaza al dejar de bombear.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor a través de poleas y fajas. Tanto el motor como la bomba están sujetas al piso mediante unos pernos de 3/4 de pulgada, el equipo opera en un sistema abierto sin ninguna protección.

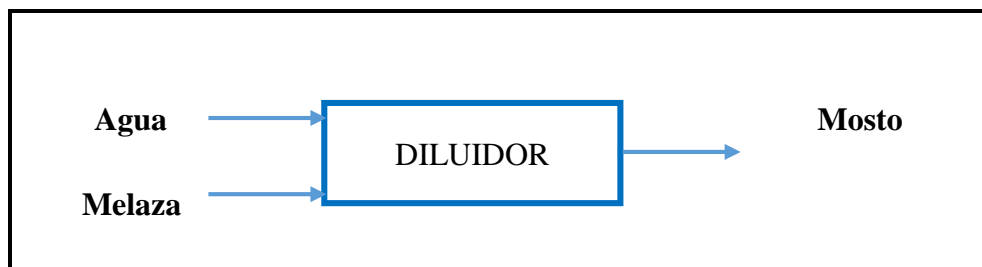
**Tabla N°05: Características de la bomba de melaza**

<b>Bomba de melaza</b>	
<b>Marca</b>	Viking
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Salida de la bomba</b>	2 1/2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	15 HP
<b>Voltaje</b>	220/380/440
<b>Amperaje</b>	43/24,8/21,5
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por faja Marshall B-79
<b>Año de adquisición</b>	2010

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## B. Diluidor

- **Función:** Mezclar la melaza con el agua
- **Descripción de la operación:** Luego de haber sido transportado la melaza, al tanque de almacenamiento esta es suministrado al diluidor por medio de una llave de paso que controla su flujo. Al mismo tiempo se inyecta agua por otra cañería igual controlada por una llave de paso, de esta manera se mezcla la melaza con el agua de tal manera que se pueda obtener la concentración de azúcares deseados para la alimentación y se obtiene una solución llamada mosto.
- **Descripción del equipo:** Lo compone un tanque abierto, donde se mide el °Bx continuamente y se observa la concentración azúcares. A demás consta de dos tuberías de entrada y de dos válvulas accionadas manualmente para hacer la mezcla.



**Figura N°07: Diagrama de entrada, proceso y salida del diluidor**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

## C. Bomba de recuperación de mosto

- **Función:** Recircular el mosto que queda en los tanques de fermentación, hacia un tanque de recepción.
- **Descripción de la operación:** Una vez llegada la fermentación a su estado de maduración o mayormente conocida como muerte de la cuba, debe ser destilada para obtener alcohol. Cada vez que se destila un tanque de fermentación, siempre va a quedar una cierta cantidad en el fondo del tanque que debe ser recuperada. En esta operación la bomba succiona el mosto del tanque de fermentación y lo recircula hacia un tanque de almacenamiento para luego ser fermentada nuevamente.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 8 HP mediante un acoplamiento de caucho sujetos con pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa.

**Tabla N°06: Características de la bomba de recuperación mosto**

<b>Bomba de recuperación de mosto</b>	
<b>Marca</b>	Gorman
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2 1/2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	8 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	20/11.5
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

#### **D. Bomba de agua sumergible**

- **Función:** Suministrar agua para toda la planta especialmente para las operaciones del proceso.
- **Descripción de la operación:** El suministro de agua es muy esencial para las operaciones del proceso, para ello se cuenta con dos electrobomba sumergible 5 HP que abastece a toda la fábrica. En esta operación las bombas que están sumergidas en los pozos tubulares succionan el agua del subsuelo y lo bombea hacia un pozo, esta operación es continua. Al mismo tiempo el agua del pozo es bombeada por otras bombas para todo el sistema.
- **Descripción del equipo:** El equipo consta de una electrobomba donde el motor y la bomba se encuentran juntas en una carcasa sellada herméticamente, está conformado por un impulsor con alavés, un eje sujeto por los rodamientos, sellos mecánicos; el motor consta de un rotor, estator, eje, rodamientos todos unidos en una carcasa hermética.

**Tabla N°07: Características de la electrobomba sumergible**

<b>Electrobomba sumergible</b>	
<b>Material</b>	Acero inoxidable
<b>Tipo</b>	Sumergible
<b>Válvula check</b>	Integrada
<b>Rpm</b>	3430- 3480
<b>Caudal</b>	15 litros por minuto
<b>Salida de la bomba</b>	2 1/2"

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## E. Bomba de agua para alimentación y enfriamiento de los fermentadores

- **Función:** Bombear el agua para diluir la melaza y para enfriar los tanques de fermentación
- **Descripción de la operación:** El agua que esta almacenada en la poza es succionada por las bombas y conducido de manera continua hacia el diluidor donde se hace la mezcla de melaza con agua para empezar el proceso de fermentación, al mismo tiempo hacia los tanques de fermentación para enfriarlo. En esta operación la bomba es accionada por un motor de 5 HP.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 5 HP mediante un acoplamiento de caucho sujetos con pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de ¾ de pulgada.

**Tabla N°08: Características de la bomba de agua para alimentación y enfriamiento de los fermentadores**

<b>Bomba de enfriamiento de los fermentadores</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	5 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	13.5/7,7
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## F. Compresor de aire

- **Función:** Generar aire comprimido para el proceso de fermentación.
- **Descripción de la operación:** Succiona el aire de la atmosfera y lo comprime mediante un motor de pistón y lo almacena en un tanque para luego ser utilizada en el proceso de fermentación.
- **Descripción del equipo:** El compresores de aire, consta de un motor tipo pistón, accionado por un motor eléctrico de 8 HP, este motor está conectado a un tanque acumulador de aire comprimido, además cuenta con una válvula de seguridad y un apagado automático. El motor consta de un Carter, de un cigüeñal, pistón, una cañería de succión y otra de salida de aire comprimido, el motor es accionado por un motor eléctrico de 8 HP, que consta de un rotor, estator embobinado, un eje, rodamientos, tapa posterior y delantera todos encajados en una carcasa.



**Figura N°08: Diagrama de entrada, proceso y salida del compresor de aire**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

➤ **ÁREA DE DESTILACIÓN**

**A. Bomba de mosto**

- **Función:** Bombear el mosto fermentado hacia la columna mostera.
- **Descripción de la operación:** El mosto fermentado es bombeada por una bomba hacia el calentavino donde se va a calentar a un aproximado de 60°C para luego pasar a la columna mostera. Esta operación se realiza de forma continua, la bomba es accionada por un motor eléctrico de 15HP.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 15 HP mediante un acoplamiento de caucho sujetos con pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de ¾ de pulgada.

**Tabla N°09: Características de la bomba mosto**

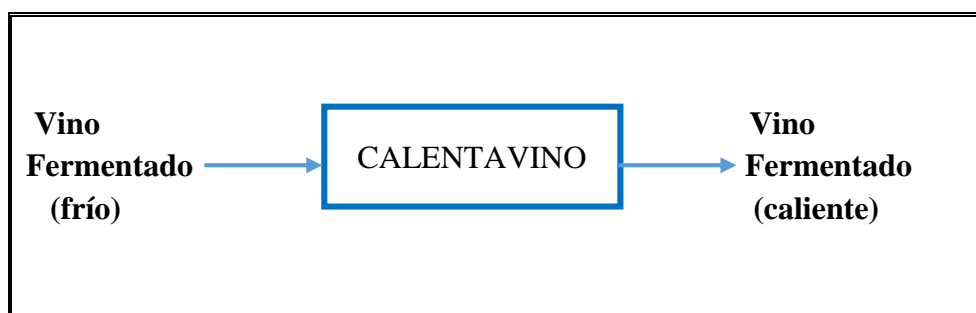
<b>Bomba mosto</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Delcrosa
<b>Potencia</b>	15 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	39/22
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2008

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.



## B. Calentavino

- **Función:** Calentar el vino a una temperatura de 60°C.
- **Descripción de la operación:** Una vez que el vino o el mosto está fermentado éste es bombeado por una bomba hacia el calentavino donde se va a calentar por medio de los vapores que sale de la columna rectificadora, una vez calentado el líquido pasa a la columna mostera para ser destilada. El líquido pasa por los tubos y el vapor que sale de la columna rodea esos tubos, saliendo por el otro extremo el líquido caliente.
- **Descripción del equipo:** El calentavino no es más que un intercambiador de calor tipo tubular con dos entradas una superior y otra inferior. Consta de una serie de tubos encajados en una carcasa, dando la forma de un tubo con dos tapas un superior y una inferior.



**Figura N°9: Diagrama de entrada, proceso y salida del calentavino**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

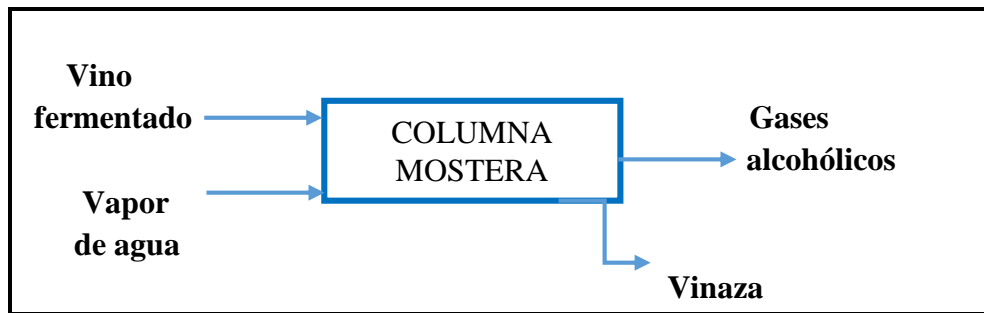
**Tabla N°10: Características del calentavino**

Calentavino	
<b>Cantidad</b>	1
<b>Cantidad de tubos</b>	140
<b>Diámetro del tubo</b>	1 ½"
<b>Altura del tubo</b>	2,1 metros

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### C. Columna mostera

- **Función:** Realizar la separación de las impurezas no volátiles presentes en el vino y elevar los grados alcohólicos.
- **Descripción de la operación:** Ingresa el líquido calentado a la columna mostera a un caudal de 5000- 6000 litros por hora, por la parte superior, al mismo tiempo se introduce vapor saturado a 7- 8 Bar por la parte inferior en contra corriente, para que la operación sea más efectiva y separe todas las impurezas no volátiles presentes en el líquido y eleve los grados alcohólicos. A la vez por la parte inferior se está desechando la vinaza que es conducido hacia una poza.
- **Descripción del equipo:** Consta de una columna de bronce de 7 cuerpos, cada cuerpo tiene un visor unida a la columna por pernos. la unión entre cuerpo y cuerpo se da mediante un empaquetadura de asbesto sujetos por pernos, además cada cuerpo tiene 2 compartimientos con 14 platos cada uno.



**Figura N°10: Diagrama de entrada, proceso y salida de la columna mostera**  
 Fuente: Elaboración propia, datos Ersas Transportes y Servicios S.R.L.

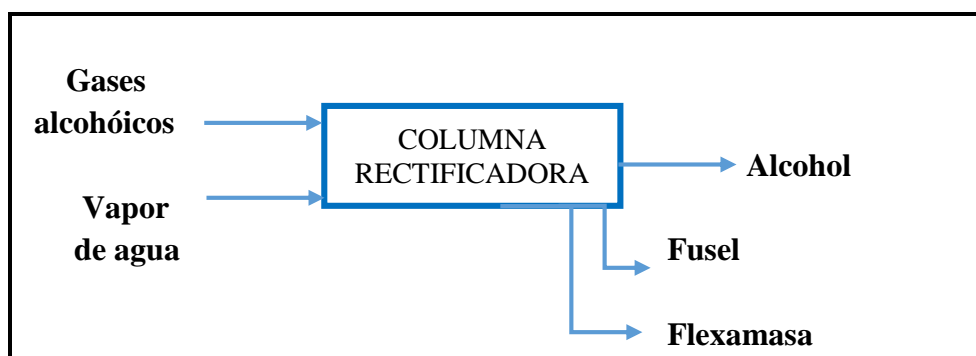
**Tabla N°11 Características de la columna mostera**

Columna mostera	
<b>Material</b>	Bronce
<b>Numero de platos</b>	14
<b>Numero de cuerpos</b>	7
<b>Temperatura:</b>	
<b>Parte inferior</b>	106°C
<b>Parte exterior</b>	95°C
<b>Presión inferior</b>	7-8 Bar

Fuente: Ersas Transportes y servicios S.R.L.

#### D. Columna rectificadora

- **Función:** Concentrar los gases alcohólicos que sale de la columna mostera a 96 °GL.
- **Descripción de la operación:** Los gases que salen de la columna mostera entran a la columna rectificadora por la parte superior para ser concentrados, a la vez de introduce vapor saturado de 3-4 Bar por la parte inferior en contra corriente. En esta operación se va a elevar el grado alcohólico. Los vapores salen por la parte superior hacia unos condensadores para ser condensados. El alcohol condensado ingresa nuevamente a la columna para ser concentrado un poco más y salir el alcohol de 96°GL. Por la parte inferior se libera fusel y flexamasa.
- **Descripción del equipo:** Consta de una columna de bronce con 11 cuerpos, la unión entre cuerpo y cuerpo se da por medio de una empaquetadura de asbesto, sujetos con pernos. A demás cada cuerpo consta de 6 compartimientos con 45 platos cada uno.



**Figura N°11: Diagrama de entrada, proceso y salida de la columna rectificadora**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

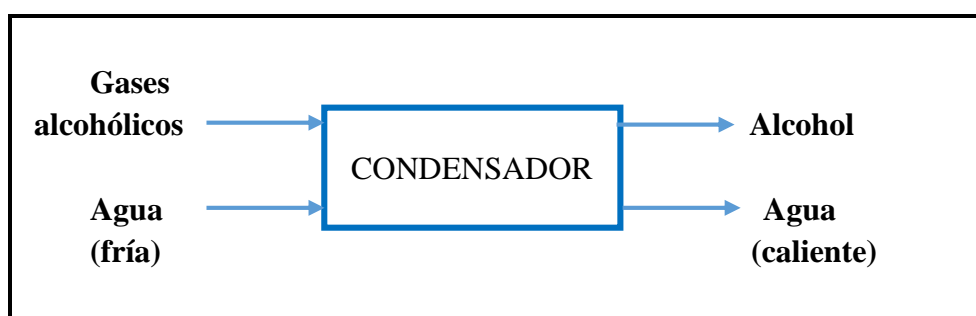
**Tabla N°12: Características de la columna rectificadora**

Columna rectificadora	
<b>Material</b>	Bronce
<b>Numero de platos</b>	64
<b>Numero de cuerpos</b>	11
<b>Temperatura:</b>	
<b>Parte inferior</b>	107°C
<b>Parte exterior</b>	85°C
<b>Presión:</b>	
<b>Parte inferior</b>	3-4 Bar

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## E. Condensadores

- **Función:** Condensar los gases alcohólicos que sale de la columna rectificadora, pasando de estado gaseoso y líquido.
- **Descripción de la operación:** Recibir los gases alcohólicos proveniente de la columna rectificadora para ser condensados, en esta operación los gases pasan por la parte externa de los tubos y el agua pasa por los tubos, haciendo que estos cambios de temperatura el vapor o los gases se condensen y se forme el alcohol. Siempre esta operación se da en contra corriente para ser más efectivo su condensado.
- **Descripción del equipo:** Consta de una secuencia de tubos encajados en una carcasa, tiene una tapa superior y una tapa inferior sujetos con pernos.



**Figura N°12: Diagrama de entrada, proceso y salida del condensador**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

**Tabla N°13: Características del condensador**

<b>Condensador</b>	
<b>Alcohol de 1° :</b>	
<b>Cantidad</b>	3
<b>Cantidad de tubos</b>	122
<b>Diámetro del tubo</b>	1 ½"
<b>Altura del tubo</b>	2,6 metros
<b>Alcohol de 2°:</b>	
<b>Cantidad</b>	2
<b>Cantidad de tubos</b>	92
<b>Diámetro del tubo</b>	1"
<b>Altura del tubo</b>	1,8 metros

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## F. Enfriador de alcohol

- **Función:** Enfriar el alcohol proveniente de la columna rectificadora a una temperatura de 26°C.
- **Descripción de la operación:** El alcohol que sale de la columna rectificadora pasa por un enfriador de alcohol que no es más que un intercambiador de calor tipo tubular. El alcohol pasa por los tubos y el agua fría proveniente de los pozos tubulares rodea el tubo de esta manera se logra enfriar el alcohol a una temperatura de 26°C.
- **Descripción del equipo:** Consta de un intercambiador de calor tipo tubular, que está constituido por una serie de tubos dentro de una carcasa, con una tapa inferior y otra superior.



**Figura N°13: Diagrama de entrada, proceso y salida del enfriador de alcohol**  
Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

**Tabla N°14: Características del enfriador de alcohol**

Enfriador de alcohol	
<b>Cantidad</b>	1
<b>Cantidad de tubos</b>	122
<b>Diámetro del tubo</b>	1 ½"
<b>Altura del tubo</b>	2,5 metros

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## G. Bomba de vinaza

- **Función:** Bombear la vinaza de la poza hacia un camión
- **Descripción de la operación:** La vinaza proveniente de la destilación es almacenada en una poza. Esta vinaza es succionada por una bamba que a la vez está unido a un motor de 8 Hp y bombeada hacia un camión para llevarle hacia campo.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 8 HP mediante un acoplamiento de caucho. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de 3/4 de pulgada.

**Tabla N°15: Características de la bomba de vinaza**

<b>Bomba de vinaza</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	8 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	20/11,5
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Año de adquisición</b>	2009

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## H. Bomba de fusel

- **Función:** Bombear el fusel que sale de la columna rectificadora hacia un tanque de almacenamiento.
- **Descripción de la operación:** El fusel que sale de la columna rectificadora es llevada a un tanque de almacenamiento mediante una bomba de 1 pulgada. Para luego ser mezclada con el mosto y volverla a destilar. En esta operación la bomba succiona el fusel y lo bombea hacia un tanque de almacenamiento, la bomba es accionada por un motor de 1HP.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 1 HP mediante poleas y fajas. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de 3/4 de pulgada.

**Tabla N°16: Características de la bomba de fusel**

<b>Bomba de fusel</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	1”
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	1 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	3,5/2
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por fajas 1/2”
<b>Año de adquisición</b>	2009

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## I. Bomba de alcohol

- **Función:** Bombear el alcohol hacia los tanques de almacenamiento.
- **Descripción de la operación:** El alcohol que sale del enfriador es bombeado mediante una bomba hacia los tanques de almacenamiento. En esta operación la bomba es accionada por un motor de 3 HP.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álabes unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 3 HP mediante poleas y fajas. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de 3/4 de pulgada.

**Tabla N°17: Características de la bomba de alcohol**

<b>Bomba de alcohol</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Caudal</b>	100-500 L/min
<b>Salida de la bomba</b>	1"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Delcrosa
<b>Potencia</b>	3 HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	7,6/4,4
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por fajas 1/2"
<b>Año de adquisición</b>	2008

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.



## J. Bomba de agua para condensadores

- **Función:** Bombear el agua fría de la poza de almacenamiento hacia los condensadores
- **Descripción de la operación:** El agua fría que está en la poza es bombeada por dos bombas de 3 pulgadas hacia los condensadores con el objetivo de condensar los gases alcohólicos que salen de la columna rectificadora. En esta operación las bombas succionan el agua de la poza y lo transportan hacia los condensadores.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 15HP mediante acoplamiento de caucho unido por pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en una carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

Tabla N°18: Características de la bomba de agua para condensadores

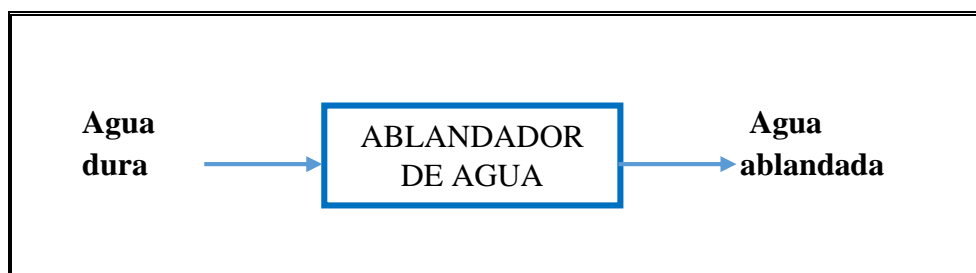
<b>Bomba de agua para condensadores</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	DELCROSA
<b>Tipo</b>	B132M4/ED
<b>Potencia</b>	15HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	37/21
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## ➤ **ÁREA DE GENERACIÓN DE VAPOR**

### **A. Ablandadores de agua**

- **Función:** Eliminar la dureza del agua
- **Descripción de la operación:** El agua dura proveniente del pozo, es pasado por uno tanques ablandadores que realizan un intercambio iónico a través de resinas que se encuentran en los interiores. Esta resina que ha sido regenerada por un tanque principal que contiene sal muera, se queda con el calcio y el magnesio suministrando el sodio.
- **Descripción del equipo:** El equipo consta de dos tanques, en su interior tiene unas placas de resina, que realizan el intercambio iónico. Tiene tres entradas, reguladas mediante llaves de paso, una de entrada de agua dura y otra de salmuera, y una salida de agua blanda.



**Figura N°14: Diagrama de entrada, proceso y salida del ablandador de agua**  
Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

### **B. Bomba de agua para los ablandadores**

- **Función:** Recircular el agua por los ablandadores
- **Descripción de la operación:** El agua que se encuentra en un tanque mezclado con sal industrial es recirculado por los ablandadores mediante una bomba hasta que quede completamente blanda, luego es bombeada a un tanque de almacenamiento de agua blanda.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 2HP mediante acoplamientos de caucho unido por pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en una carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

**Tabla N°19: Características de la bomba de agua para ablandadores**

<b>Bomba de agua para ablandadores</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	1
<b>Salida de la bomba</b>	2"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	2HP
<b>Voltaje</b>	220/440
<b>Amperaje</b>	9,8/4,9
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### C. Intercambiador de calor de placas

- **Función:** Calentar el agua blanda para ser utilizada en el caldero
- **Descripción de la operación:** El agua blanda que está almacenada es transportada hacia un intercambiador de placas para ser calentado a un aproximado de 40°C, por el vapor que proviene del caldero, esta operación es continua conforme va pasando el agua se va calentado y almacenando en un tanque, listo para ser utilizada en el caldero.
- **Descripción del equipo:** El intercambiador consta de unas placas, que son unos conductos por donde van a pasar el agua, ya sea caliente o fría según la función que esté destinado, las placas están sujetas con unas planchas al costado mediante pernos. El intercambiador tiene cuatro entradas. Ingresa el agua fría por la parte inferior y sale por la parte superior, el vapor ingresa por la parte superior hacia la parte inferior en contra corriente haciendo que el agua se caliente.



**Figura N°15: Diagrama de entrada, proceso y salida del intercambiador de calor**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

#### **D. Bomba da agua caliente para caldero**

- **Función:** Impulsar el agua caliente del tanque de almacenamiento hacia el caldero.
- **Descripción de la operación:** En esta operación el agua caliente que esta almacenada s succionada por una bomba de 3pulgadas y es bombeada hacia el caldero, exactamente hacia el domo del caldero, donde se va a convertir en vapor mediante la quema de pajilla de arroz.
- **Descripción del equipo:** Consiste en una bomba que contiene un impulsor con álaves unido a un eje horizontal, sujeto por un rodamiento, además tiene sellos mecánicos y o' ring todos encajados en una carcasa. El eje que sale de la bomba es acoplado a un motor de 10HP mediante acoplamientos de caucho unido por pernos. El motor consta de un estator embobinado, de un rotor unido a un ventilador, un eje, una tapa posterior y una delantera con sus respectivos rodamientos todos unidos en un carcasa. Tanto el motor como la bomba están sujetas a una plancha metálica con unos pernos de 3/4 de pulgada.

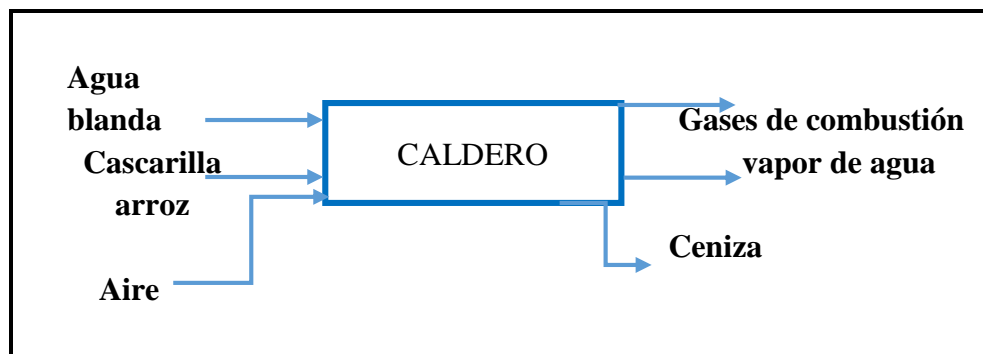
**Tabla N°20: Características de la bomba de agua para caldero**

<b>Bomba de agua para caldero</b>	
<b>Marca</b>	
<b>Tipo</b>	Centrifuga
<b>Cantidad</b>	2
<b>Salida de la bomba</b>	3"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	DELCROSA
<b>Tipo</b>	023284/ED
<b>Potencia</b>	10HP
<b>Voltaje</b>	220/380/440
<b>Amperaje</b>	26/15/13
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por acoplamiento de caucho
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## E. Caldero

- **Función:** Generar vapor de agua a temperaturas y presiones elevadas para planta de alcohol
- **Descripción de la operación:** En esta operación se va a generar el vapor, mediante la quema de la cascarilla de arroz. La cascarilla de arroz es almacenada en un tanque para luego pasar a la cámara de combustión, al mismo tiempo se inyecta aire por medio de los ventiladores para que la cascarilla de arroz se pueda quemar.  
El agua blanda ingresa al caldero por la parte superior hacia un domo que luego va a circular por todas las tuberías del caldero. Conforme se genera la combustión el agua que se encuentra en las tuberías se evapora y se almacena en la parte superior del domo generando así vapor de agua.
- **Descripción del equipo:** El equipo consta de un horno construido con ladrillo refractario en el interior tiene una cámara de combustión, un domo y un aproximado de 900 cañerías.



**Figura N°16: Diagrama de entrada, proceso y salida del caldero**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

## F. Ventilador de tiro forzado

- **Función:** Inyectar aire hacia el caldero
- **Descripción de la operación:** El aire que está en la atmósfera es inyectado hacia el interior de la caldera mediante unos ventiladores de tiro forzado, para mantener la presión en el interior de la caldera.
- **Descripción del equipo:** Consta de un ventilador con su rotor, cojinetes, carcasa, impulsados por un motor de 10 HP que hace girar al ventilador mediante unas fajas. El motor consta de un estator con su respectiva bobina, un rotor, rodamientos, eje, una tapa posterior y una delantera, ventilador todos encajados en una carcasa.

**Tabla N°21: Características del ventilador tiro forzado**

<b>Ventilador tiro forzado</b>	
<b>Material</b>	Acero
<b>Velocidad de rotación</b>	730-1090/min
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	10HP
<b>Voltaje</b>	220/380/440
<b>Amperaje</b>	27/15,5/13,7
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por fajas
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### G. Ventilador de tiro inducido

- **Función:** Aspirar los gases de combustión y expulsarlo hacia la atmosfera.
- **Descripción de la operación:** En esa operación los gases de combustión que se encuentran dentro del horno serán aspirados por un ventilador, y expulsados hacia el exterior, tanto el ventilador de tiro forzado como el inducido trabajan en sincronía para asegurar un equilibrio dentro de la cámara de combustión. Básicamente el ventilador de tiro inducido tienen las mismas exigencias que un ventilador de tiro forzado con la única diferencia que manipula gas a temperaturas elevadas.
- **Descripción del equipo:** Consta de un ventilador con su rotor, cojinetes, carcasa, impulsados por un motor de 50 HP que hace girar al ventilador mediante unas fajas. El motor consta de un estator con su respectiva bobina, un rotor, rodamientos, eje, una tapa posterior y una delantera, ventilador todos encajados en una carcasa.

**Tabla N°22: Características del ventilador tiro inducido**

<b>Ventilador tiro inducido</b>	
<b>Material</b>	Acero
<b>Velocidad de rotación</b>	2750-3250/min
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	50HP
<b>Voltaje</b>	220/380/440
<b>Amperaje</b>	126/72/64
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Transmisión</b>	Por fajas
<b>Año de adquisición</b>	2007

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

## H. Elevador de canjilones

- **Función:** Transportar la cascarilla de arroz hacia la tolva del caldero.
- **Descripción de la operación:** En esta operación la cascarilla de arroz que esta almacenada es transportada por medio de un elevador de canjilones que esta accionado por un motor de 4 HP, hacia la tolva del caldero para ser utilizada como combustible.
- **Descripción del equipo:** Consta de un tornillo sin fin, que es un metal en forma de espiral sujetas a los costados por chumaceras, y un elevador de canjilones que es una cadena con unos arrastraderas donde transporta la pajilla de arroz, ambos costados tienen una rueda dentada que accionada por un motor de 4 HP. El motor consta de un estator con su respectiva bobina, un rotor, rodamientos, eje, una tapa posterior y una delantera, ventilador todos encajados en una carcasa.

**Tabla N°23: Características del elevador de canjilones**

<b>Elevador de canjilones</b>	
<b>Numero de canjilones</b>	45
<b>Distancia entre canjilón</b>	50 centímetros
<b>Canjilones</b>	8x 5"
<b>Motor</b>	
<b>Marca</b>	Delcrosa
<b>Potencia</b>	4HP
<b>Voltaje</b>	220/380/440
<b>Amperaje</b>	5,9/7,8
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>Transmisión</b>	Por cadena
<b>Año de adquisición</b>	2010

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

## I. Motor reductor del tonillo sin fin para ceniza

- **Función:** Conducir la ceniza que queda de la combustión hacia el exterior
- **Descripción de la operación:** La ceniza que queda después de la combustión es transportada por un torillo sin fin hacia el exterior, el tonillo es accionado por un motor reductor que hace girar el tornillo transportando la ceniza.
- **Descripción del equipo:** Consta de un tornillo son fin accionado por un motor, este motor esta acoplado a un reductor de velocidades. El reductor de velocidades es un conjunto de engranajes encajados en una carcasa donde recibe a velocidad del motor y este lo reduce mediante los engranajes. El motor consta de un estator con su respectiva bobina, un rotor, rodamientos, eje, una tapa posterior y una delantera, ventilador, todos encajados en una carcasa.

**Tabla N°24: Características del motor del tornillo sin fin para ceniza**

<b>Motor reductor del tornillo sin fin para ceniza</b>	
<b>Marca</b>	Siemens
<b>Potencia</b>	1HP
<b>Voltaje</b>	220/380
<b>Amperaje</b>	2,2/3,5
<b>Rpm</b>	78
<b>Año de adquisición</b>	2009

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.



### 3.1.5. ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE FALLAS FUNCIONALES Y/O MODOS DE FALLAS

La cantidad de fallas funcionales y/o modos de fallas se clasifico por tipo de máquina en el proceso de producción de alcohol. Esto se obtuvo de un registro de incidencias que presenta el área de producción, e inspección por parte del estudiante y operario. Los datos son tomados desde 01 de enero del 2016 hasta octubre del 2016.

#### ➤ **ÁREA DE FERMENTACIÓN**

##### **A. Bomba de melaza**

En la tabla N°25, se detallan las fallas funcionales y/o modos de falla ocurridas con respecto a la bomba de melaza de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°25: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de melaza de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Febrero</b>	2	1,5	Recalentamiento del motor
		1,5	Rotura de la faja
<b>Abril</b>	1	6	Se quemó el motor de melaza
<b>Mayo</b>	1	2,17	Desgaste excesivo del rodamiento del motor
<b>Junio</b>	1	1,5	Recalentamiento del motor
<b>Agosto</b>	1	2,5	Fugas por el sello mecánico
<b>Octubre</b>	1	1,33	Rotura de fajas

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

##### **B. Diluidor**

En la tabla N°26, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al diluidor de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°26: Fallas funcionales y/o modos de fallos del diluidor de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Enero</b>	1	1,33	Fuga de melaza por tubería de alimentación
<b>Abril</b>	1	2,5	Válvula de agua no cierra
<b>Septiembre</b>	1	1,67	Fuga de melaza por válvula de entrada

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### **C. Bomba recuperación de mosto**

En la tabla N°27, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de recuperación de mosto de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°27: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de recuperación de mosto de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Enero</b>	2	3,67	Fuga de mosto por el sello mecánico
		2,33	La bomba no succiona
<b>Abril</b>	1	1,83	Desgaste de los rodamientos de la bomba
<b>Julio</b>	1	1,17	Rotura de los pernos del acoplamiento de caucho
<b>Octubre</b>	1	2	El motor no enciende

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

### **D. Bomba de agua sumergible**

En la tabla N°28, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de agua sumergible de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°28: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua sumergible de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Enero</b>	1	1,83	La bomba bombea poca agua
<b>Julio</b>	1	2	El motor no enciende

Fuente: Ersa Transportes y servicios S.R.L.

### **E. Bomba de alimentación y enfriamiento de los fermentadores**

En la tabla N°29, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de alimentación y enfriamiento de los fermentadores de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°29: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de alimentación y enfriamiento de los fermentadores de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Febrero</b>	1	2,17	Cortocircuito en la conexión del motor
<b>Abril</b>	1	3	Fugas por el sello mecánico
<b>Agosto</b>	1	1	Fuga de agua por cañería de alimentación
<b>Octubre</b>	1	2	Recalentamiento y mal funcionamiento del motor
	1	3	Desgaste de los rodamientos de la bomba

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### **F. Compresor de aire**

En la tabla N°30, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al compresor de aire de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°30: Fallas funcionales y/o modos de fallas del compresor de aire de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Enero</b>	1	2	Fugas de aceite por el cárter del motor
<b>Mayo</b>	2	0,5	Recalentamiento del motor eléctrico
		1,5	El automático no acciona
<b>Junio</b>	1	1,5	Se rompió la faja del motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

➤ **ÁREA DE DESTILACIÓN**

**A. Bomba de mosto**

En la tabla N°31, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de mosto de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°31: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de mosto de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Enero</b>	1	2	Fugas por el sello mecánico
<b>Febrero</b>	2	1	Vibración por encima de lo normal
		1,33	Desgaste del acoplamiento de caucho
<b>Abril</b>	1	3	Desgaste de los rodamientos del motor
<b>Junio</b>	1	2	Fugas de mosto por la bomba
<b>Agosto</b>	1	2,17	Cortocircuito en el motor
<b>Octubre</b>	1	1,83	Desgaste de los rodamientos del motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

**B. Calentavino**

En la tabla N°32, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al calentavino de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°32: Fallas funcionales y/o modos de fallas del calentavino de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Abril</b>	1	1,5	Picadura de la tubería
<b>Agosto</b>	1	2,17	Fugas de mosto por la empaquetadura

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### C. Columna mostera

En la tabla N°33, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la columna mostera de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°33: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la columna mostera de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Marzo	1	2	Picadura de la cañería de mosto
Mayo	1	2	Fugas de mosto por miras de la columna
Octubre	1	2,33	Fugas de vapor por válvula de entrada

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### D. Columna rectificadora

En la tabla N°34, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la columna rectificadora de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°34: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la columna rectificadora de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Febrero	1	2	Fugas de alcohol por cañería de salida
Octubre	1	3,67	Fugas de vapor por válvula de entrada

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### E. Condensadores

En la tabla N°35, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a los condensadores de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°35 Fallas funcionales y/o modos de fallas de los condensadores de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Febrero	1	4,5	Fuga de agua por empaquetadura
Junio	1	4	Picadura de la cañería de entrada al condensador
Octubre	1	3,17	Encalichamiento del condensador

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### F. Enfriador de alcohol

En la tabla N°36, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a enfriador de alcohol de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°36 Fallas funcionales y/o modos de fallas del enfriador de alcohol de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Abril	1	1,67	Fugas de alcohol por la brida de la cañería

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### G. Bomba de vinaza

En la tabla N°37, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de vinaza de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°37: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de vinaza de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Febrero	1	1,5	El motor no enciende
Abril	1	2	La bomba no acciona
Junio	1	2.33	Desgaste de los rodamientos del motor
Septiembre	2	1,33	Recalentamiento del motor
		2,83	Desgaste de los rodamientos

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### H. Bomba de fusel

En la tabla N°38, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de fusel de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°38: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de fusel de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Febrero	1	2	Motor no enciende
Marzo	1	3	Fugas por el sello mecánico
	1	3	Desgaste de los rodamientos del motor
Octubre	1	1	Ruptura de fajas

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### I. Bomba de alcohol

En la tabla N°39, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de alcohol de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°39: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de alcohol de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Mayo	1	2	Fugas por el sello mecánico
Septiembre	2	1,33	Rotura de faja
		2	Motor no enciende

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### J. Bomba agua para condensadores

En la tabla N°40, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de agua para condensadores de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°40: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua para condensadores de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Enero	2	2	Desgaste de los rodamientos de la bomba
		1,17	Vibración por encima de lo normal
Febrero	1	1,33	Fugas de agua por sello mecánico
Mayo	1	1,5	Desalineación de la bomba
Julio	1	2,67	Desgaste de los rodamientos del motor
Octubre	1	1,5	Recalentamiento de motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

➤ **AREA DE GENERACIÓN DE VAPOR**

**A. Ablandadores de agua**

En la tabla N°41, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a los ablandadores de agua de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°41: Fallas funcionales y/o modos de fallas de los ablandadores de agua de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Enero</b>	1	1	No ablanda adecuadamente
<b>Mayo</b>	1	1,5	Fuga de agua por cañería
<b>Agosto</b>	1	1	Fugas por la válvula de pase
<b>Octubre</b>	1	1	La válvula no cierra

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

**B. Bomba de agua para ablandadores**

En la tabla N°42, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de agua para ablandadores de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°42: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua para ablandadores de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Febrero</b>	1	2,5	Desgaste de los rodamientos de la bomba
<b>Mayo</b>	2	1,5	Fugas de agua por el sello mecánico
		1	El motor no enciende
<b>Agosto</b>	1	2	Desgaste de los rodamientos de la bomba

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

**C. Intercambiador de calor de placas**

En la tabla N°43, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al intercambiador de calor de placas de enero a octubre del 2016.



**Tabla N°43: Fallas funcionales y/o modos de fallas del intercambiador de calor de placas de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Enero</b>	2	1	Fuga de agua por la brida de la cañería
		1,33	Fugas por la cañería de salida
<b>Junio</b>	1	1	Fuga de agua por la brida de la cañería

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

#### **D. Bomba de agua caliente para caldero**

En la tabla N°44, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto a la bomba de agua caliente para caldero de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°44: Fallas funcionales y/o modos de fallas de la bomba de agua caliente para caldero de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Enero</b>	1	3	El motor se quemó
<b>Abril</b>	1	2	Fugas de agua por sello mecánico
<b>Mayo</b>	1	3	Desgaste en los rodamientos de la bomba
<b>Julio</b>	2	1	Fuga de agua por la brida de la tubería
		1,5	Recalentamiento de motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

#### **E. Caldero**

En la tabla N°45, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al caldero de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°45: Fallas funcionales y/o modos de fallas del caldero de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
<b>Abril</b>	1	5	El regulador de entrada de agua al caldero no se activa
<b>Mayo</b>	1	1,5	Baja presión de vapor
<b>Junio</b>	1	6	Fuga de vapor por válvula de salida
<b>Octubre</b>	1	1,5	Baja presión de vapor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### **F. Ventilador de tiro forzado**

En la tabla N°46, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al ventilador de tiro forzado de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°46: Fallas funcionales y/o modos de fallas del ventilador de tiro forzado de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Febrero</b>	1	1,5	Desgaste de los rodamientos del motor
<b>Marzo</b>	1	1,5	Rotura de la faja del ventilador
<b>Mayo</b>	1	1	Recalentamiento del motor
<b>Septiembre</b>	1	1,33	Desalineamiento del motor y deterioro de las fajas.

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### **G. Ventilador de tiro inducido**

En la tabla N°47, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al ventilador de tiro inducido de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°47: Fallas funcionales y/o modos de fallas del ventilador de tiro inducido de enero a octubre del 2016.**

<b>Mes</b>	<b>N° de fallas</b>	<b>Tiempo de paro (horas)</b>	<b>Fallas funcionales y/o modos de fallas</b>
<b>Enero</b>	1	1	Desgaste de la fajas del motor
<b>Marzo</b>	1	2	Vibración por encima de lo normal
<b>Mayo</b>	1	1,5	Se rompió la faja del ventilador
<b>Agosto</b>	1	1	Desgaste de las fajas del motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### H. Elevador de canjilones

En la tabla N°48, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al elevador de canjilones enero a octubre del 2016.

**Tabla N°48: Fallas funcionales y/o modos de fallas del elevador de canjilones de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Marzo	2	2	Cortocircuito en el motor
		6,5	El motor se quemó
Abril	1	3	Cortocircuito en el motor
Junio	1	2	Recalentamiento del motor
Septiembre	1	1	Atoramiento del elevador de canjilones

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### I. Motor del tornillo sin fin para ceniza

En la tabla N°49, se detallan las fallas funcionales y/o modos de fallas ocurridas con respecto al motor del tornillo sin fin para ceniza de enero a octubre del 2016.

**Tabla N°49: Fallas funcionales y/o modos de fallas del motor reductor del tornillo sin fin para ceniza de enero a octubre del 2016.**

Mes	N° de fallas	Tiempo de paro (horas)	Fallas funcionales y/o modos de fallas
Febrero	2	2	Desgaste de la bocina de bronce
		1	Recalentamiento del motor
Abril	1	1	Se rompió la faja del motor

Fuente: Ersá Transportes y servicios S.R.L.

A continuación, se elaborará un cuadro resumen detallando el tiempo perdido por las fallas de cada máquina, procedente de las tablas anteriores, donde se puede observar las máquinas que más han paralizado.

**Tabla N°50: Tipo de máquina y el tiempo total que el equipo estuvo parado  
(Enero- Octubre 2016)**

<b>Tipo de máquina</b>	<b>N° de fallas por máquina</b>	<b>Tiempo total de reparación TTR (horas)</b>
<b>Área de fermentación:</b>		
Bomba de melaza	7	16,50
Diluidor	3	5,50
Bomba de recuperación de mosto	5	11,00
Bomba de agua sumergible	2	3,83
Bomba de agua para alimentación	5	11,17
Compresor de aire	4	5,5
<b>Área de destilación:</b>		
Bomba de mosto	7	13,33
Calentavino	2	3,67
Columna mostera	3	6,33
Columna rectificadora	2	5,67
Condensadores	3	11,67
Enfriador de alcohol	1	1,67
Bomba de vinaza	5	10,00
Bomba de fusel	4	9
Bomba de alcohol	3	5,33
Bomba de agua para condensadores	6	10,17
<b>Área de generación de vapor:</b>		
Ablandadores de agua	4	4,5
Bomba de agua para ablandadores	4	7
Intercambiador de calor de placas	3	3,33
Bomba de agua caliente para caldero	5	10,5
Caldero	4	14
Ventilador de tiro forzado	4	5,33
Ventilador de tiro inducido	4	5,5
Elevador de canjilones	5	14,5
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	3	4
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>199</b>

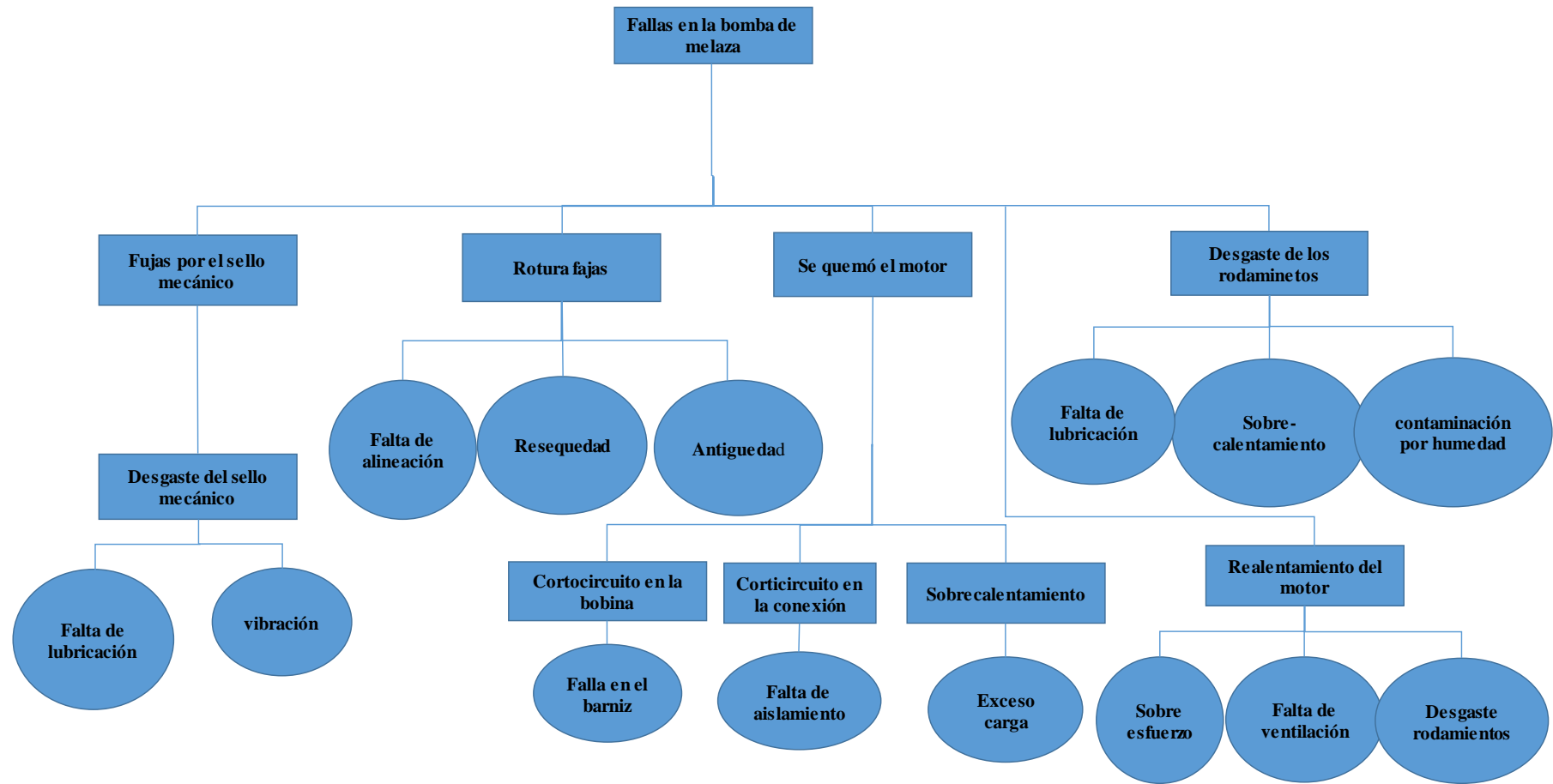
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y servicios S.R.L.

### **3.1.6. ÁRBOL DE FALLAS**

Según Gómez (2014), la importancia de analizar las fallas; que ocurren en las máquinas o sistemas, radica en que este análisis nos permite confirmar o descartar los supuestos orígenes de dichas fallas, es decir, el análisis de fallas es una etapa donde escuchan y evalúan las opiniones de los expertos.

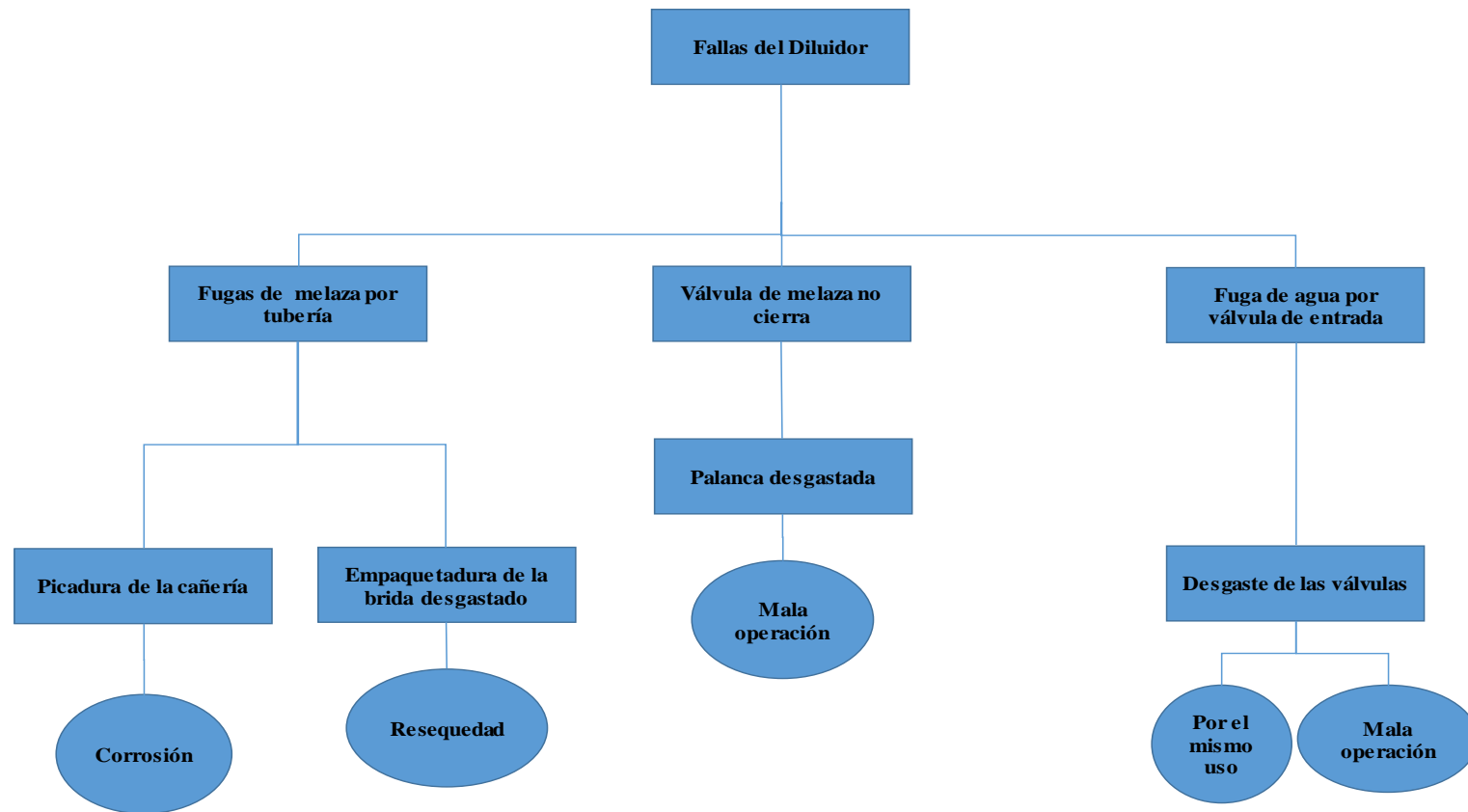
Una herramienta excelente para para corregir y localizar fallas, es el árbol de fallas la cual nos va ayudar a definir las causas de las fallas, así como para elaborar el análisis AMEF que se realizara más adelante.

A continuación se presenta los siguientes Árboles de fallas de cada máquina, los cuales darán mayor información sobre las causas de las fallas.



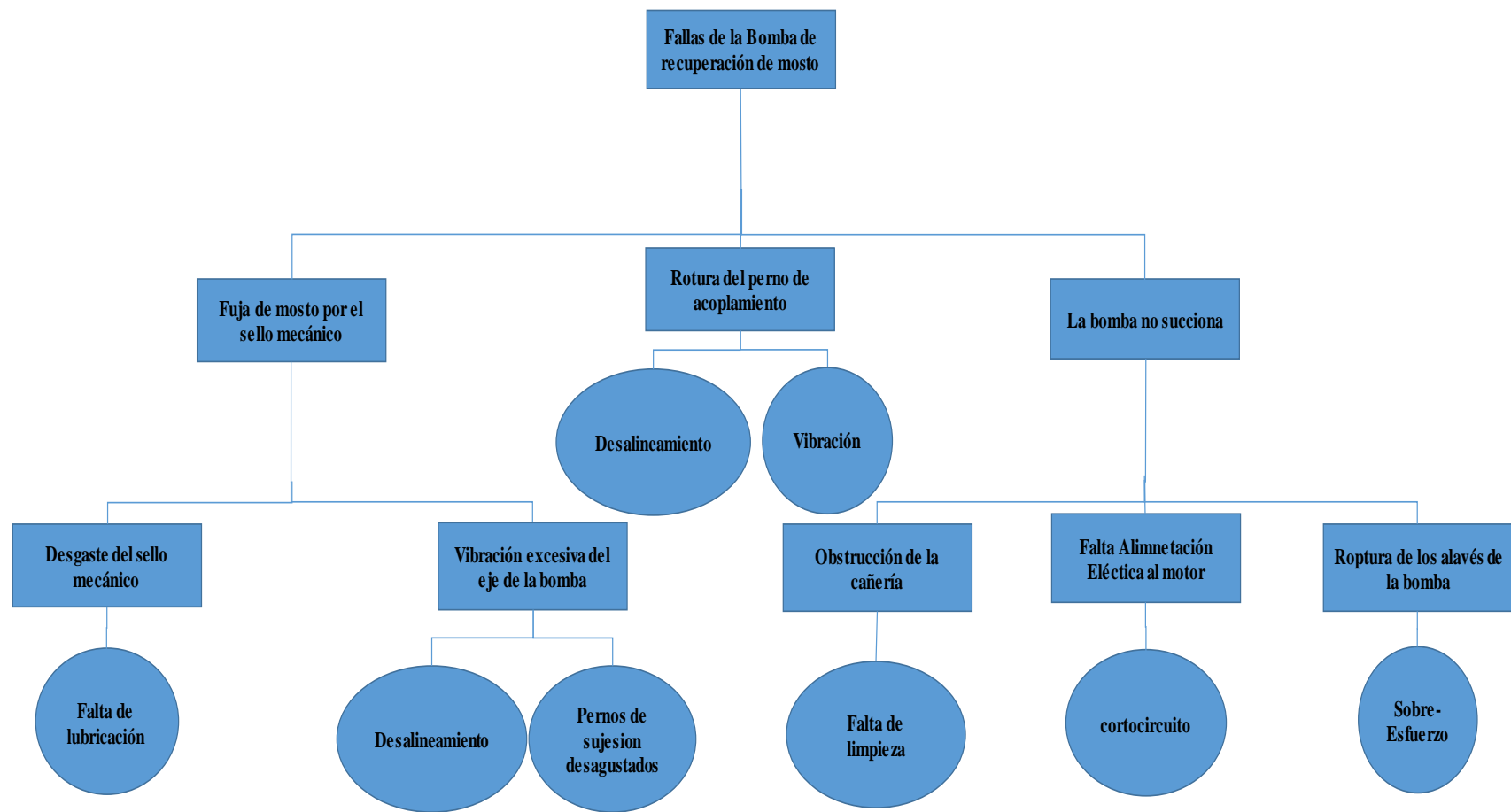
**Figura N°17: Árbol de falla de la bomba de melaza**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.



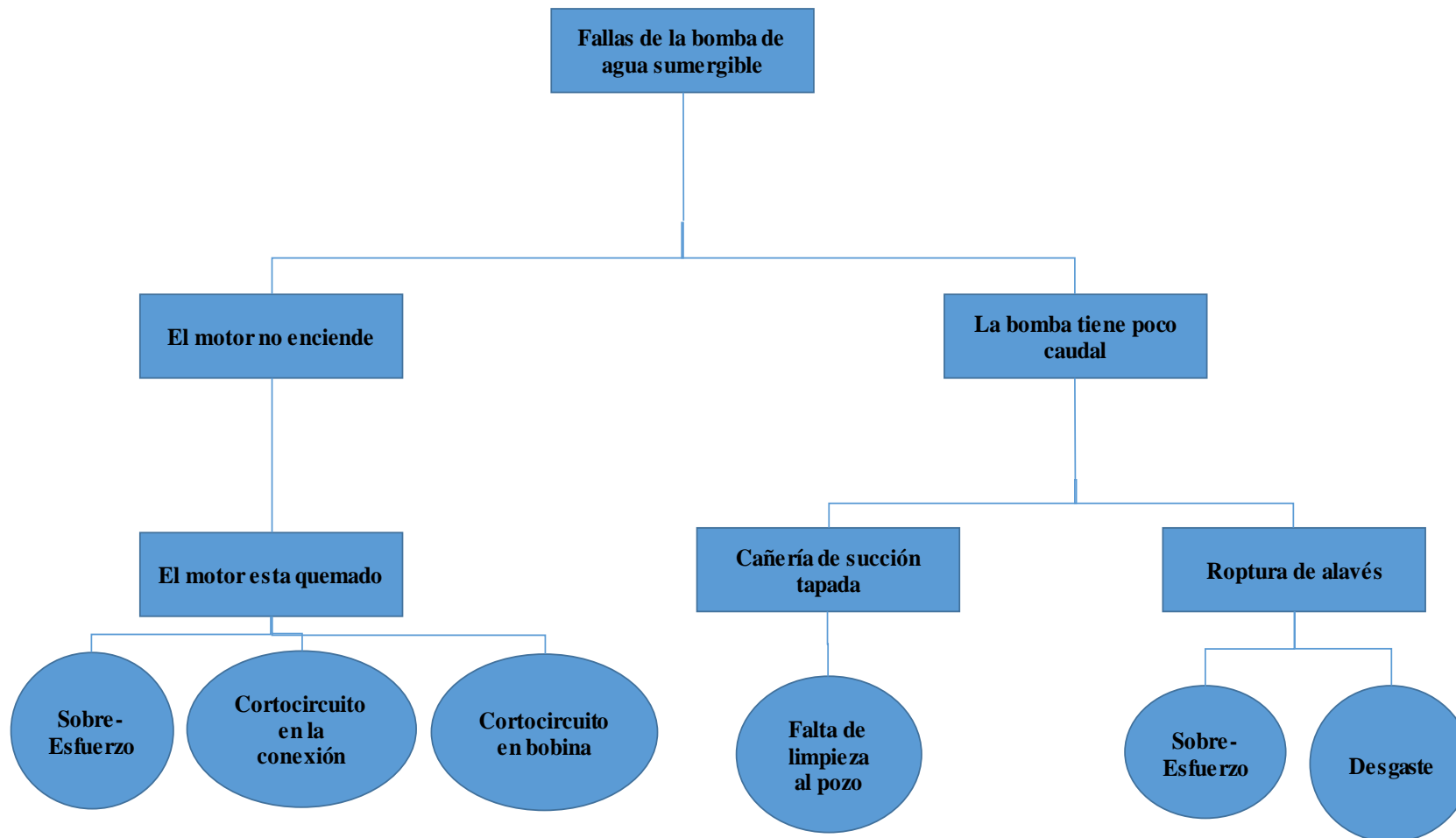
**Figura N°18: Árbol de falla del diluidor**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

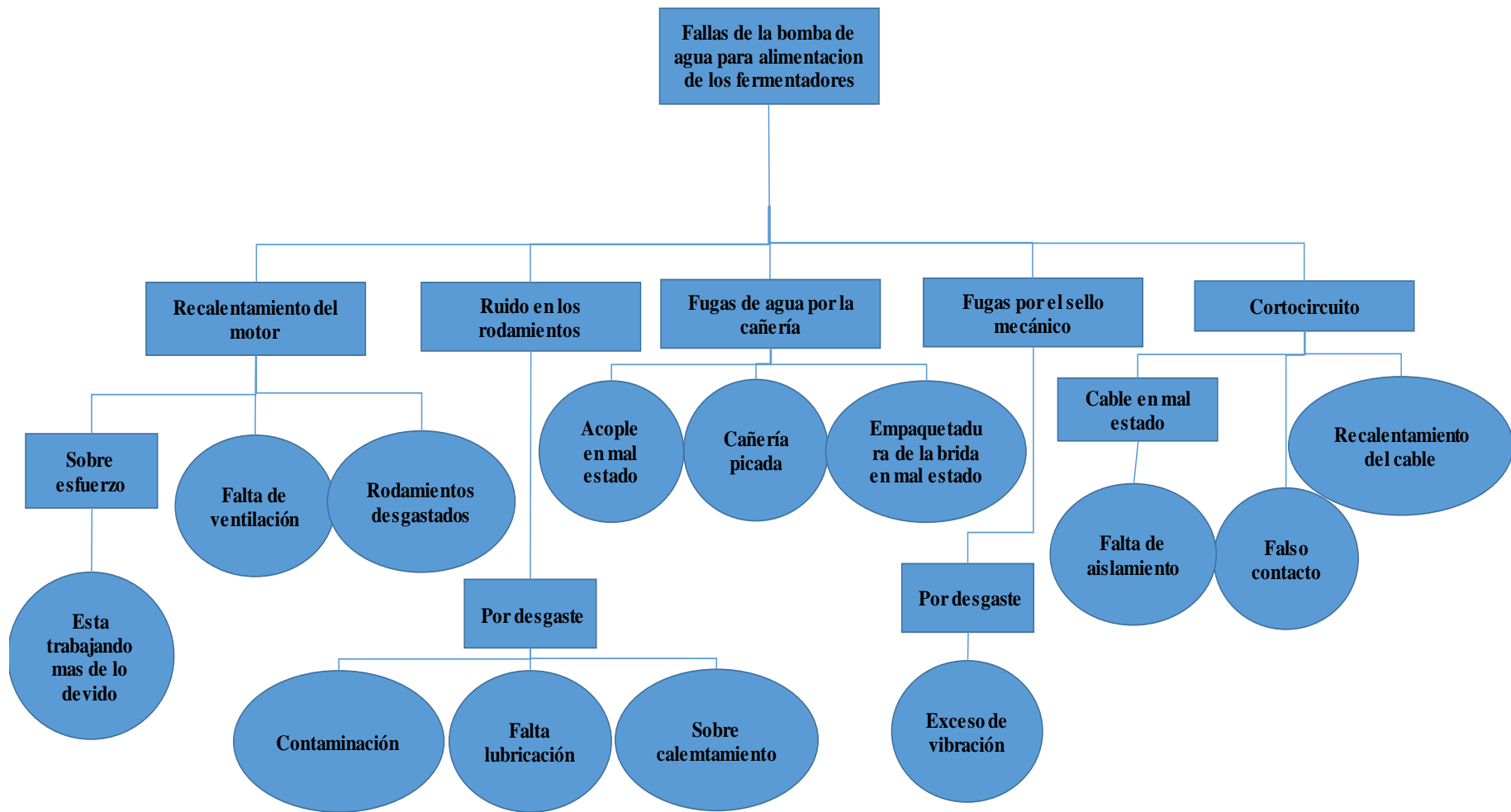


**Figura N°19: Árbol de falla de la bomba de recuperación de mosto**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



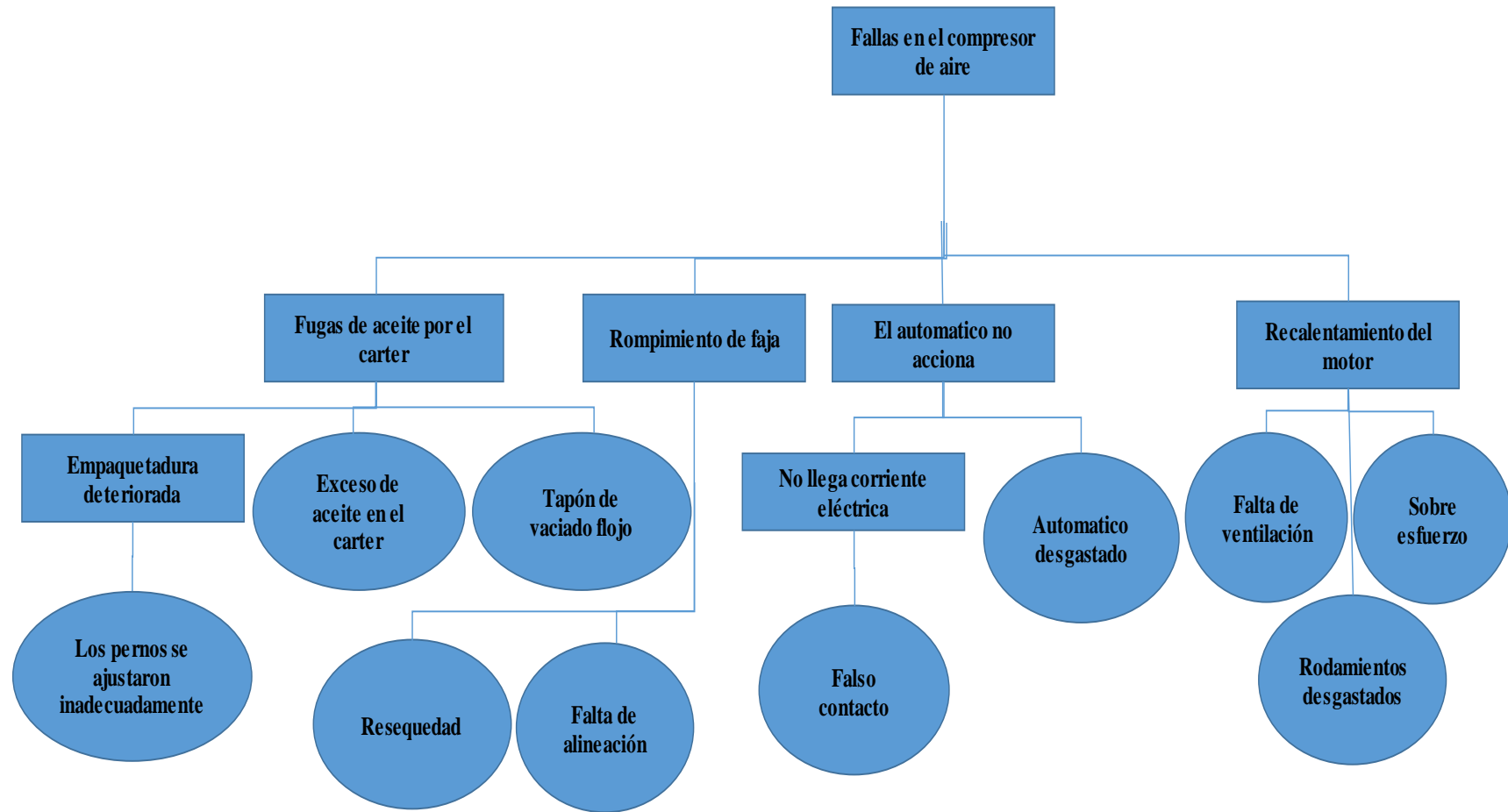


**Figura N°20: Árbol de falla de la bomba de agua sumergible**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



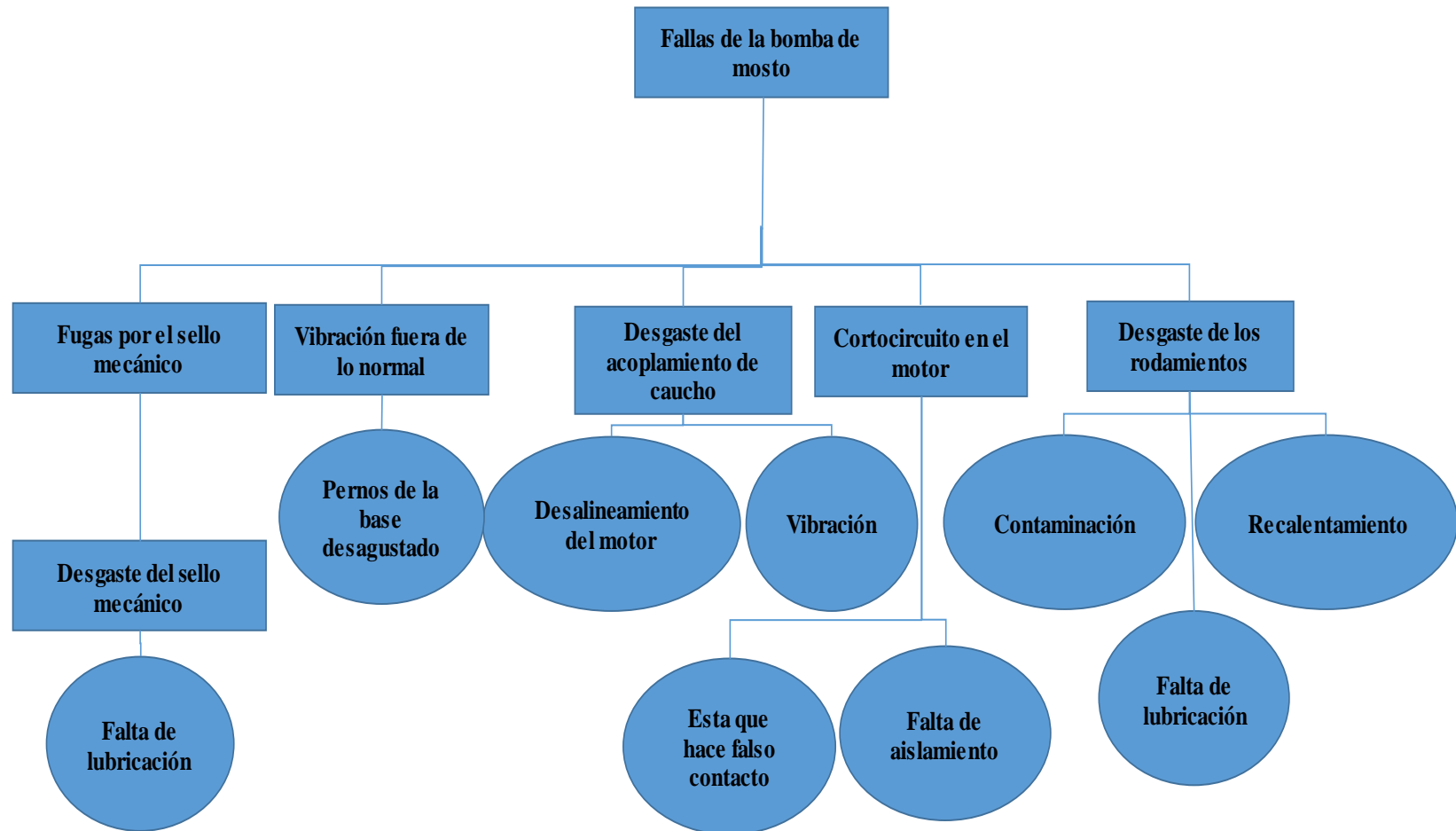
**Figura N°21: Árbol de falla de la bomba de agua para alimentación de los fermentadores**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



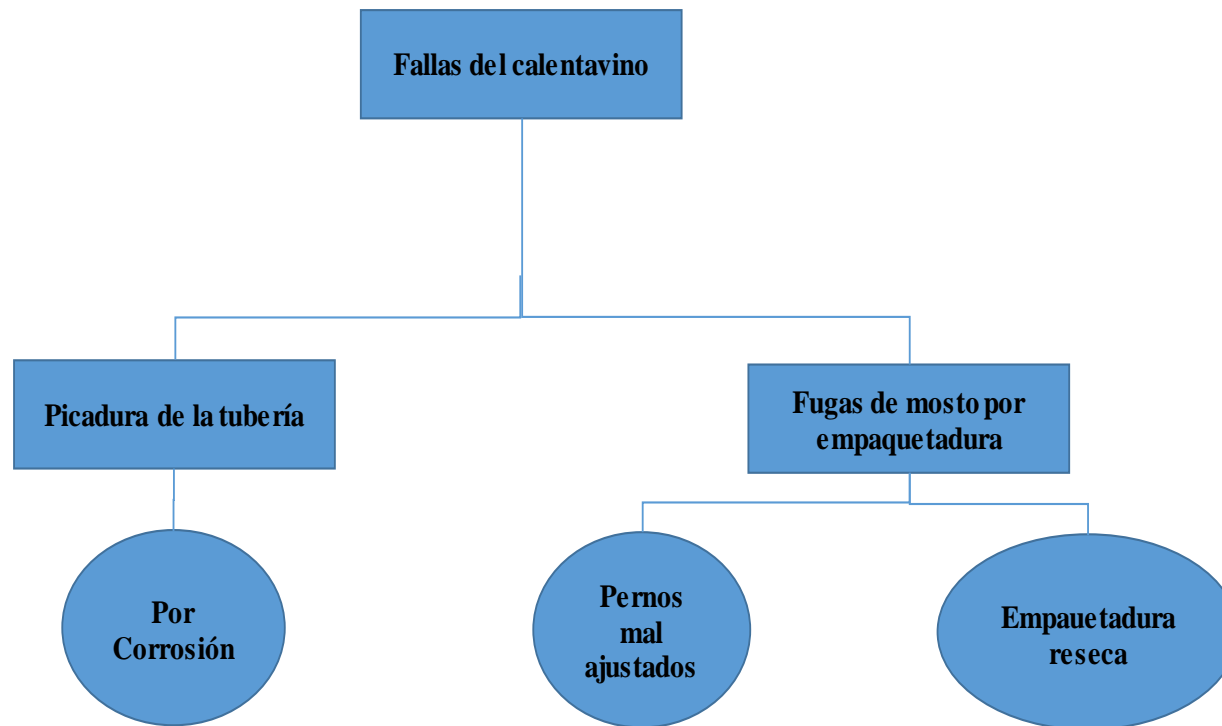
**Figura N°22: Árbol de falla del compresor de aire**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersas Transportes y Servicio



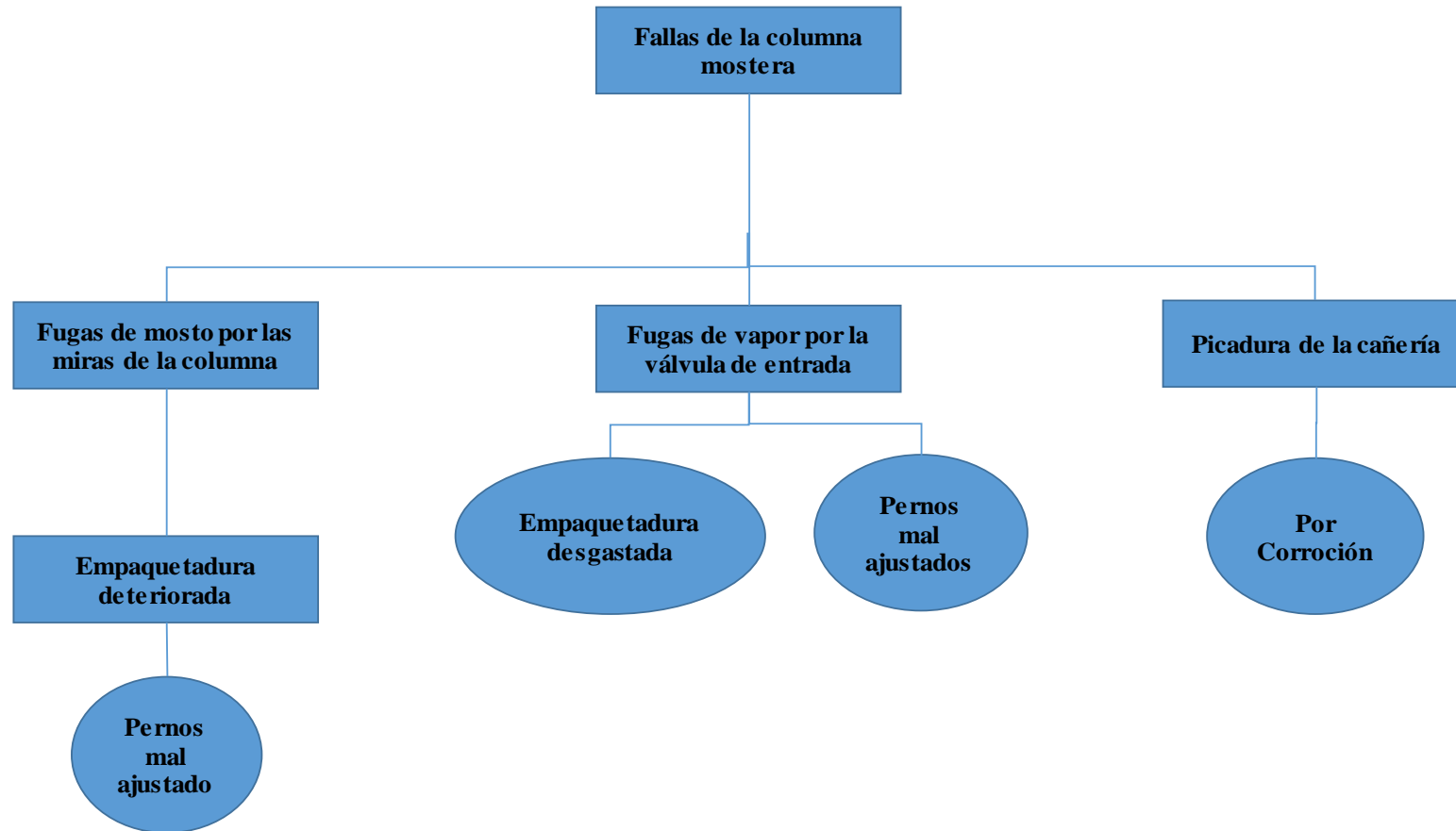
**Figura N°23: Árbol de falla de la bomba de mosto**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

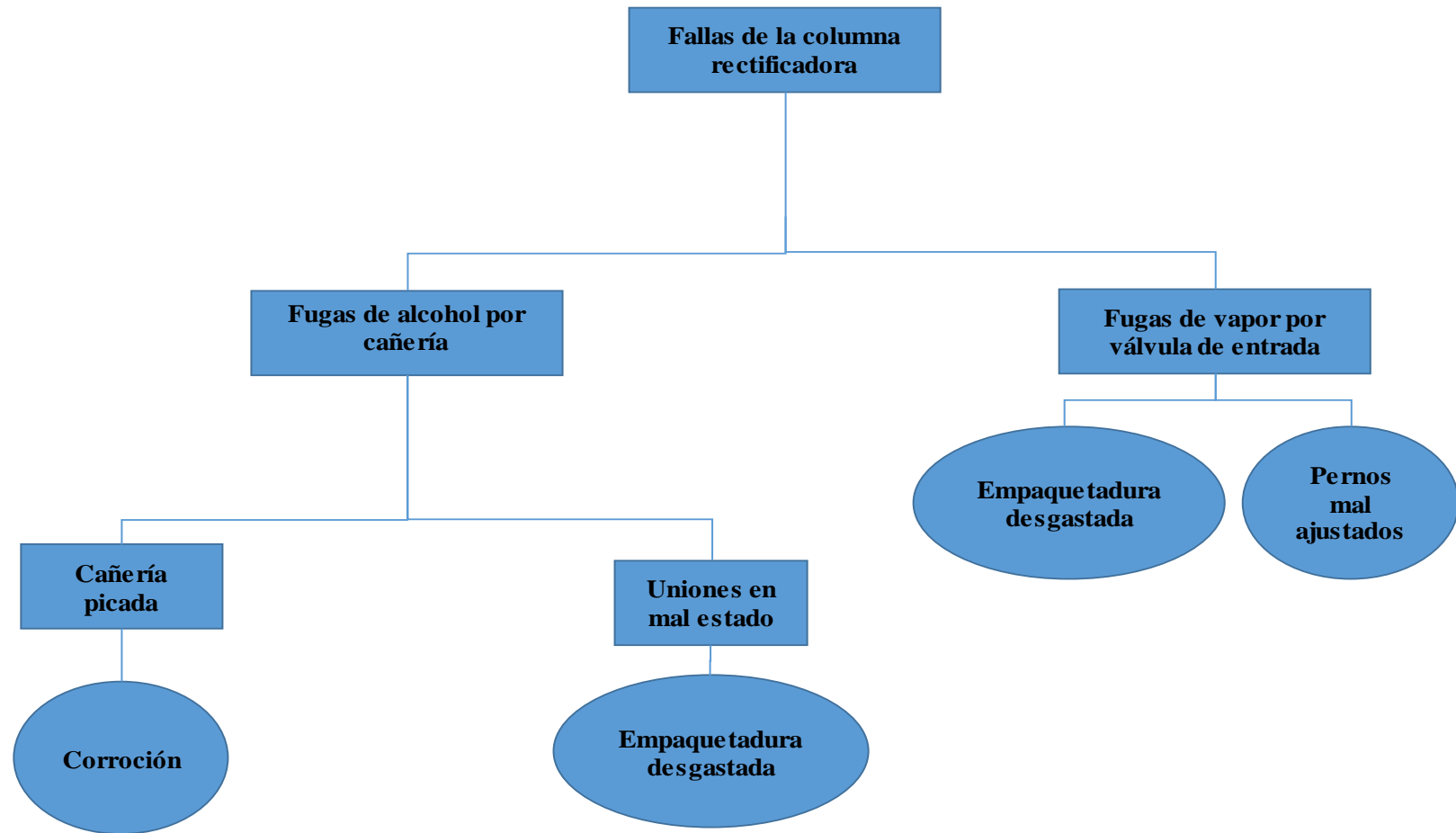


**Figura N°24: Árbol de falla del calentavino**

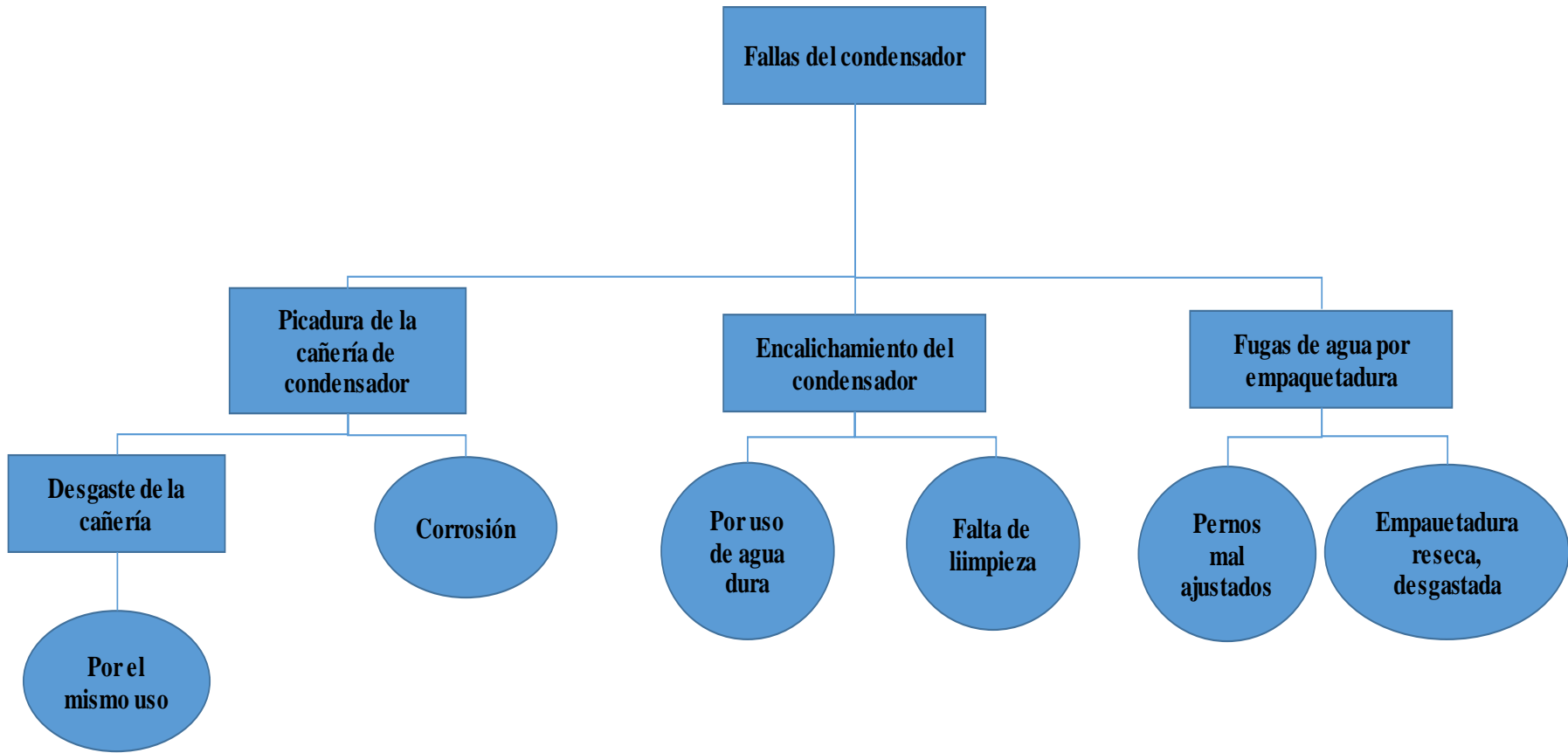
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.



**Figura N°25: Árbol de falla de la columna mostera**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



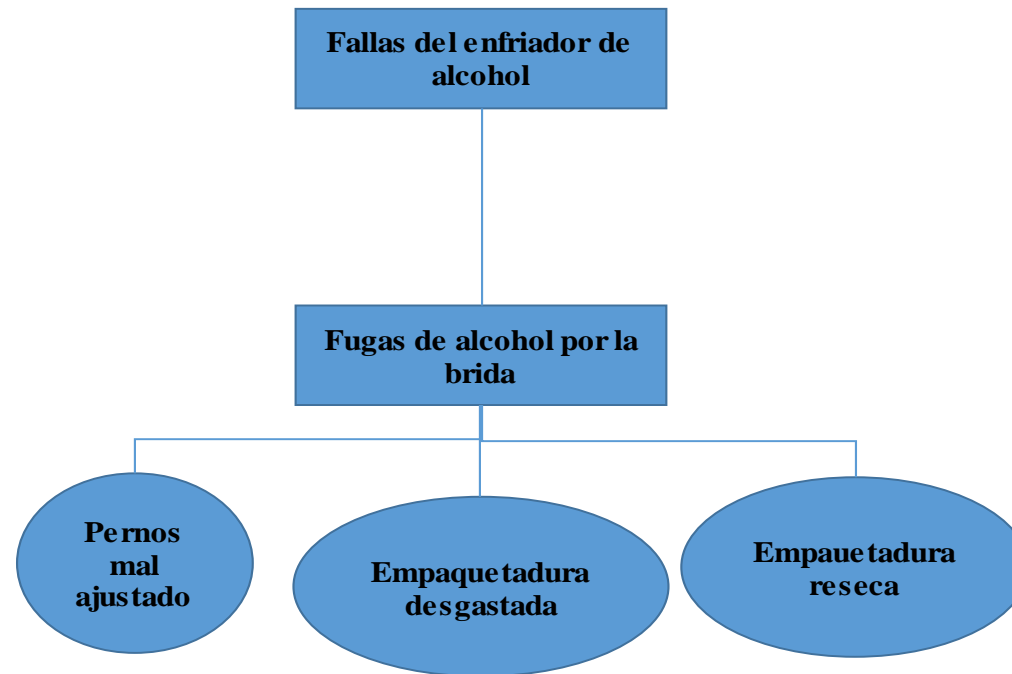
**Figura N°26: Árbol de falla de la columna rectificadora**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.



**Figura N°27: Árbol de falla del condensador**

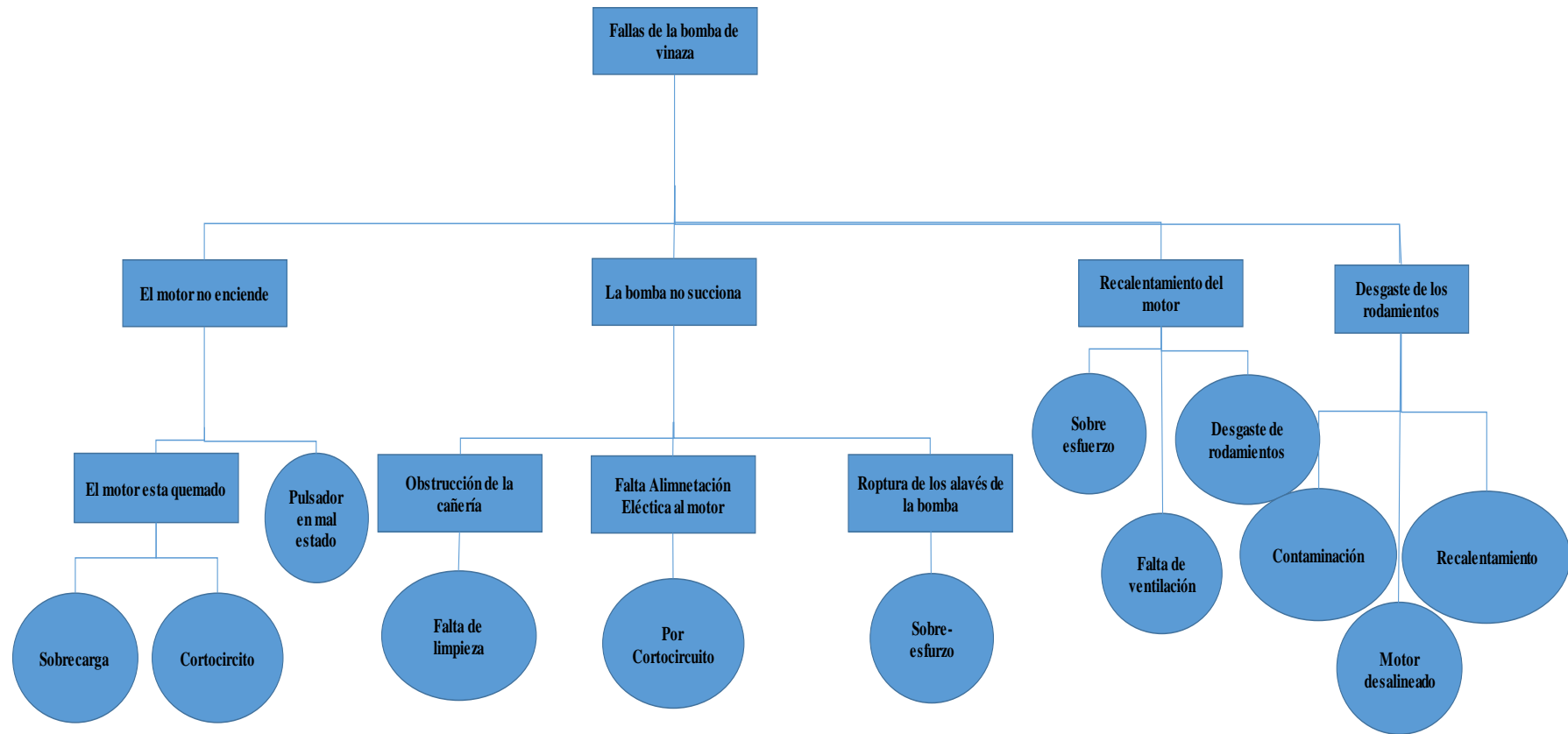
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



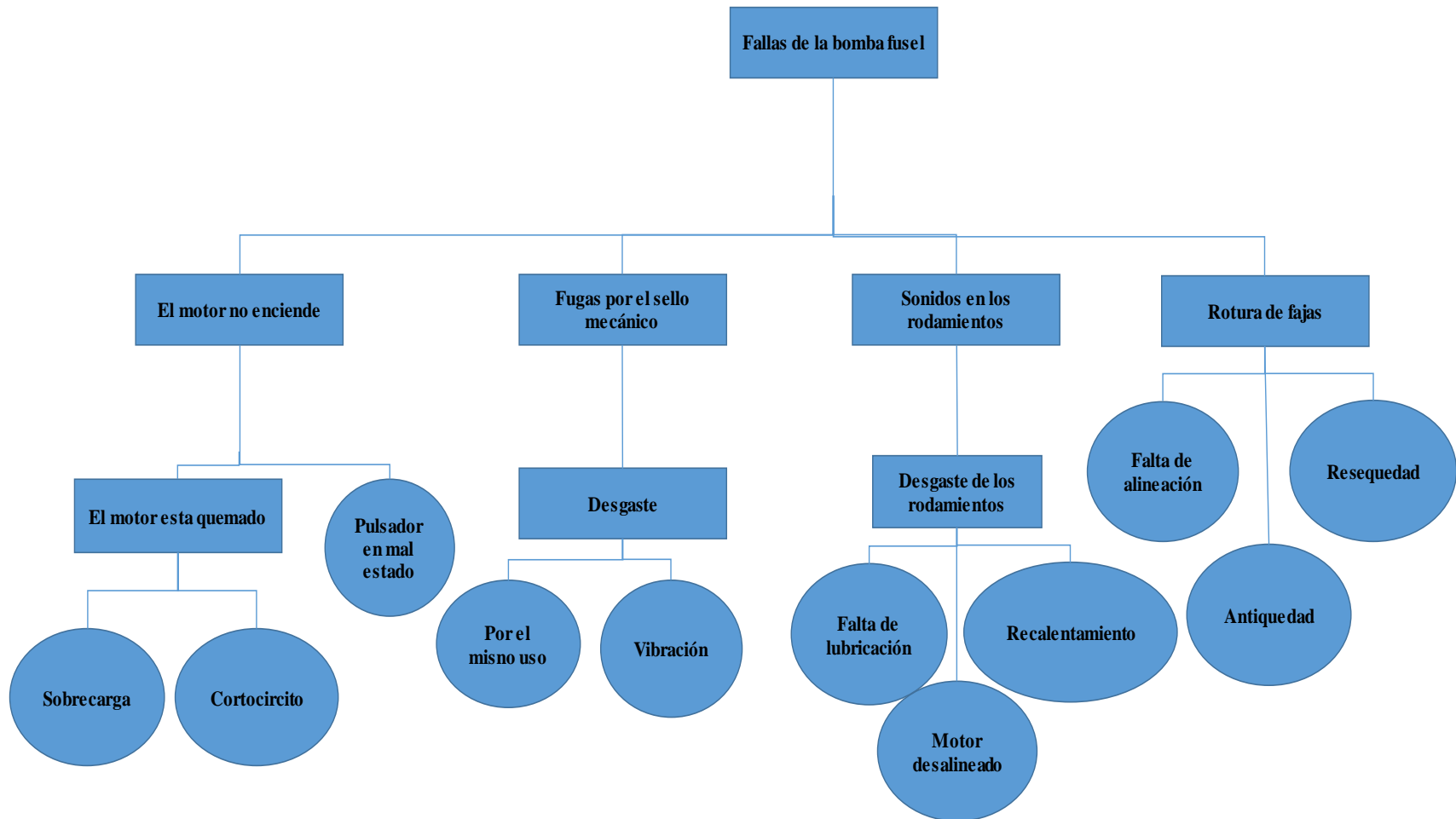


**Figura N°28: Árbol de falla del enfriador de alcohol**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

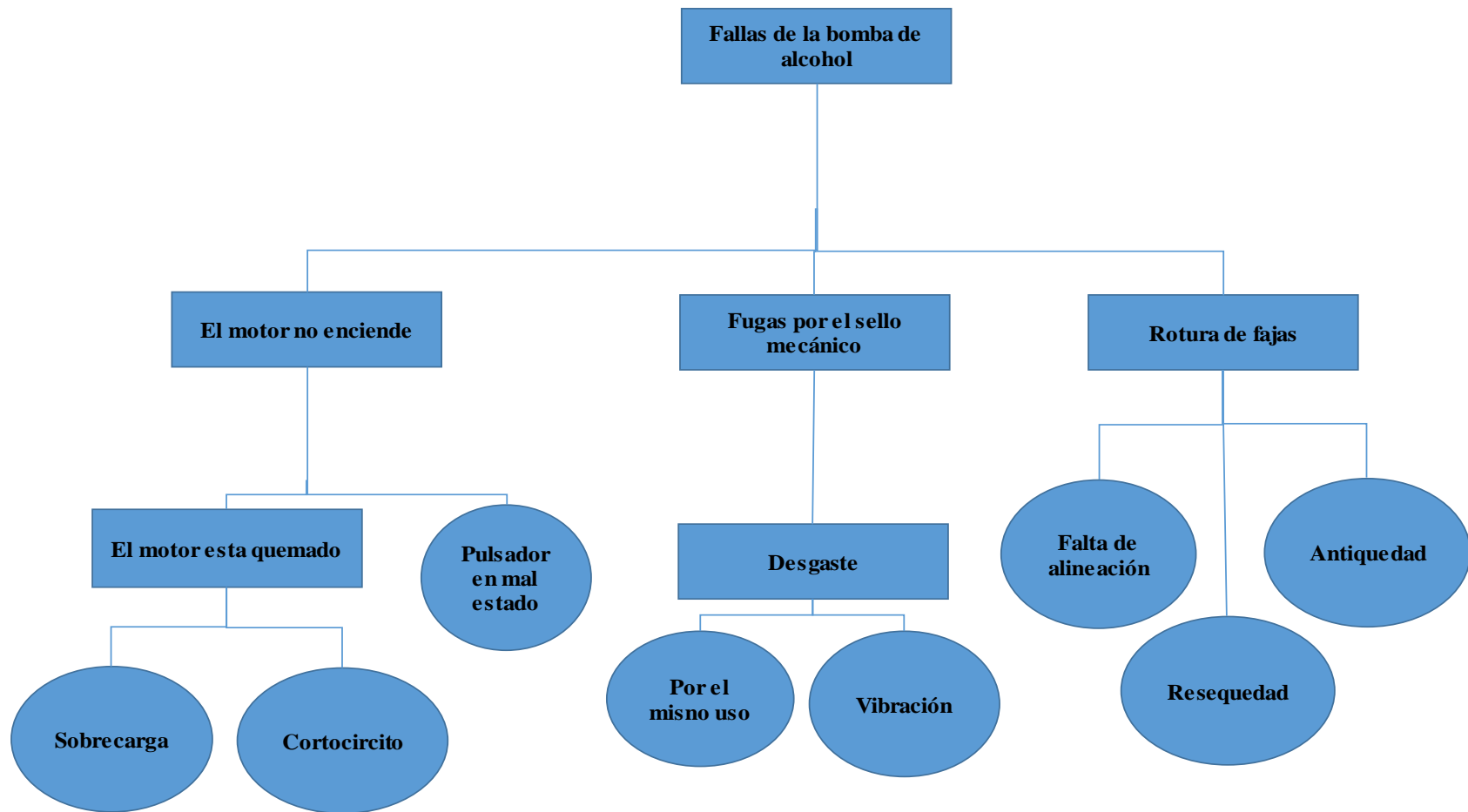


**Figura N°29: Árbol de falla de la bomba de vinaza**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



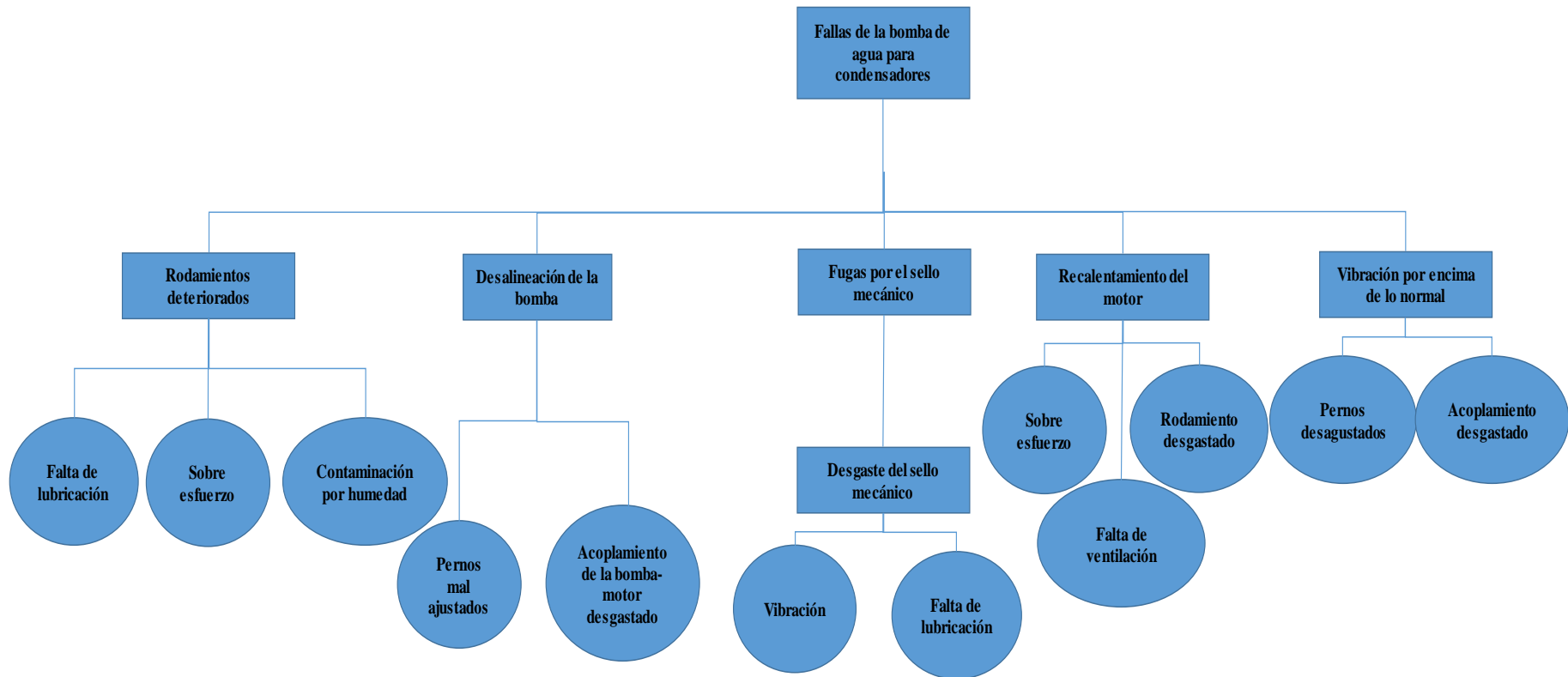
**Figura N°30: Árbol de falla de la bomba fusel**

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

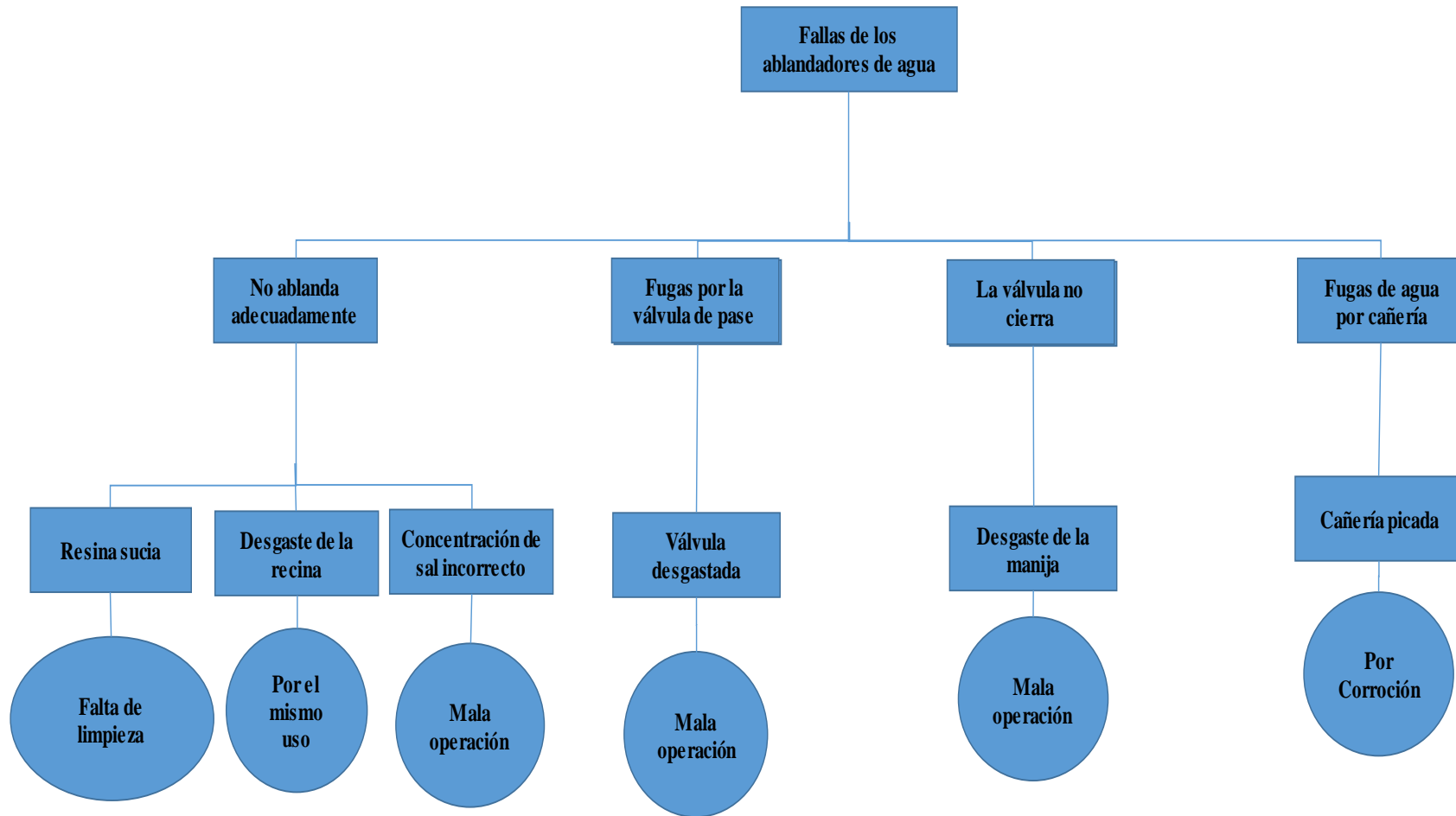


**Figura N°31: Árbol de falla de la bomba alcohol**

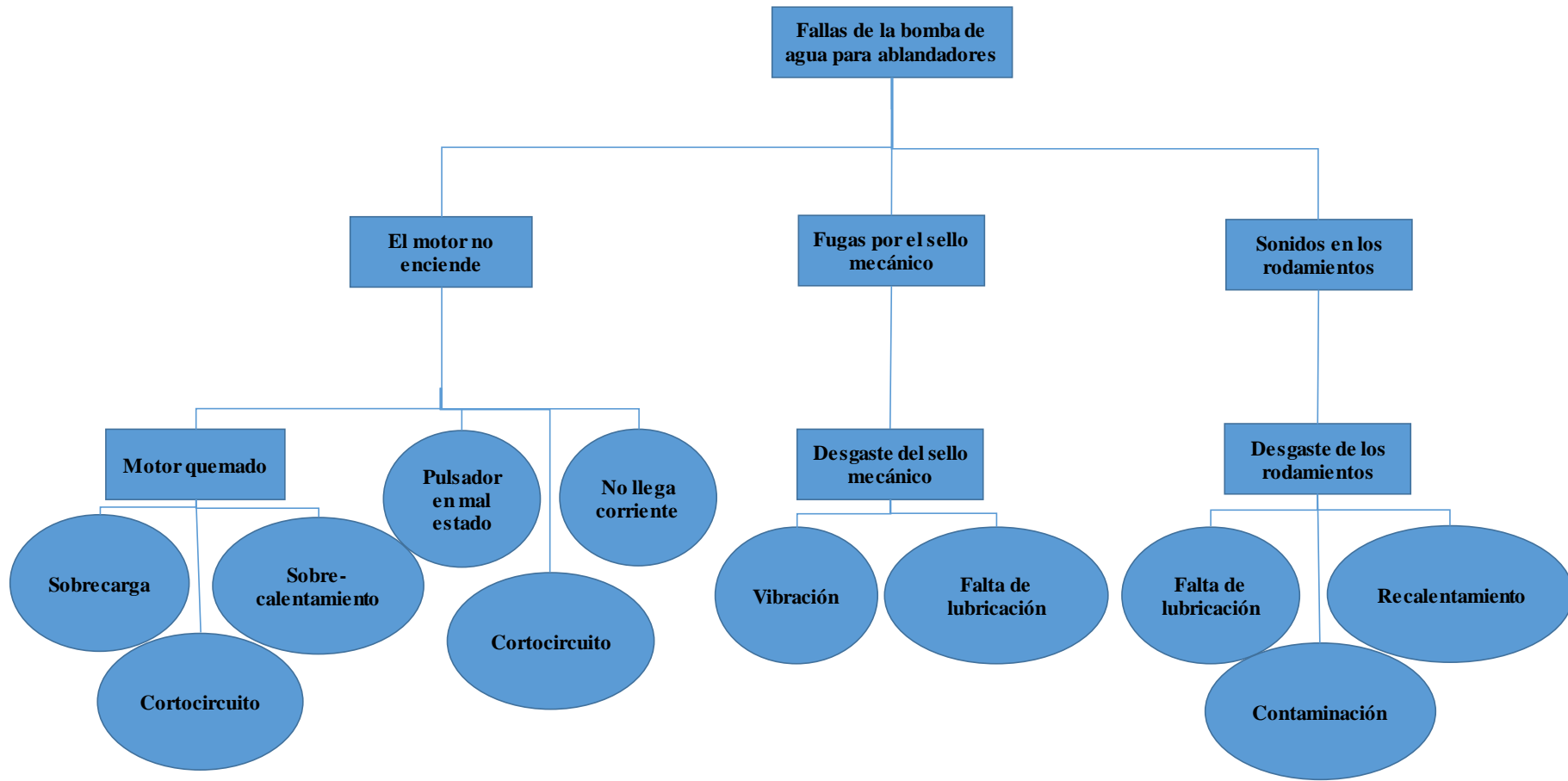
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



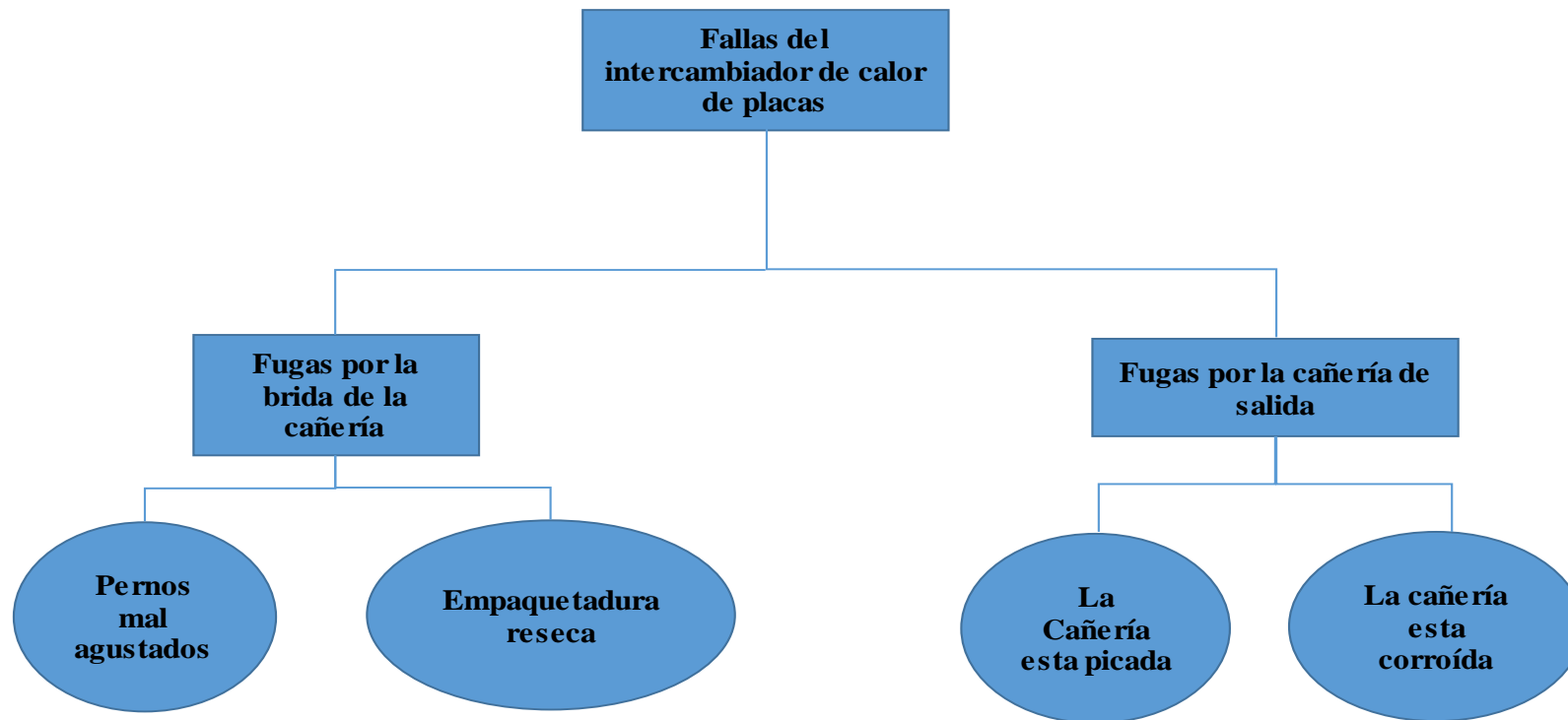
**Figura N°32: Árbol de falla de la bomba de agua para condensadores**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



**Figura N°33: Árbol de falla del ablandador de agua**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

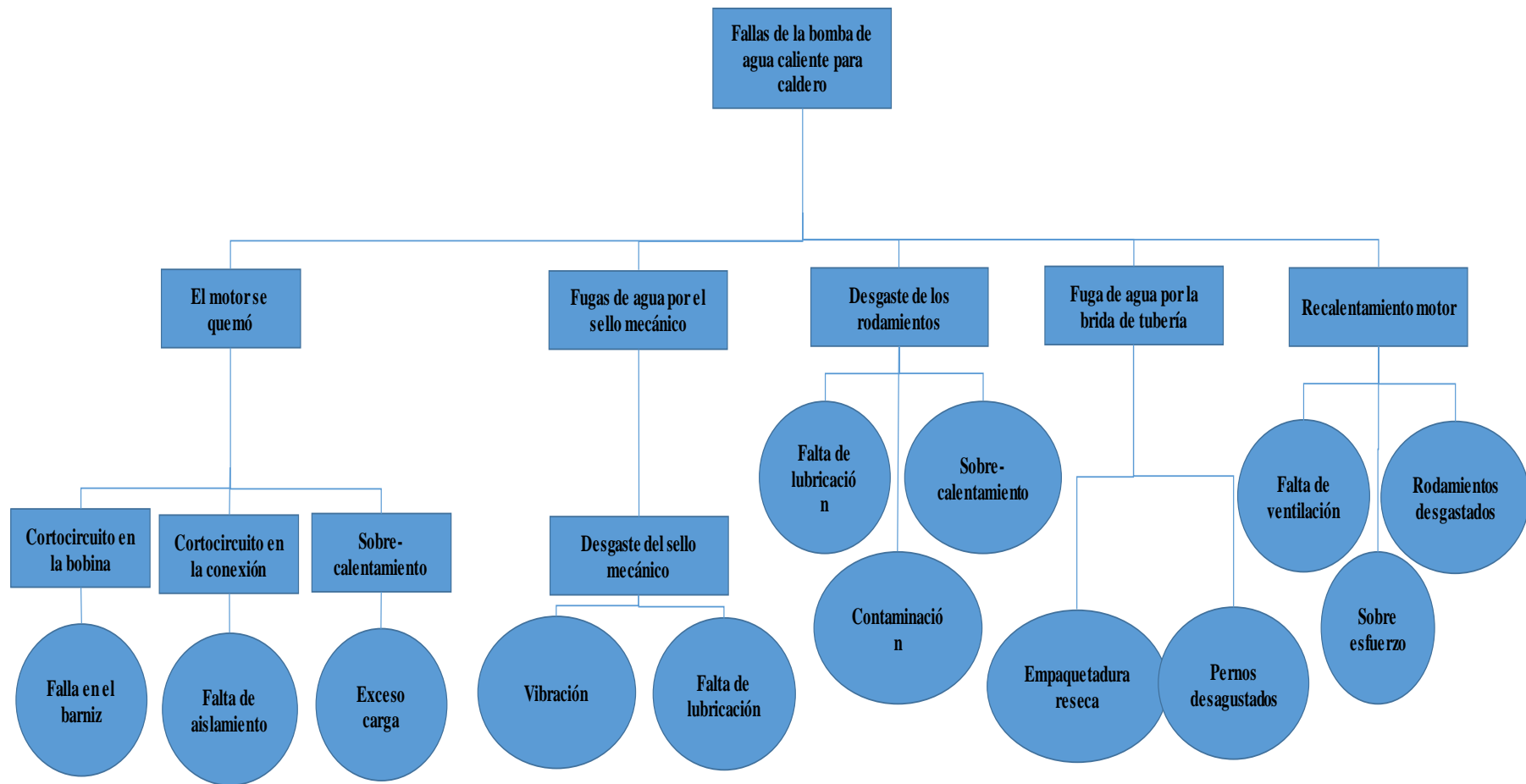


**Figura N°34: Árbol de falla de la bomba de agua para ablandadores**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

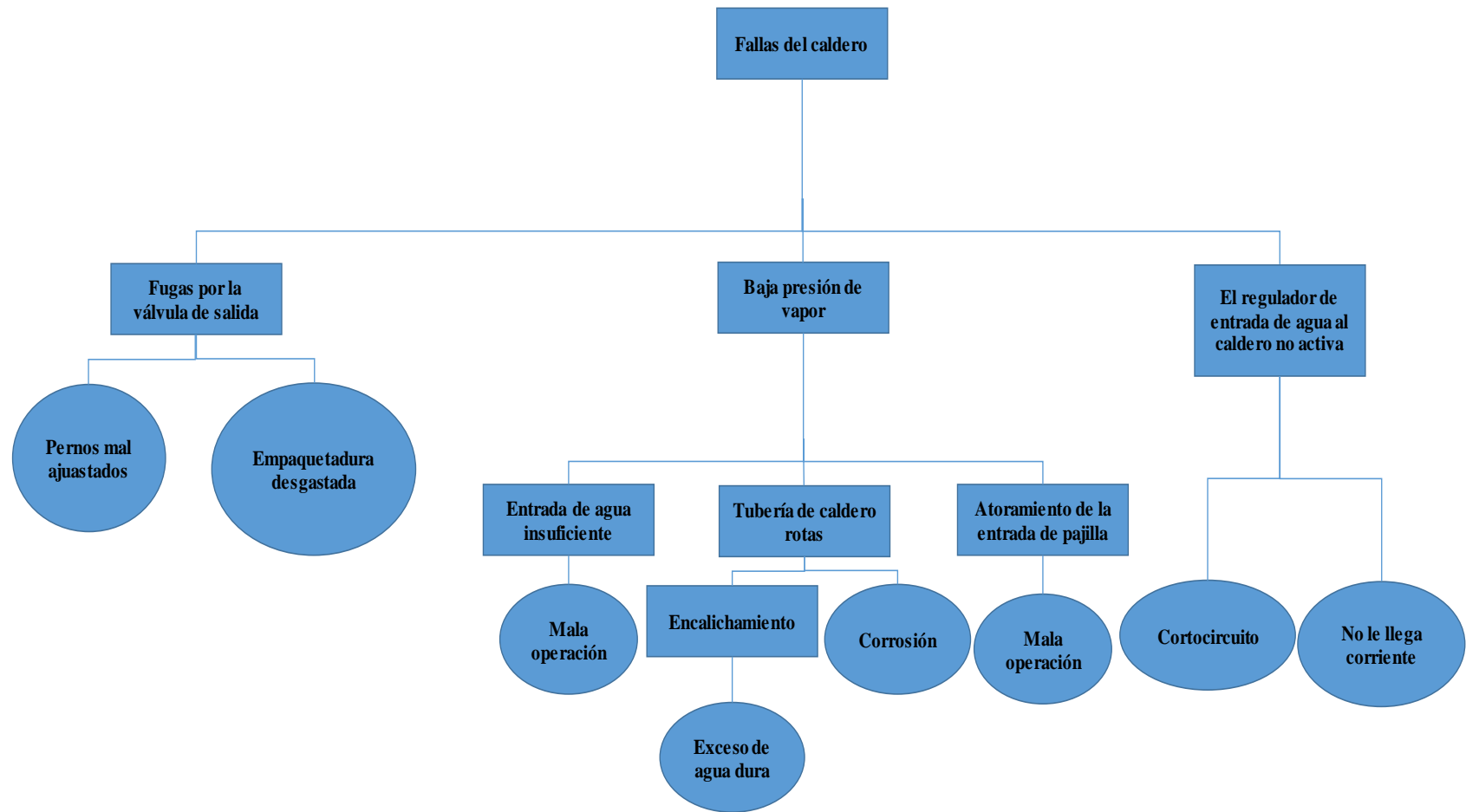


**Figura N°35: Árbol de falla del intercambiador de calor de placas**  
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.



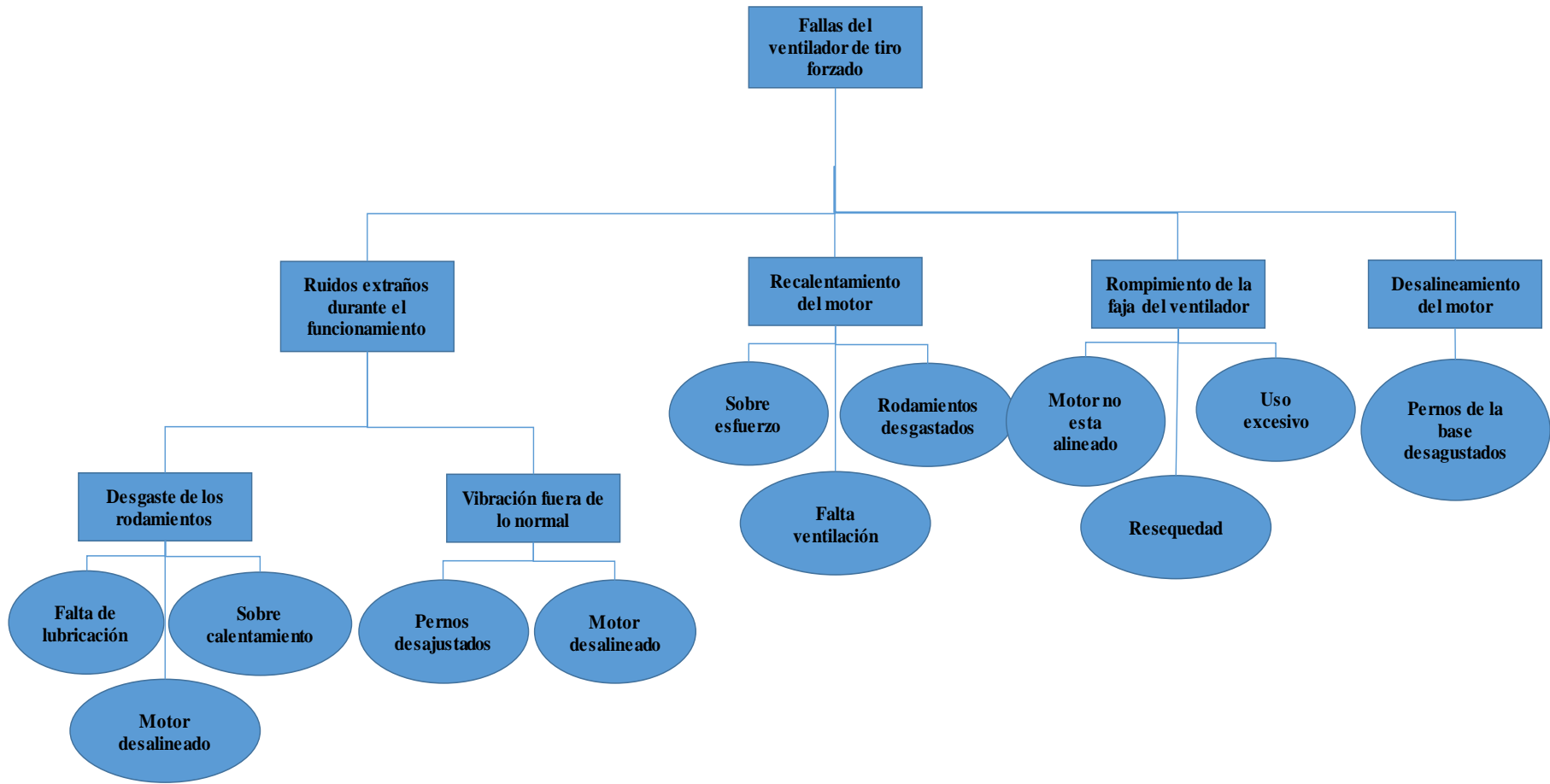


**Figura N°36: Árbol de falla de la bomba de agua para caldero**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

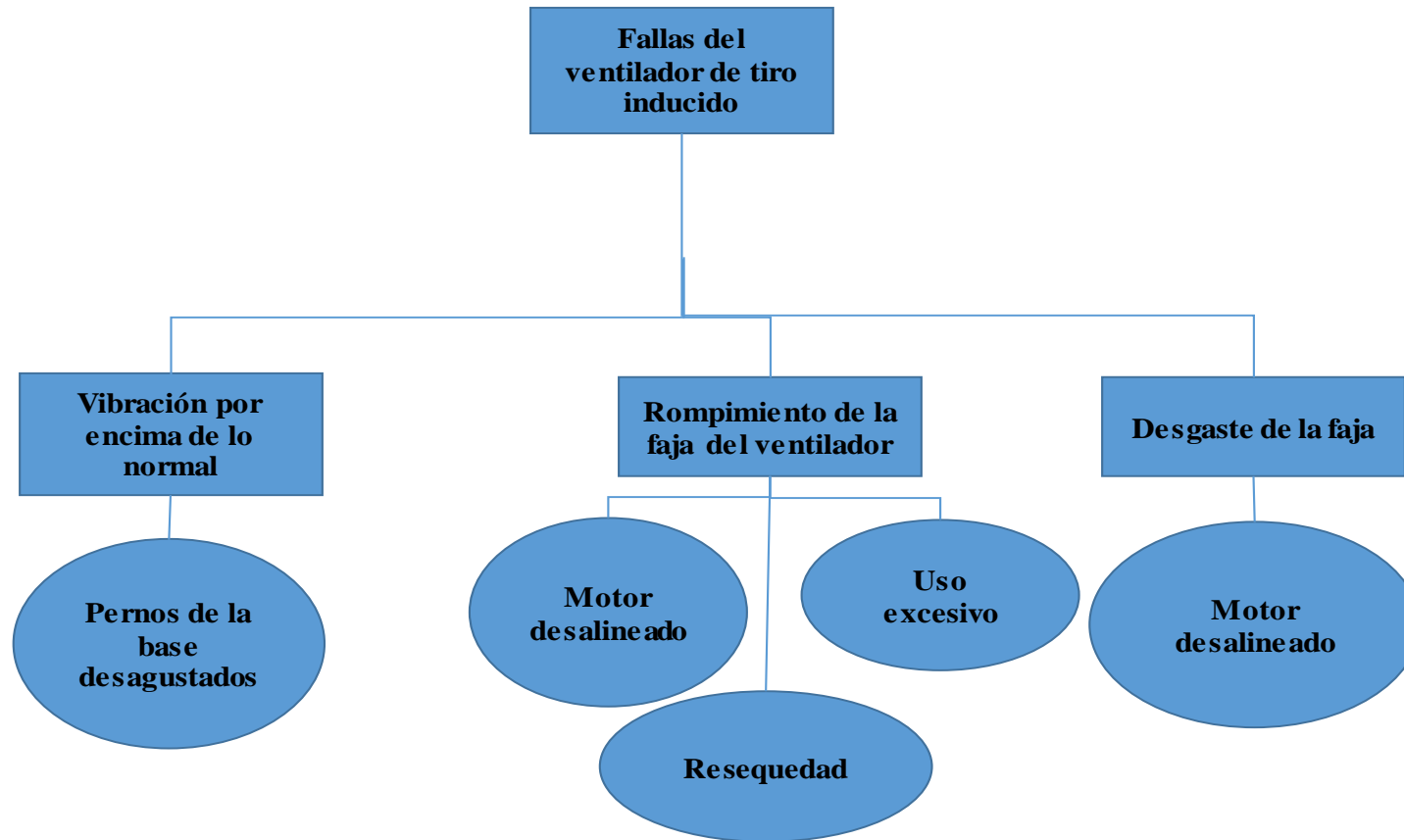


**Figura N°37: Árbol de falla del caldero**

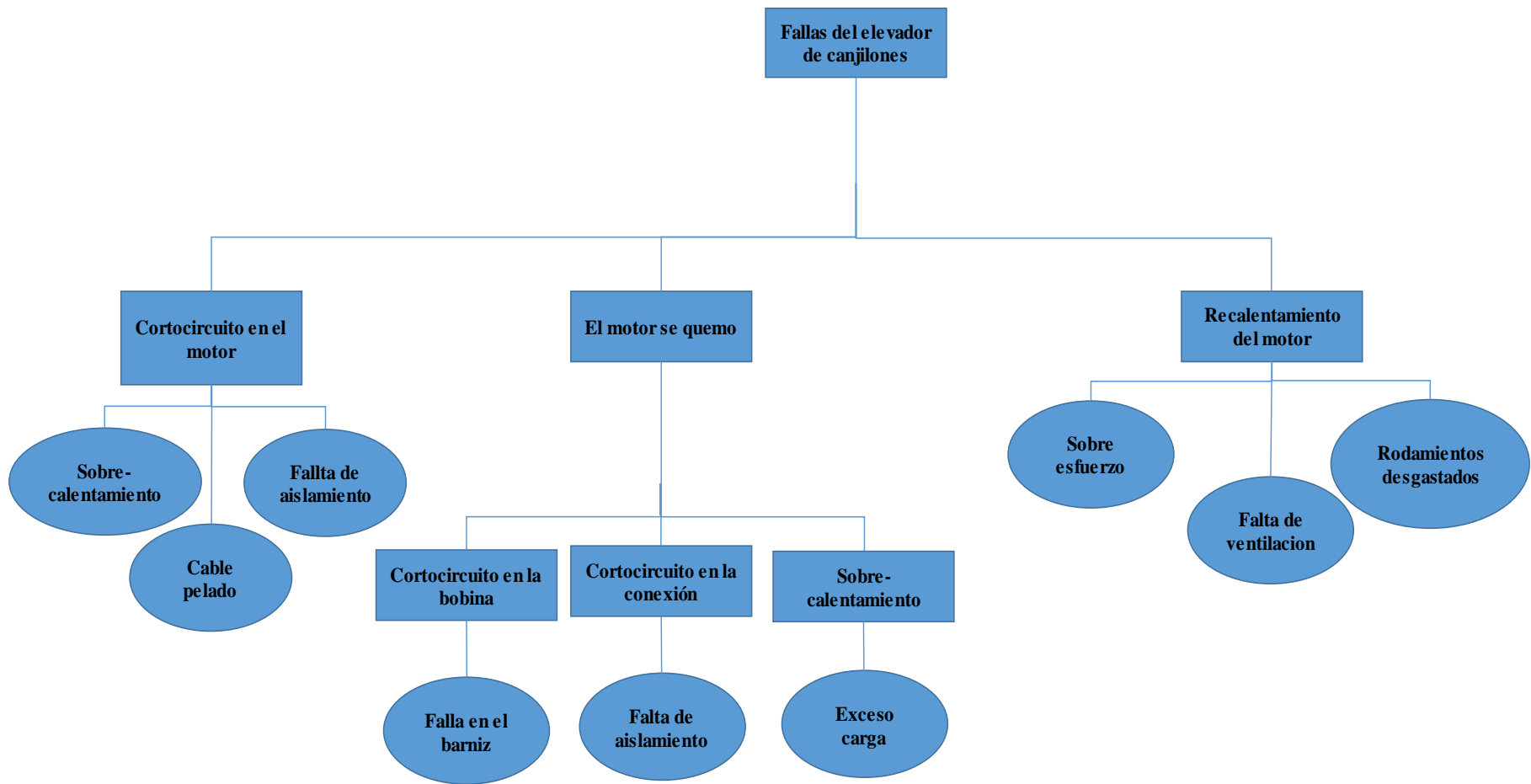
Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.



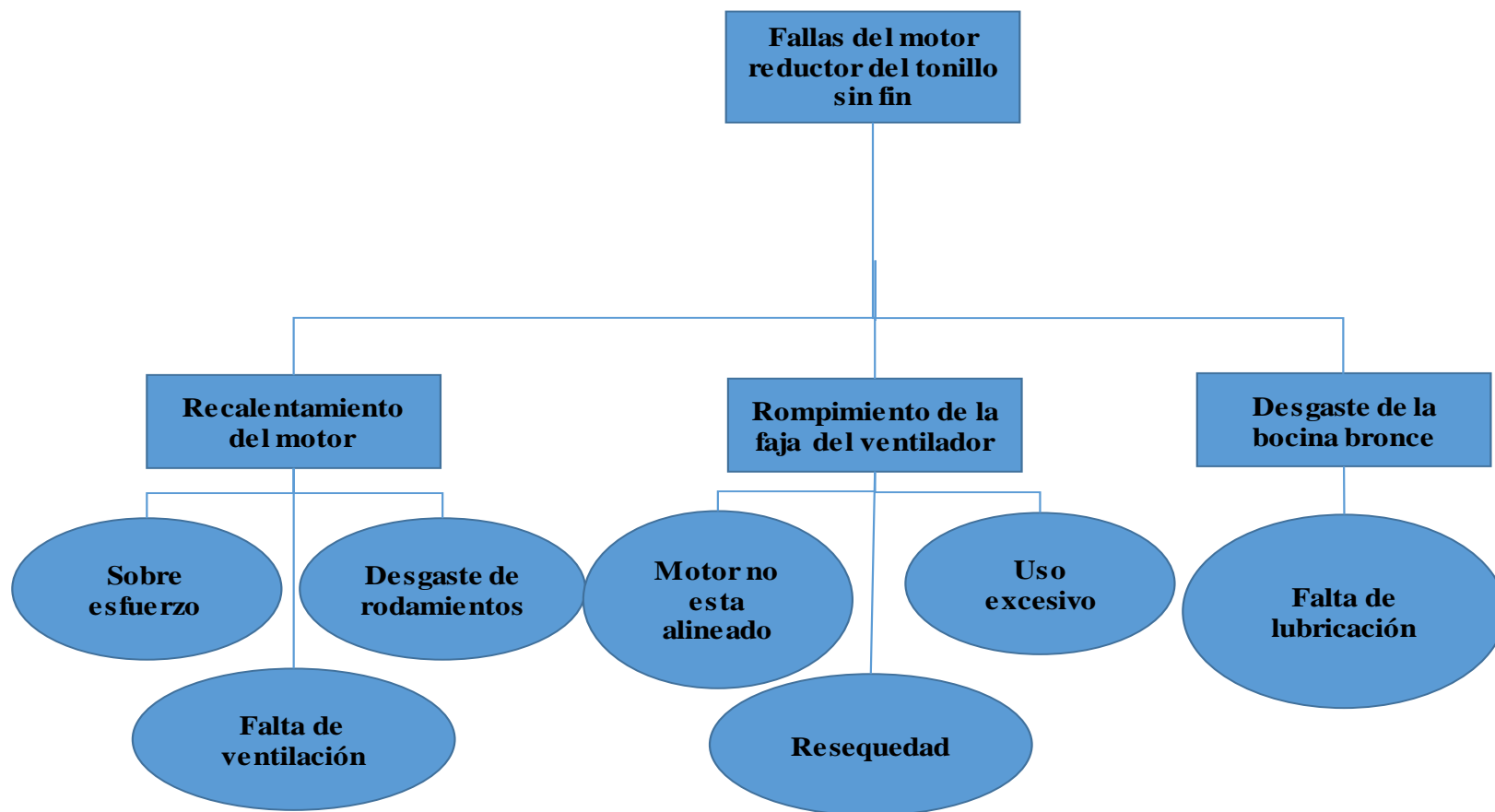
**Figura N°38: Árbol de falla del ventilador de tiro forzado**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



**Figura N°39: Árbol de falla del ventilador de tiro inducido**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.



**Figura N°40: Árbol de falla del elevador de canjilones**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

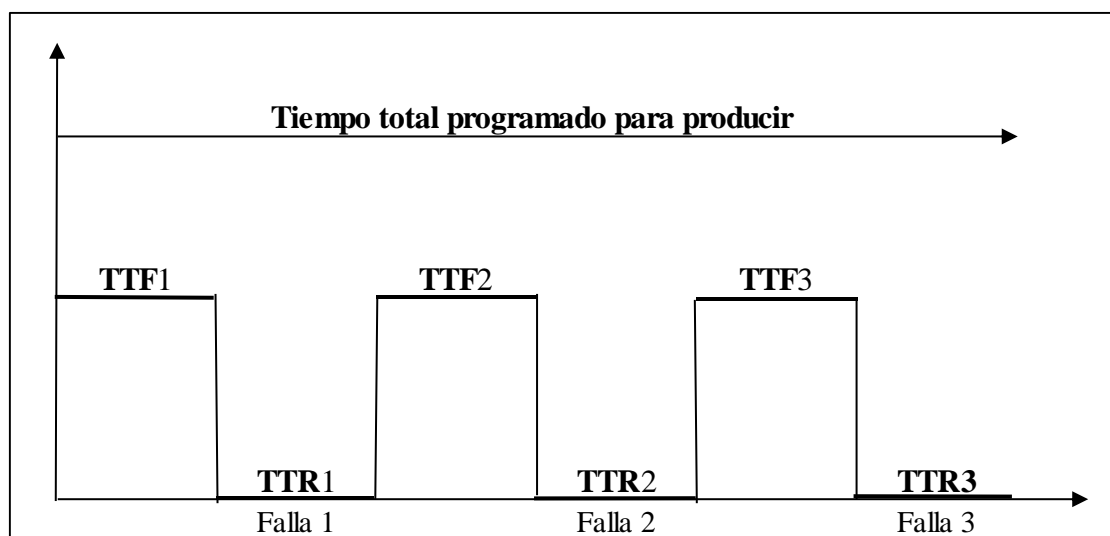


**Figura N°41: Árbol de falla del motor reductor del tornillo sin fin**  
 Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

### 3.1.7. INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Los indicadores de mantenimiento asociados al área de efectividad permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y componentes de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

En el siguiente esquema se detalla los tiempos requeridos, como datos; para los diferentes indicadores de mantenimiento, tanto de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.



**Figura N°42: Esquema de tiempos de fallas**

Fuente: Elaboración propia

- **TTF: Tiempo operativo hasta la falla**
- **TTR: Tiempo para reparar**
- **n: Número de fallas**
- **TTO: Tiempo total operación  $\sum (TTF1+TTF2+TTF3+....)$**

#### **A. Tiempo total programado para producir**

A continuación se ha desarrollado la tabla N°51 detallando la cantidad de días que se trabaja al mes, dando como resultado el tiempo (Horas) programado para producir durante estas fechas (Enero – Octubre 2016).

- Jornada laboral: de lunes a domingo, 2 turnos por día, 12 horas por turno, por lo tanto 24 horas al día.
- Cave recalcar que la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. produce un aproximado de 45 días, y paraliza su producción 15 días para limpieza.

**Tabla N°51: Tiempo laborable desde Enero a octubre 2016 en horas**

<b>Meses</b>	<b>Días laborables</b>	<b>Tiempo total programado para producir (Horas)</b>
<b>Enero</b>	15	360
<b>Febrero</b>	29	696
<b>Marzo</b>	13	312
<b>Abril</b>	25	600
<b>Mayo</b>	22	528
<b>Junio</b>	28	672
<b>Julio</b>	17	408
<b>Agosto</b>	30	720
<b>Septiembre</b>	18	432
<b>Octubre</b>	30	720
<b>TOTAL</b>	<b>227</b>	<b>5448</b>

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

Por lo tanto, Ersá Transportes y Servicios S.R.L. durante los meses de enero a octubre del 2016, el tiempo total programado para producir ha sido de 5 448 horas.

#### **B. Tiempo total de operación –TTO**

Debido a que el proceso de producción de alcohol es continuo, todas las máquinas deben estar operativas y por lo tanto todas trabajan a la misma cantidad de tiempo en el proceso. Así, el tiempo total programado para producir para cada máquina es lo mismo, es nuestro caso es 5448 horas.

Para calcular el tiempo total de reparación, resulta del tiempo total programado para producir, menos los tiempos que tardan en restaurar una máquina cuando falla (TTR).

A continuación se presenta la tabla N°52 donde se muestra el tiempo total de operación, es decir el tiempo que realmente las máquinas han estado operando durante las fechas analizadas (Enero- octubre 2016).



**Tabla N°52: Tiempo total de operación (TTO) desde Enero a octubre 2016 en horas**

<b>Tipo de máquina</b>	<b>Tiempo total programando para producir (horas)</b>	<b>Tiempo para reparar-TTR (horas)</b>	<b>Tiempo total de operación-TTO (horas)</b>
<b>Área de fermentación:</b>			
Bomba de melaza	5448	16,5	5431,5
Diluidor	5448	5,5	5442,5
Bomba de recuperación de mosto	5448	11	5437
Bomba de agua sumergible	5448	3,83	5444,17
Bomba de agua para alimentación	5448	11,17	5436,83
Compresor de aire	5448	5,5	5442,5
<b>Área de destilación:</b>			
Bomba de mosto	5448	13,33	5434,67
Calentavino	5448	3,67	5444,33
Columna mostera	5448	6,33	5441,67
Columna rectificadora	5448	5,67	5442,33
Condensadores	5448	11,67	5436,33
Enfriador de alcohol	5448	1,67	5446,33
Bomba de vinaza	5448	10	5438
Bomba de fusel	5448	9	5439
Bomba de alcohol	5448	5,33	5442,67
Bomba de agua para condensadores	5448	10,17	5437,83
<b>Área de generación de vapor:</b>			
Ablandadores de agua	5448	4,5	5443,5
Bomba de agua para ablandadores	5448	7	5441
Intercambiador de calor de placas	5448	3,33	5444,67
Bomba de agua caliente para caldero	5448	10,5	5437,5
Caldero	5448	14	5434
Ventilador de tiro forzado	5448	5,33	5442,67
Ventilador de tiro inducido	5448	5,5	5442,5
Elevador de canjilones	5448	14,5	5433,5
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	5448	4	5444

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

### C. Tiempo medio hasta el fallo – MTTF (Confiabilidad)

Este indicador mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a capacidad sin interrupciones dentro del período considerado.

Es un indicador de la confiabilidad.

$$MTTF = \frac{\text{Tiempo total de Operación por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTF}{n}$$

A continuación, en la tabla N°53 se detalla el Tiempo Total de Operación, obtenido anteriormente, y el Número de Fallas Totales de cada máquina los que se emplearán para hallar el Tiempo Medio hasta el Fallo.

**Tabla N°53: Tiempo medio hasta el fallo (MTTF) para cada máquina**

Tipo de máquina	Tiempo total de operación-TTO (horas)	N° de fallas por máquina	Tiempo medio hasta el fallo-MTTF (horas)
<b>Área de fermentación:</b>			
Bomba de melaza	5431,5	7	775,93
Diluidor	5442,5	3	1814,17
Bomba de recuperación de mosto	5437	5	1087,40
Bomba de agua sumergible	5444,17	2	2722,09
Bomba de agua para alimentación	5436,83	5	1087,37
Compresor de aire	5442,5	4	1360,63
<b>Área de destilación:</b>			
Bomba de mosto	5434,67	7	776,38
Calentavino	5444,33	2	2722,17
Columna mostera	5441,67	3	1813,89
Columna rectificadora	5442,33	2	2721,17
Condensadores	5436,33	3	1812,11
Enfriador de alcohol	5446,33	1	5446,33
Bomba de vinaza	5438	5	1087,60
Bomba de fusel	5439	4	1359,75
Bomba de alcohol	5442,67	3	1814,22
Bomba de agua para condensadores	5437,83	6	906,31
<b>Área de generación de vapor:</b>			
Ablandadores de agua	5443,5	4	1360,88
Bomba de agua para ablandadores	5441	4	1360,25
Intercambiador de calor de placas	5444,67	3	1814,89
Bomba de agua caliente para caldero	5437,5	5	1087,50
Caldero	5434	4	1358,50
Ventilador de tiro forzado	5442,67	4	1360,67
Ventilador de tiro inducido	5442,5	4	1360,63
Elevador de canjilones	5433,5	5	1086,70
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	5444	3	1814,67

Fuente: Elaboración propia, datos de Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

#### **D. Tiempo medio para reparar-MTTR (Mantenibilidad)**

Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado.

Es la probabilidad de que un equipo o instalación, que después de un fallo, sea reparado en un tiempo dado.

Es un indicador de mantenibilidad

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total para restaurar por máquina}}{\text{Número de fallas totales por máquina}} = \frac{\sum TTR}{n}$$

En la siguiente tabla se detalla el Tiempo para Reparar y el Número de fallas totales por máquina, obtenidos de las tablas de Análisis de la cantidad de fallos, los que se emplearán para hallar el Tiempo Medio para Reparar (MTTR).

**Tabla N°54: Tiempo medio para reparar (MTTR) para cada máquina**

<b>Tipo de máquina</b>	<b>Tiempo para reparar- TTR (horas)</b>	<b>N° de fallas por máquina</b>	<b>Tiempo medio para reparar- MTTR (horas)</b>
<b>Área de fermentación:</b>			
Bomba de melaza	16,5	7	2,36
Diluidor	5,5	3	1,83
Bomba de recuperación de mosto	11	5	2,20
Bomba de agua sumergible	3,83	2	1,92
Bomba de agua para alimentación	11,17	5	2,23
Compresor de aire	5,5	4	1,38
<b>Área de destilación:</b>			
Bomba de mosto	13,33	7	1,90
Calentavino	3,67	2	1,84
Columna mostera	6,33	3	2,11
Columna rectificadora	5,67	2	2,84
Condensadores	11,67	3	3,89
Enfriador de alcohol	1,67	1	1,67
Bomba de vinaza	10	5	2,00
Bomba de fusel	9	4	2,25
Bomba de alcohol	5,33	3	1,78
Bomba de agua para condensadores	10,17	6	1,70
<b>Área de generación de vapor:</b>			
Ablandadores de agua	4,5	4	1,13
Bomba de agua para ablandadores	7	4	1,75
Intercambiador de calor de placas	3,33	3	1,11
Bomba de agua caliente para caldero	10,5	5	2,10
Caldero	14	4	3,50
Ventilador de tiro forzado	5,33	4	1,33
Ventilador de tiro inducido	5,5	4	1,38
Elevador de canjilones	14,5	5	2,90
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	4	3	1,33

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

### **E. Disponibilidad operativa**

Es la probabilidad de un equipo o instalación, de estar en estado de funcionamiento en un periodo de tiempo determinado.

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{45 \times 24 - (199)}{45 \times 24} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = 81\%$$

Se puede observar que la disponibilidad de la planta se encuentra en un 81%, así que la planta no es confiable a un alto grado.

### **3.1.8. CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD**

Las fallas producidas en las etapas del proceso productivo afectan a la productividad, es por ello que a través de un plan de mantenimiento en las etapas del proceso, se desea mejorar también la productividad. Para ello se calculó la productividad en relación al recurso tiempo, en un periodo de 10 meses, de enero a octubre del 2016.

Para calcular la pérdida de producción en el periodo de 10 meses, se tomará la data histórica recopilada de la empresa. Dicha data se obtuvo de la tabla N° 50.

$$PP = \text{Días que paro} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol / día}$$

$$PP = 8 \text{ días} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol / día}$$

$$PP = 96\,000 \text{ Litros de alcohol}$$

Según el diagnóstico, la producción promedio por día es 12 000 litros de alcohol; por lo tanto la producción promedio en el periodo de 10 meses sería de: los datos se obtuvieron de la tabla N°50 y la tabla N°51.

$$P = \text{Días laborables} - \text{Días que paro} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol / día}$$

$$P = (227 - 8) \text{ días} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol / día}$$

$$P = 2\,628\,000 \text{ Litros de alcohol}$$

### A. Productividad en relación con el recurso tiempo

El tiempo base para el cálculo de la productividad será por mes, por lo tanto en un periodo de 10 meses la productividad con relación al tiempo sería de:

$$\text{Productividad} = \frac{P - PP}{T}$$

$$\text{Productividad} = \frac{2\,628\,000 - 96\,000}{8}$$

$$\text{Productividad} = \frac{2\,532\,000}{8}$$

$$\text{Productividad} = 316\,500 \text{ litros de alcohol /mes}$$

La productividad en relación al tiempo es de 316 500 litros de alcohol por mes; expresado en porcentaje la productividad está en un 87%, esta productividad se puede mejorar a través de un plan de mantenimiento en las etapas de fermentación, destilación y generación de vapor.

### 3.1.9. IMPLICANCIA ECONÓMICA

A continuación, se detallara las pérdidas monetarias que se obtienen al no producir alcohol, generadas por el tiempo perdido a causa de la presencia y restauración de las fallas en las máquinas, durante el tiempo analizado (Enero- octubre 2016).

En la siguiente tabla, se describe la maquinaria empleada, el tiempo que se paralizó la máquina por una falla, la producción promedio real por hora, y la utilidad. Por lo tanto para hallar la pérdida económica se multiplicara el tiempo que paralizó la máquina, la producción promedio por hora, y la utilidad.

**Tabla N°55: Pérdidas económicas en S/. a causa de las fallas.**

<b>Tipo de máquina</b>	<b>Tiempo para Reparar (horas)</b>	<b>Producción real por hora (litros)</b>	<b>Utilidad</b>	<b>Pérdidas en S/</b>
<b>Área de fermentación:</b>				
Bomba de melaza	16,5	500	S/ 0,80	S/ 6 600,00
Diluidor	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
Bomba de recuperación de mosto	11	500	S/ 0,80	S/ 4 400,00
Bomba de agua sumergible	3,83	500	S/ 0,80	S/ 1 532,00
Bomba de agua para alimentación	11,17	500	S/ 0,80	S/ 4 468,00
Compresor de aire	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
<b>Área de destilación:</b>				
Bomba de mosto	13,33	500	S/ 0,80	S/ 5 332,00
Calentavino	3,67	500	S/ 0,80	S/ 1 468,00
Columna mostera	6,33	500	S/ 0,80	S/ 2 532,00
Columna rectificadora	5,67	500	S/ 0,80	S/ 2 268,00
Condensadores	11,67	500	S/ 0,80	S/ 4 668,00
Enfriador de alcohol	1,67	500	S/ 0,80	S/ 668,00
Bomba de vinaza	10	500	S/ 0,80	S/ 4 000,00
Bomba de fusel	9	500	S/ 0,80	S/ 3 600,00
Bomba de alcohol	5,33	500	S/ 0,80	S/ 2 132,00
Bomba de agua para condensadores	10,17	500	S/ 0,80	S/ 4 068,00
<b>Área de generación de vapor:</b>				
Ablandadores de agua	4,5	500	S/ 0,80	S/ 1 800,00
Bomba de agua para ablandadores	7	500	S/ 0,80	S/ 2 800,00
Intercambiador de calor de placas	3,33	500	S/ 0,80	S/ 1 332,00
Bomba de agua caliente para caldero	10,5	500	S/ 0,80	S/ 4 200,00
Caldero	14	500	S/ 0,80	S/ 5 600,00
Ventilador de tiro forzado	5,33	500	S/ 0,80	S/ 2 132,00
Ventilador de tiro inducido	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
Elevador de canjilones	14,5	500	S/ 0,80	S/ 5 800,00
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	4	500	S/ 0,80	S/ 1 600,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 79 600,00</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

**Tabla N°56: Costos de repuestos y mano obra del mantenimiento correctivo**

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Motor-bomba melaza	Rotura de la faja del motor melaza	Cambio	4 fajas	S/ 35	S/ 70	S/ 210
	Se quemó motor de melaza	Se compró motor	1	S/ 1 690	S/ 240	S/ 3 620
	Desgaste excesivo de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Recalentamiento del motor	Revisión	2		S/ 45	S/ 90
Diluidor	Fugas de melaza por tubería de alimentación	Soldadura	1kg	S/ 15		S/ 15
	Cambio de válvula de melaza	Cambio	1	S/ 250	S/ 35	S/ 285
Bomba de recuperación de mosto	Fuga de mosto por sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	La bomba no succiona	Inspección	1		S/ 50	S/ 50
	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Motor de recuperación de mosto no arranca	Revisión/ diagnóstico	1		S/ 120	S/ 120
	Rotura de los pernos de acoplamiento	Cambiar pernos	4	S/ 2	S/ 30	S/ 38
Bomba de agua sumergible	Bomba de agua sumergible no enciende	Mantenimiento ( cambio de rodamientos y barnizado)	1	S/ 450	S/ 150	S/ 550
	Bombea poca agua	Revisión	1		S/ 35	S/ 35

(Continúa...)



(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Bomba de agua para alimentación	Corte eléctrico de la bomba de alimentación	Revisión del motor	1		S/ 50	S/ 50
	Fugas de agua por cañería de alimentación	Soldadura	1	S/ 15		S/ 15
	Ruido excesivo en los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 50	S/ 350
	Fugas por el sello mecánico	Cambio se sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
Compresor de aire	Fugas de aceite del compresor	Cambio de empaquetadura	1	S/ 10	S/ 30	S/ 50
	Fallas en el automático	Cambio del automático	1	S/ 120	S/ 50	S/ 170
	Se rompió faja del motor	Cambio de faja	1	S/ 45		S/ 45
	Sonidos extraños en el motor	Revisión	1		S/ 60	S/ 180
Bomba de mosto	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	2	S/ 45	S/ 120	S/ 210
	Sonidos en los rodamientos de la bomba	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Corte eléctrico del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	Vibración de la bomba de mosto	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
Calentavino	Picadura de la tubería	Soldado	1	S/ 22		S/ 22
	Fugas de mosto por la brida	Cambo de empaquetadura	2	S/ 10		S/ 20
Columna de destilación	Fugas por el cuerpo de la columna	Cambiar empaquetadura	1	S/ 120		S/ 120
	Fugas de vapor por válvula	Mantenimiento a la válvula	1	S/ 350	S/ 120	S/ 470
Condensador	Picadura de la cañería	Cambio de tunería	1	S/ 180		S/ 180

(Continúa...)

(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Bomba de vinaza	El motor no enciende	Revisión	1		S/ 120	S/ 120
	La bomba no succiona	Revisión	1		S/ 60	S/ 60
	Fajas cuarteadas	Cambio de fajas	2	S/ 35	S/ 34	S/ 104
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	Desgastes de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
Bomba de fusel	Motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80
	Fugas por el sello mecánico	Cambio de sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	Rotura de fajas	Cambio de faja	1	S/ 25	S/ 35	S/ 60
Bomba de alcohol	Rotura de fajas	Cambiar faja	1	S/ 25	S/ 35	S/ 60
	Corte eléctrico el motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80
Bomba de agua para condensadores	Vibración del motor fuera de lo normal	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Desalineación de la bomba	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
Bomba de agua para ablandadores	Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	La bomba tiene sonidos extraños	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	El motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80

(Continúa...)

(Continuación...)

Equipo	Falla	Tipo de operación	Cantidad	Costos de repuestos (S/)	Costo de mano de obra (S/)	Subtotal (S/)
Bomba de agua caliente para caldero	Se quemó el motor del caldero	Se compró motor	1	S/ 1 500	S/ 120	S/ 1 620
	Fugas por sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	La bomba tiene sonidos extraños	Cambiar rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Fugas por la brida	Cambiar empaquetadura	2	S/ 10	S/ 35	S/ 55
Caldero	Fallas del regulador de entrada de agua	Cambiar regulador	1	S/ 657	S/ 90	S/ 747
Ventilador tiro forzado	Desgaste de rodamientos	Cambiar rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Rotura del faja de motor	Cambio de faja	2	S/ 35	S/ 70	S/ 140
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
Ventilador toro inducido	Vibración del motor por encima de lo normal	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Desgaste de faja del motor	Cambiar faja	4	S/ 50	S/ 140	S/ 340
Elevador de canjilones	Cortocircuito del motor	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	El motor se quemó	Se compró motor	1	S/ 1 600	S/ 120	S/ 1 720
	Recalentamiento del motor	Revisión	2		S/ 100	S/ 100
<b>TOTAL</b>						<b>S/ 17 383</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersas Transportes y Servicios S.R.L.

**Tabla N° 57: Costos de mano de obra no utilizada para la operación**

Personal	Precio (S/.)	Unidad	Tiempo Inoperativo	Subtotal (S/.)
01 Fermentador	S/. 4,20	Hora	199	S/. 835,8
01 Destilador	S/. 5,00	Hora	199	S/. 995
01 Calderista	S/. 4,20	Hora	199	S/. 835,8
01 Pajillero	S/. 3,33	Hora	199	S/. 662,67
01 Ayudante	S/. 3,33	Hora	199	S/. 662,67
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 3 991,94</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersas Transportes y Servicios S.R.L.

### **3.2. ELABORAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM), PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS.**

#### **3.2.1. APLICACIÓN DEL RCM EN LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.**

Según Parra (2012). El primer paso para elaborar un plan de mantenimiento es saber cuáles son los equipos a los que deseamos realizar mantenimiento. Para ello debemos saber todos los equipos con que está equipada la Empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. en el (**Anexo 01**) se encuentra el registro de los equipos.

A continuación se crea la matriz de criticidad de todos los equipos. Los criterios que sigue la matriz de criticidad para decidir cuándo un equipo es crítico, semi-crítico o no crítico están definidos por la empresa y el criterio del estudiante. Además a la hora de analizar la criticidad de cada componente se ha tenido en cuenta la experiencia de los responsables de la planta (Jefe planta, operarios).

Así mismo también se tendrá en cuenta las fallas funcionales y/o modos fallas registradas en la planta durante un periodo de 10 meses de enero 2016- octubre del 2016, ya que en este registro se puede analizar si en algún equipo del proceso sufre una repetición de falla. Este listado lo podemos encontrar desde la tabla 25 a la tabla 49.

Para la creación del plan de mantenimiento, se tendrán en cuenta los equipos críticos, semi- críticos obtenidos en la matriz de criticidad.

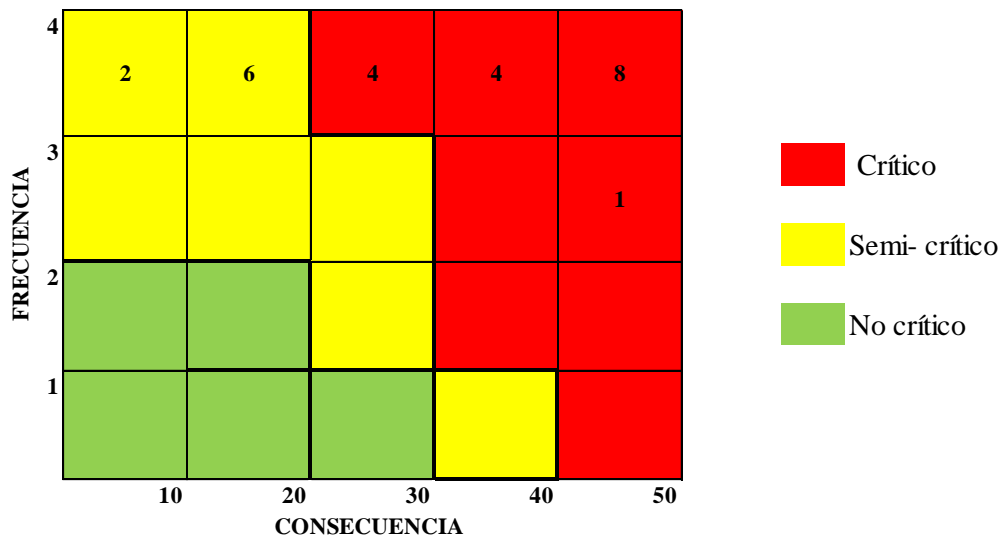
## A. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

A continuación se presenta el análisis de criticidad para identificar y establecer la jerarquía de los activos físicos, en función de su impacto e importancia, en otras palabras identificar los equipos críticos y semi- críticos con el fin de facilitar la toma de decisiones y poder realizar el análisis AMEF.

**Criticidad total**= Frecuencia de falla x Consecuencia

**Frecuencia**= Número de fallas en un tiempo determinado

**Consecuencia**= (Impacto a la producción x flexibilidad operacional) + costo Mtto + impacto SMH.



**Figura N°43: Matriz de criticidad**

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

Tabla N°58: Análisis de criticidad de los equipos

Equipo	Frecuencia falla	Impacto a la producción	Flexibilidad Operacional	Cotos de mantenimiento	Impacto a SMA	Consecuencia	Total	Jerarquización
Bomba de melaza	4	5	1	1	6	12	48	Semi-crítico
Diluidor	4	5	4	1	3	24	96	Crítico
Bomba de recuperación de mosto	4	1	4	1	3	8	32	Semi- crítico
Bomba de agua sumergible	4	10	1	1	1	12	48	Semi- crítico
Bomba de agua para alimentación	4	5	4	1	6	27	108	Crítico
Compresor de aire	4	7	4	1	6	35	140	Crítico
Bomba de mosto	4	10	1	1	3	14	56	Semi- crítico
Calentavino	3	10	4	1	3	44	132	Crítico
Columna mostera	4	10	4	1	3	44	176	Crítico
Columna rectificadora	4	10	4	1	3	44	176	Crítico
Condensadores	4	10	4	1	3	44	176	Crítico
Enfriador de alcohol	4	7	4	1	3	32	128	Crítico
Bomba de vinaza	4	7	4	1	3	32	128	Crítico
Bomba de fusel	4	3	4	1	3	16	64	Semi- crítico
Bomba de alcohol	4	1	4	1	3	8	32	Semi- crítico
Bomba de agua para condensadores	4	10	4	1	6	47	188	Crítico
Ablandadores de agua	4	10	4	1	3	44	176	Crítico

(Continúa...)

(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Frecuencia falla</b>	<b>Impacto a la producción</b>	<b>Flexibilidad Operacional</b>	<b>Cotos de mantenimiento</b>	<b>Impacto a SMA</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Total</b>	<b>Jerarquización</b>
Bomba de agua para ablandadores	4	10	4	1	3	44	176	Crítico
Intercambiador de calor de placas	4	7	4	1	3	32	128	Crítico
Bomba de agua caliente para caldero	4	10	1	1	6	17	68	Semi- crítico
Caldero	4	10	4	1	8	49	196	Crítico
Ventilador de tiro forzado	4	3	4	1	8	21	84	Crítico
Ventilador de tiro inducido	4	3	4	1	8	21	84	Crítico
Elevador de canjilones	4	10	4	1	6	47	188	Crítico
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	4	3	4	1	3	16	64	Semi- crítico

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. los equipos incluidos en el plan de mantenimiento basado en RCM son los siguientes:

**Tabla N°59: Equipos críticos y semi-críticos incluidos en el plan de mantenimiento**

Bomba de melaza	Semi-crítico
Diluidor	Crítico
Bomba de recuperación de mosto	Semi- crítico
Bomba de agua sumergible	Semi- crítico
Bomba de agua para alimentación	Crítico
Compresor de aire	Crítico
Bomba de mosto	Semi- crítico
Calentavino	Crítico
Columna mostera	Crítico
Columna rectificadora	Crítico
Condensadores	Crítico
Enfriador de alcohol	Crítico
Bomba de vinaza	Crítico
Bomba de fusel	Semi- crítico
Bomba de alcohol	Semi- crítico
Bomba de agua para condensadores	Crítico
Ablandadores de agua	Crítico
Bomba de agua para ablandadores	Crítico
Intercambiador de calor de placas	Crítico
Bomba de agua caliente para caldero	Semi- crítico
Caldero	Crítico
Ventilador de tiro forzado	Crítico
Ventilador de tiro inducido	Crítico
Elevador de canjilones	Crítico
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	Semi- crítico

Fuente: Elaboración propia

Una vez ya seleccionados todos los equipos críticos, semi-críticos, se procede a anotar las funciones, fallas funcionales, modo de falla y efectos de las fallas de cada uno de los equipos en una hoja de trabajo AMEF. **(Ver anexo 02).**

A continuación, una vez completada ya la hoja de trabajo AMEF se aplica a cada modo de falla, el diagrama de decisión RCM **(Ver figura N° 04).**

Para finalizar, el resultado de aplicar el diagrama de decisión RCM se registra en la hoja de decisión RCM **(Ver anexo 03).**



### 3.2.2. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento está pensado para tener una mayor disponibilidad de los equipos, es decir intenta mejorar la confiabilidad de la instalación. Así mismo reducir las pérdidas económicas que se generan por las paradas de producción.

El plan de mantenimiento desarrollado a continuación, describe las actividades de mantenimiento a desarrollar, el periodo en la que se deben desarrollar estas actividades, el personal que va a desarrollar el trabajo, condición de la máquina, y el tiempo que se demora en realizar la actividad.

**-Para las actividades:** Se ha tomado en cuenta la hoja de decisión RCM, donde se describe las tareas que contrarrestan las fallas ocurridas en el análisis AMEF, además se ha tomado en cuenta las opiniones de los operarios y técnicos por lo que ellos están más relacionados con los equipos y saben sus fallas.

**-Para el periodo:** Para el periodo se ha calculado el Tiempo Medio entre Falla (MTTF), de los componentes para saber cuándo ocurriría la siguiente falla y así poder contrarrestar la falla antes que ocurra, además también se ha tomado en cuenta la experiencia tanto del técnico mecánico, electricista como del estudiante, para determinar cuándo o en qué periodo se va intervenir el equipo.

**- Personal responsable de la tarea:** Se ha tomado en cuenta la operación a realizar, es decir si la actividad demanda parte eléctrica el responsable será electricista, y si es parte mecánica el responsable será un técnico mecánico.

**- Para las horas de ejecución:** Se ha tomado en cuenta la experiencia del técnico mecánico por lo que él, monta y desmonta los equipos y sabe el tiempo que se tarda en hacer dicha operación.

### 3.2.3. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO

El cronograma de mantenimiento es una herramienta que permite realizar de una manera planificada y organizada las labores de revisión e intervención de la maquinaria, logrando así que las acciones de mantenimiento se den en los tiempos establecidos y oportunos, minimizando la presencia de daños en la maquinaria que afecten a la producción y que pudieran ser evitados si se realizaran las debidas prevenciones.

Se ha utilizado colores para diferenciar el periodo de las actividades, para que se pueda apreciar de mejor manera el momento en el que se deben realizar las tareas del plan de mantenimiento.

En las siguientes tablas se muestra el plan de mantenimiento y el cronograma del plan de mantenimiento de cada equipo, propuesto a la empresa Ersa Transporte y Servicios S.R.L.

Tabla N°60: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de melaza

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE MELAZA DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
Bomba de melaza	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas)	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h"	
	Limpieza de los dispositivos eléctricos ( Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisión y/o Cambiar de faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (13 X 8 mm)	Llave 24", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volverá a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmotar la faja y revisarla detalladamente
	Limpieza y barnizado del motor para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias ( llaves 12", 17", 24", palanca, martill)	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones para evitar cortocircuitos. Además se inspeccionará el cableado del motor en busca de cables rotos, pelados, etc. Cambiar si es necesario	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 Semanas	Electricista	Maquina parada	1h	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad	
Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento del motor	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	

(Continúa..)

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE MELAZA DE LA EMPRESA ERSÁ TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
Bomba de melaza	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Maquina parada	20''	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento del motor	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15''	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	
	Lubricar los rodamientos de motor	Lubricación	Trapo industrial, (grasa LGHP 2 )	Grasera manual	Mensual	Electricista	Maquina parada	15''	Limpia bien la base de la grasera para evitar que la grasa se contamine y deteriore al rodamiento	
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial			Diario	Operario	Maquina en movimiento	10''	
	Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14'',19'',10'', palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial			Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	15''	
Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial			Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15''		

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°62: Plan de mantenimiento RCM, para el diluidor

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL DILUIDOR DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>DILUIDOR</b>	Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que une ambas cañerías	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 17"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta la cañería.
	Limpiar e inspeccionar las tuberías en busca de grietas, desgaste, picaduras	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	30"	Se recomienda el pintado de las cañerías para evitar la corrosión y por ende la picadura de la cañería
	Limpieza e inspección de la válvula de agua en busca de fugas, desgaste	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	15"	Se recomienda abrir con cuidado la válvula, evitar no golpearlo para reducir el desgaste la válvula
	Revisión y/o Cambiar válvula de agua	Cambio	Válvula de bola inoxidable 316 de 2", cinta teflón	Llave stilson, llave francesa	10 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	1h	
	Limpieza e inspección de la válvula de melaza en busca de fugas, desgaste	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	15"	Se recomienda abrir con cuidado la válvula, evitar no golpearlo para reducir el desgaste la válvula
	Revisión y/o Cambiar válvula de melaza	Cambio	Válvula de bronce tipo compuerta de 3", cinta teflón	Llave stilson, llave francesa	10 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	1h	
Cambiar el sello de la válvula del melaza	Cambio	O ring, grasa	Llave stilson, llave francesa	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"		

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°64: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de recuperación de mosto

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE RECUPERACIÓN DE MOSTO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE RECUPERACIÓN DE MOSTO</b>	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14",19",10", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	
	Limpieza de la cañería de succión	Limpieza	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	20"	Cada vez que se termina el tanque de fermentación se debe limpiar la cañería succión con agua
	Limpieza del impulsor de la bomba	Limpieza	Trapo industrial	Llave 24"	7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	1h	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Limpieza de la bomba, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese a la bomba y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	La bomba siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura de la bomba con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Lubricar los rodamientos de la bomba	Lubricación	Trapo industrial, (Aceite mineral parafínicos )		3 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	Llenar con aceite hasta la marca indicada, no sobrepasar esto causaría recalentamiento
	Cambiar rodamientos de la bomba	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas)	Extractor de rodamientos	8 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h"	

(Continúa...)

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE RECUPERACIÓN DE MOSTO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE RECUPERACIÓN DE MOSTO</b>	Revisar alineamiento del motor y la bomba para que el acoplamiento de caucho no esté sometido a mucho esfuerzo	Revisión	Trapo industrial	Nivel	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Limpieza e inspección de los pulsadores	Limpieza	Limpia contacto	Pinza amperimétrica	7 Semanas	Electricista	Maquina parada	30"	
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá

Fuente: Elaboración propia







Tabla N°68: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua de alimentación y enfriamiento de los fermentadores

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE LOS FERMENTADORES DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE ALIMENTACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE LOS FERMENTADORES</b>	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20''	
	Revisar el aislamiento de las conexiones, cambiar si es necesario para evitar cortocircuitos	Revisión	Cinta aislante, guantes		7 Semanas	Electricista	Maquina parada	20''	
	Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medir	Trapo industrial, guantes	Pinza amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina parada	20''	
	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14'',19'',10'', palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10''	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15''	
	Revisar la alineación y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15''	
	Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que une ambas cañerías	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 17''	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30''	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta la cañería.
	Limpiar e inspeccionar las tuberías en busca de grietas, desgaste, picaduras	Limpiar	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	30''	Se recomienda el pintado de las cañerías para evitar la corrosión y por ende la picadura de la cañería
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30''	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
Limpeza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpeza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13'', aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	30''	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación	

(Continúa...)

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE LOS FERMENTADORES DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
<b>BOMBA DE ALIMENTACIÓN Y ENFRIAMIENTO DE LOS FERMENTADORES</b>	Limpieza de los dispositivos eléctricos ( Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	
	Limpieza de la bomba, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese a la bomba y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial			Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	La bomba siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura de la bomba con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Lubricar los rodamientos de la bomba y revisar la alienación	Lubricación	Trapo industrial, (Aceite mineral parafínicos )			3 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	Llenar con aceite hasta la marca indicada, no sobrepasar esto causaría recalentamiento
	Cambiar rodamientos de la bomba	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas)	Extractor de rodamientos		8 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h"	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°70: Plan de mantenimiento RCM, para el compresor de aire

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL COMPRESOR DE AIRE DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
COMPRESOR DE AIRE	Revisar y ajustar lo pernos del cárter	Revisar	Trapo industrial	Llave 14"	7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	No se debe ajustar demasiado ya que dañaría la empaquetadura
	Cambiar empaquetadura del cárter	Cambio	Trapo industrial, empaquetadura de corcho, silicona	Llave 14"	4 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	Se debe cambiar la empaquetadura cada dos mantenimientos o cada 4 meses
	Cambiar aceite de motor	Cambio	Aceite 15 w40, trapo industrial, bandeja	Calibrador de válvulas, llave 18", 12", destornillador	7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	2h	Cada vez que se cambia el aceite se debe calibrar el motor
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Limpieza de los dispositivos eléctricos ( Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Cambiar el automático	Cambio	Trapo industrial, automático (Interruptor de presión)	Destornillador	8 meses	Electricista	Maquina parada	30"	
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (13 X 8 mm)	Llave 24", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volverá a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmotar la faja y revisarla detalladamente	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°72: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de mosto

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE MOSTO DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE MOSTO</b>	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14",19",10", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	
	Revisar alineamiento del motor y la bomba para que el acoplamiento de caucho no esté sometido a mucho esfuerzo	Revisión	Trapo industrial	Nivel	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura del con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento y desgaste	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar y ajustar la alienación del motor para evitar vibraciones	Revisar	Trapo industrial	Nivel, llave 14", 24"	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
Revisar el aislamiento de las conexiones, cambiar si es necesario para evitar cortocircuitos	Revisión	Cinta aislante, guantes		7 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"		
Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medir	Trapo industrial, guantes	Pinza amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina parada	20"		

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°74: Plan de mantenimiento RCM, para el calentavino

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL CALENTAVINO DE LA EMPRESA ERSА TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
CALENTAVINO	Limpieza e inspección de las tuberías del calentavino en búsqueda de fugas, picaduras, desgaste	Inspección	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Pintado de las tuberías para evitar la corrosión y cause la picadura	Pintado	Pintura Duretano UI, trapo industrial	Compresor de aire	Anual	Pintor	Maquina parada	2d	
	Revisar y ajustar los pernos de la tapa superior e inferior	Revisar/ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Cambiar la empaquetadura de la tapa superior e inferior del calentavino	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 24" y llave francesa	8 Semanas	Técnico mecánico	Máquina parada	2h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta las tapas
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de la brida que une ambas cañerías para evitar fugas	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 17"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta la cañería.
	Limpieza de los tubos internos para eliminar el sarro o Encalichamiento	Limpieza		Llave 24" y llave francesa	7 Semanas	Técnico mecánico	Máquina parada	2d	Se usará unos ganchos adecuados para esa tarea y se limpiará cada uno de los tubos para eliminar el caliche.

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°76: Plan de mantenimiento RCM, para la columna mostera

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA COLUMNA MOSTERA DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
COLUMNA MOSTERA	Limpieza e inspección de la cañería de la columna mostera en búsqueda de fugas, picaduras, desgaste	Inspección	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Pintado de las cañerías para evitar la corrosión y cause la picadura	Pintado	Pintura Durepoxy ER-20, trapo industrial	Compresor de aire	Anual	Pintor	Maquina parada	2d	
	Cambiar la empaquetadura de las miras	Cambio	Empaquetadura Grafilit SF, silicona	Llave 24" y llave francesa	8 Semanas	Técnico mecánico	Máquina parada	2h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta las tapas
	Revisar y ajustar los pernos de las miras	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	30"	
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de las bridas que unen la válvula con la cañería	Cambio	Empaquetadura Grafilit SF, silicona	Llave 24" y llave francesa	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	1h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta la válvula
	Limpieza y mantenimiento de la válvula ( incluye desarmar la válvula ,cambiar empaquetadura interna y engrasar el gusano	Limpieza y mantenimiento	Grasa industrial, empaquetadura de asbesto grafitado, trapo industrial	Llave 24", llave stilson, llave francesa, llave 14"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	2d	
Revisar y ajustar los pernos de la válvula	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"		

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°78: Plan de mantenimiento RCM, para la columna rectificadora

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA COLUMNA RECTIFICADORA DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>COLUMNA RECTIFICADORA</b>	Limpieza e inspección de las cañerías de alcohol en búsqueda de fugas, picaduras, desgaste	Inspección	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Pintado de las cañerías para evitar la corrosión y cause la picadura	Pintado	Pintura Durepoxy ER-20, trapo industrial	Compresor de aire	Anual	Pintor	Maquina parada	2d	
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de la brida que une ambas cañerías para evitar fugas de alcohol	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 14"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de las bridas que unen la válvula con la cañería	Cambio	Empaquetadura Grafilit SF, silicona	Llave 24" y llave francesa	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	1h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta la válvula
	Limpieza y mantenimiento de la válvula ( incluye desarmar la válvula ,cambiar empaquetadura interna y engrasar el gusano	Limpieza y mantenimiento	Grasa industrial, empaquetadura de asbesto grafitado, trapo industrial	Llave 24", llave stilson, llave francesa, llave 14"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	2d	
	Revisar y ajustar los pernos de la válvula	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°80: Plan de mantenimiento RCM, para los condensadores

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LOS CONDENSADORES DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
CONDENSADORES	Revisar y ajustar los pernos de la tapa superior e inferior del condensador	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Cambiar la empaquetadura de la tapa superior e inferior del condensador	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 24" y llave francesa	8 Semanas	Técnico mecánico	Máquina parada	2h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta las tapas
	Limpieza e inspección de la cañería del condensador en búsqueda de fugas, picaduras, desgaste	Inspección	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Pintado de las cañerías para evitar la corrosión y cause la picadura	Pintado	Pintura Durepoxy ER-20, trapo industrial	Compresor de aire	Anual	Pintor	Maquina parada	2d	
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de la brida que une ambas cañerías para evitar fugas	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 17"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta la cañería
	Limpieza de los tubos internos para eliminar el sarro o Encalichamiento	Limpieza		Llave 24" y llave francesa	7 Semanas	Técnico mecánico	Máquina parada	2d	Se usará unos ganchos adecuados para esa tarea y se limpiará cada uno de los tubos para eliminar el caliche.

Fuente: Elaboración propia







Tabla N°84: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de vinaza

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE VINAZA DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
BOMBA DE VINAZA	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20''		
	Limpieza e inspección de los pulsadores	Limpieza	Limpia contacto	Pinza amperimétrica	7 Semanas	Electricista	Maquina parada	30''		
	Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá	
	Limpieza de la canastilla y cañería de succión	Limpieza	Trapo industrial	Llave 14''	7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	20''		
	Limpieza del impulsor de la bomba, para evitar desgaste y ruptura del impulsor	Limpieza	Trapo industrial	Llave 24'',19''	7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	1h		
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20''		
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial			Semanal	Electricista	Maquina parada	20''	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura del con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento y desgaste	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo		Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar y ajustar la alienación del motor para evitar vibraciones	Revisar	Trapo industrial	Nivel, llave 14'', 24''		Semanal	Electricista	Maquina parada	30''	
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos		8 meses	Electricista	Maquina parada	3h"	
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica		Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13'', aire comprimido		Semanal	Electricista	Maquina parada	30''	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
Limpieza de los dispositivos eléctricos ( interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,		7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente	
Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo		Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°86: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de fusel

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE FUSEL DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
<b>BOMBA DE FUSEL</b>	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"		
	Limpieza e inspección de los pulsadores	Limpieza	Limpia contacto	Pinza amperimétrica	7 Semanas	Electricista	Maquina parada	30"		
	Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá	
	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico tipo 1 sencillo de resorte	Herramientas varias ( laves 17",19", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas	
	Inspeccionar que la bomba trabaje con fusel nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"		
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"		
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"		
	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Electricista	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento y desgaste	Medición	Trapo industrial		Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar y ajustar la alineación del motor para evitar vibraciones	Revisar	Trapo industrial		Regla o soga, llave 24"	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	10 meses	Electricista	Maquina parada	3h"		
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (10 X 6 mm)	Llave 24", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volver a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba	
Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial		Regla o soga, llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"		
Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial			7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmontar la faja y revisarla detalladamente	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°88: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de alcohol

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE ALCOHOL DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE ALCOHOL</b>	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 17", 19", 14", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con alcohol nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (10 X 6 mm)	Llave 24", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volver a templar a las 72 horas porque la faja se deforma. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequead o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmontar la faja y revisarla detalladamente
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes		Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"
Limpieza e inspección de los pulsadores	Limpieza	Limpia contacto		Pinza amperimétrica	7 Semanas	Electricista	Maquina parada	30"	
Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medición	Trapo industrial, guantes, cinta aislante		Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°90: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua de los condensadores

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DE LOS CONDENSADORES DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE AGUA DE LOS CONDENSADORES</b>	Limpieza de la bomba, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese a la bomba y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura de la bomba con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Lubricar los rodamientos de la bomba	Lubricación	Trapo industrial, (Aceite mineral parafinicos )		3 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	Llenar con aceite hasta la marca indicada, no sobrepasar esto causaría recalentamiento
	Cambiar rodamientos de la bomba	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas)	Extractor de rodamientos	8 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h"	
	Ajustar los pernos de la base para evitar vibraciones.	Ajustar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	30 "	
	Revisión y/o Cambiar el acoplamiento de caucho	Cambio	Trapo industrial, acoplamiento de caucho flexible	Llave 14",12"	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	1h	
	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico tipo 1 sencillo de resorte	Herramientas varias ( laves 17",19", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente	
Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	P. termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	
Cambiar rodamiento del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo)	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h		

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°94: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del ablandador

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DEL ABLANDADOR DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE AGUA DEL ABLANDADOR</b>	Limpieza de la bomba, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese a la bomba y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura de la bomba con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Lubricar los rodamientos de la bomba, y revisar el alineamiento para evitar vibración	Lubricación	Trapo industrial, (Aceite mineral parafinicos )		3 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	Llenar con aceite hasta la marca indicada, no sobrepasar esto causaría recalentamiento
	Cambiar rodamientos de la bomba	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas)	Extractor de rodamientos	10 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h"	
	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14", 17",19", palanca, lija	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial		Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
Limpieza e inspección de los pulsadores	Limpieza	Limpia contacto	Pinza amperimétrica	7 Semanas	Electricista	Maquina parada	30"		
Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá	

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°98: Plan de mantenimiento RCM, para la bomba de agua del caldero

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DEL CALDERO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.										
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones	
<b>BOMBA DE AGUA DEL CALDERO</b>	Limpieza y barnizado del motor para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias ( llaves 12", 17", 24", palanca, martillo)	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h		
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones para evitar cortocircuitos. Además se inspeccionará el cableado del motor en busca de cables rotos, pelados, etc. Cambiar si es necesario	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante			7 Semanas	Electricista	Maquina parada	1h	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo para evitar recalentamiento	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo		Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica		Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	Cambiar	Trapo industrial, sello mecánico Sealco 900	Herramientas varias ( laves 14", 17",19", palanca, lija		6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	3h	- Antes de cambiar el sello lijar el eje por sí que tenga rebaba - Tener mucho cuidado de no dañar el antes de instalarlo esto causaría fugas
	Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba y desgastaría el sello	Inspección	Trapo industrial			Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Inspección	Trapo industrial			Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibraciones	Revisión	Trapo industrial			Semanal	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	
Limpieza de la bomba, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese a la bomba y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial			Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad	
Medir la temperatura de la bomba con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento	Medición	Trapo industrial		Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Técnico mecánico	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones	

(Continúa...)

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA LA BOMBA DE AGUA DEL CALDERO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>BOMBA DE AGUA DEL CALDERO</b>	Lubricar los rodamientos de la bomba	Lubricación	Trapo industrial, Aceite mineral parafinicos		3 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	Llenar con aceite hasta la marca indicada, no sobrepasar esto causaría recalentamiento
	Revisar y ajustar los pernos de la brida de las cañerías de agua para caldero	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 19" y llave francesa	7 Semanal	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Limpieza e inspección de las cañerías y bridas de la bomba de agua para caldero en búsqueda de fugas, picaduras, desgaste	Inspección	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Máquina en movimiento	20"	
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de la brida que une ambas cañerías para evitar fugas	Cambio	Empaquetadura de asbesto laminada de 2 mm de espesor, silicona	Llave 17"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	30"	La empaquetadura se debe cambiar cada vez se desmonta la cañería.
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	30"	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar rodamiento del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo)	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°100: Plan de mantenimiento RCM, para el caldero

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL CALDERO DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
CALDERO	Revisar las conexiones del regulador y volver a aislar para evitar cortocircuitos	Revisar	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Revisión y/o Cambiar regulador de agua	Cambio	Trapo industrial, regulador de agua		6 meses	Electricista	Maquina parada	1h	
	Revisar la entrada de agua al caldero	Revisar	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Regular la entrada de pajilla para evitar atoramiento	Regular	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Regular la entrada de aire caldero	Regular	Trapo industrial		Diario	Operario	Maquina en movimiento	10"	
	Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de las bridas que unen la válvula con la cañería	Cambio	Empaquetadura Grafilit SF, silicona	Llave 24" y llave francesa	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	1h	El cambio se debe hacer cada vez que se desmonta la válvula
	Limpieza y mantenimiento de la válvula ( incluye desarmar la válvula ,cambiar empaquetadura interna y engrasar el gusano	Limpieza y mantenimiento	Grasa industrial, empaquetadura de asbesto grafitado, trapo industrial	Llave 24", llave stilson, llave francesa, llave 14"	6 meses	Técnico mecánico	Máquina parada	2d	
Revisar y ajustar los pernos de la válvula	Revisar/ ajustar	Trapo industrial	Llave 24" y llave francesa	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"		

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°102: Plan de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro forzado

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL VENTILADOR DE TIRO FORZADO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>VENTILADOR DE TIRO FORZADO</b>	Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame, polvo o cualquier otra anomalía para evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Limpieza	Trapo industrial		7 Semanal	Electricista	Maquina parada	20"	El motor siempre debe estar en buenas condiciones y fuera de suciedad
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo para evitar el calentamiento y desgaste	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Revisar y ajustar la alienación del motor para evitar vibraciones	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 24"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (13 X 8 mm)	Llave 24", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volver a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 24"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequead o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmontar la faja y revisarla detalladamente
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	7 Semanal	Electricista	Maquina parada	1 h	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar desalienación del motor	Revisión	Trapo industrial	Llave 24"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°104: Plan de mantenimiento RCM, para el ventilador de tiro inducido

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO DE LA EMPRESA ERSY TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO</b>	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 28",30"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 28",30"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Revisar soporte del motor en busca de cualquier anomalía, vibración, etc.	Revisión	Trapo industrial		7 Semanal	Técnico mecánico	En movimiento	20"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar desalienación del motor	Revisión	Trapo industrial	Llave 28"	7 semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (22 X 14 mm)	Llave 28", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volverá a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 28"	7 Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
	Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmotar la faja y revisarla detalladamente

Fuente: Elaboración propia



Tabla N°106: Plan de mantenimiento RCM, para el elevador de canjilones

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL ELEVADOR DE CANJILONES DE LA EMPRESA ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
ELEVADOR DE CANJILONES	Medir el amperaje y la tensión para evitar que el cableado se recaliente y produzca cortocircuito	Medir	Trapo industrial, guantes	Pinza amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina parada	20"	
	Revisar el aislamiento de las conexiones, cambiar si es necesario para evitar cortocircuitos	Revisión	Cinta aislante, guantes		7 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos o pelados, cambiar si es necesario	Inspección	Trapo industrial, guantes	Multímetro	8 Semanas	Electricista	Maquina parada	20"	
	Limpieza y barnizado del motor para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias ( llaves 12", 17", 24", palanca, martill)	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Limpieza de la bornera del motor, y volver a aislar las conexiones para evitar cortocircuitos. Además se inspeccionará el cableado del motor en busca de cables rotos, pelados, etc. Cambiar si es necesario	Limpieza / inspección	Trapo industrial, cinta aislante		7 Semanas	Electricista	Maquina parada	1h	
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Limpieza y barnizado del motor para evitar un cortocircuito en la bobina	Barnizado	Trapo industrial, barniz	Herramientas varias ( llaves 12", 17", 24", palanca, martill)	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 13", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	1 h	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	8 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Inspeccionar el ingreso de pajilla al elevador para evitar atoramiento	Inspección	Trapo industrial		Diario	Operador	Maquina en movimiento	10"	

Fuente: Elaboración propia





Tabla N°108: Plan de mantenimiento RCM, para el motor reductor del tornillo sin fin

PLAN DE MANTENIMIENTO RCM, PARA EL MOTOR REDUCTOR DEL TORNILLO SIN FIN DE LA EMPRESA ERSА TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.									
Equipo	Actividad	Trabajo a Realizar	Materiales	Herramientas	Periodo	Personal	Condición de máquina	Tiempo Aproximado de Trabajo	Observaciones
<b>MOTOR REDUCTOR DEL TORNILLO SIN FIN</b>	Limpieza de la bocina de bronce para evitar contaminación que pueda desgastar la bocina	Limpieza	Trapo industrial		Diario	Técnico mecánico	Maquina parada	15"	
	Lubricar con grasa industrial la bocina de bronce	Lubricar	Grasa industrial, trapo industrial	Engrasadora manual	Mensual	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	
	Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar vibraciones y desgaste del bronce	Revisar	Trapo industrial	Llave 24"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	20"	
	Medir el amperaje ( Intensidad de corriente) del motor, para controlar que el motor no se sobre esfuerce, y cause recalentamiento	Medición	Trapo industrial , guates, cinta aislante	Pinza Amperimétrica	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	30"	Mientras mayor sea el esfuerzo que realiza el motor, mayor corriente consumirá
	Limpieza del motor, esto implica limpieza del ventilador muchas veces la falta de limpieza hace que el motor se recaliente	Limpieza	Trapo industrial , guates	Llave mixta 12", aire comprimido	Semanal	Electricista	Maquina parada	1 h	Dejar el motor descubierto para que tenga mayor ventilación
	Limpieza de los dispositivos eléctricos (Interruptores automáticos)	Limpieza	Limpia contacto, trapo industrial, guantes	Destornillador,	7 semanas	Electricista	Maquina parada	1 h	Cada vez que se hace limpieza, probar los interruptores para verificar que si activan correctamente
	Medir la temperatura del motor con una pistola termómetro infrarrojo	Medición	Trapo industrial	Pistola termómetro infrarrojo	Diario	Electricista	Maquina en movimiento	15"	Tener cuidado no acercarse mucho, puede sufrir atrapamiento o lesiones
	Cambiar rodamientos del motor	Cambio	Trapo industrial, rodamientos SKF ( rodamientos rígidos de bolas con escudo )	Extractor de rodamientos	10 meses	Electricista	Maquina parada	3h	
	Revisión y/o Cambiar faja del motor	Cambio	Fajas Dayco Gold Label V (10 X 6 mm)	Llave 28", regla	6 meses	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	- Una vez cambiado la faja se debe volverá a templar a las 72 horas porque la fajas seden. - Cada vez que se cambia la faja se debe medir la alineación de la bomba
	Revisar alineación del motor, ajustar si es necesario para evitar desgaste y ruptura de la faja	Revisar	Trapo industrial	Regla o soga, llave 28"	Semanal	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	
Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad o cualquier otro anomalía	Inspección	Trapo industrial		7 Semanas	Técnico mecánico	Maquina parada	30"	La inspección involucra desmotar la faja y revisarla detalladamente	

Fuente: Elaboración propia



### **3.2.4. POLÍTICAS Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA LA EMPRESA ERSÁ TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.**

Según Lic. Nancy Escalona 2014 y CICESE, una política de mantenimiento tiene como objetivo establecer claramente los lineamientos y principios que deben seguir todos los integrantes del departamento de mantenimiento. Por otra parte las políticas norman las operaciones que conforman los procedimientos administrativos para que estos se lleven a cabo de acuerdo a criterios establecidos, así como para facilitar el cumplimiento de las responsabilidades.

**Misión:** Mantener las instalaciones de la empresa Ersá en un buen estado de funcionamiento, para que los usuarios de las mismas puedan desempeñar sus labores sin contratiempos y en un clima de confort. También reducir al mínimo el deterioro y contribuir a la economía invertidos en la conservación de las instalaciones.

**Visión:** Formar un equipo de trabajo activo y eficiente, que esté capacitado para realizar labores de mantenimiento.

#### **1. Política y lineamientos del mantenimiento**

- El Ingeniero mecánico en comunicación con el jefe de producción son los responsables de llevar a cabo las acciones necesarias para proporcionar el mantenimiento preventivo de los equipos de la empresa Ersá.
- El ingeniero mecánico tiene bajo su responsabilidad la ejecución y/o supervisión de los programas de mantenimiento preventivo de todos los equipos de la empresa Ersá.
- El técnico mecánico y/o electricista deben revisar diariamente los niveles de aceite en las bombas, el engrase en las partes móviles, el cableado de todos los equipos y mantenerlo en óptimas condiciones.
- El operario debe reportar en forma inmediata al responsable del mantenimiento cuando detecte alguna falla o anomalía en el equipo.
- El mantenimiento preventivo entre algunos otros, comprende la revisión de las fajas, revisión de fugas, limpieza de los motores, alineación del motor, medición de amperaje, voltaje, medición de temperatura.
- El ingeniero mecánico junto al técnico mecánico deberán verificar en conjunto, la compra de piezas o accesorios tales como: Rodamientos, empaquetaduras, sello mecánico, fajas, válvulas, tuberías.
- En el caso de que una gran cantidad de equipos coincidan con la fecha de planificación el ingeniero mecánico lo programará en base a su capacidad de operación y no de acuerdo a la propuesta.

- El ingeniero mecánico documentará e informará por escrito en caso de que el equipo no deba ser movido y proporcionará en forma inmediata el mantenimiento requerido; si el operario lo mueve queda bajo su responsabilidad la sanción administrativa en la que incurra.
- Para dar atención a mantenimientos preventivos de las diferentes áreas, el taller mecánico dispone de un horario de lunes a sábado de 8 am a 6 pm.

## **2. Procedimiento del mantenimiento preventivo RCM.**


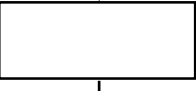
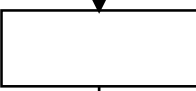
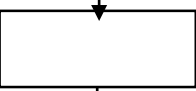
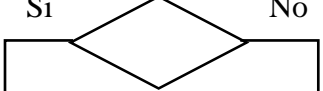

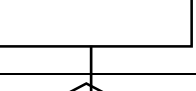
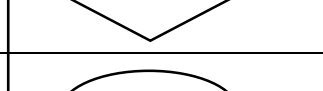
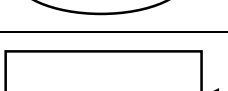
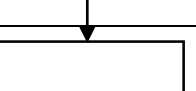
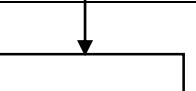
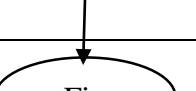

El punto de partida en este procedimiento se encuentra en el cronograma de mantenimiento, en el cual establece las frecuencias de inspección y planeación de actividades concretas en busca de mejorar la disponibilidad de los equipos, tratando de evitar fallas repentinas.

Los trabajos desarrollados como parte del cronograma de mantenimiento son planeados por el jefe de mantenimiento, quien se encarga de valorar el desempeño y condición de la maquinaria, con el fin de programar con anticipación la mano de obra y repuestos requeridos. A su vez el jefe mantenimiento junto con el supervisor de producción y personal involucrado planean la parada de los equipos de acuerdo a las condiciones productivas de la empresa.

Así mismo el personal de mantenimiento llevará a cabo el seguimiento del mantenimiento para cada máquina, a través de la documentación y registros involucrados para tener la hoja de vida del activo actualizada. (**Ver anexo 04:** formatos de ejecución para las actividades de mantenimiento)


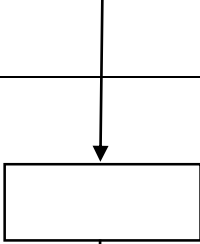
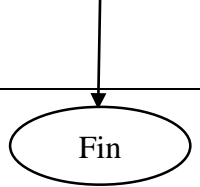
A continuación se muestra el diagrama de flujo, en el que se especifica cada una de las etapas durante el procedimiento del plan de mantenimiento, y las personas responsables de cada área

**Figura N°44: Diagrama de flujo del mantenimiento preventivo RCM.**

<b>Diagrama Flujo</b>	<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Responsable</b>
	Aplicación del cronograma de mantenimiento preventivo	Personal de mantenimiento
	Planeación de las actividades y asignación de recursos para el desarrollo del mantenimiento	Jefe de mantenimiento
	Se informará al personal operativo involucrado las fechas y actividades a desarrollar	Jefe de mantenimiento/ supervisor de producción
	Se inicia el mantenimiento preventivo supervisado por el jefe de mantenimiento	Personal de mantenimiento
	¿Se necesita un repuesto o suministro?	
	Se culmina el mantenimiento preventivo	Personal de mantenimiento
	El repuesto se solicita al área de almacén	Almacenero
	¿El repuesto se encuentra en almacén?	
	Se culmina el mantenimiento preventivo	Personal de mantenimiento
	El área de logística se encarga de buscar el repuesto en su ciudad o por cotizaciones	Jefe de mantenimiento , Almacén
	La gerencia administrativa aprueba este requerimiento	Gerencia administrativa
	Al efectuar la compra, el repuesto llega a la planta de producción y es entregado al personal de mantenimiento	Personal de mantenimiento, almacén
	Se culmina el mantenimiento preventivo	Personal de mantenimiento

(Continúa...)

(Continuación...)

<b>Diagrama Flujo</b>	<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Responsable</b>
	Terminado el mantenimiento, se verifican las actividades desarrolladas y el estado final del equipo	Personal de mantenimiento
	Se recopila toda información involucrada (orden de servicio, orden de compra, y la verificación del mantenimiento preventivo, con el objetivo de documentar la hoja de vida del equipo involucrado.	Personal de mantenimiento
	Disminución de las fallas repentinas de la maquinaria	

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.5. MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD

Para el cálculo de la producción se ha tomado como referencia, los 10 meses. En este caso para hallar la producción sería:

$$P = \text{Días laborables} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol /día}$$

$$P = 227 \text{ Días} \times 12\,000 \text{ Litros de alcohol /día}$$

$$P = 2\,724\,000 \text{ Litros de alcohol}$$

#### A. La nueva productividad en relación al recurso tiempo

En el objetivo anterior, en el punto 3.1.7 se puede definir el tiempo base para el cálculo de la productividad, el cual fue por mes y por tanto en un periodo de 10 meses, la nueva productividad con relación al tiempo sería de:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recurso tiempo}}$$

$$\text{Productividad} = \frac{2\,724\,000}{8}$$

$$\text{Productividad} = 340\,500 \text{ Litros de alcohol /mes}$$

Como se puede observar en el punto 3.1.7 del capítulo anterior, la productividad en relación al recurso tiempo es 316 500 litros de alcohol por mes, expresado en porcentaje la productividad está en un 87 %. Esta nueva productividad mejoró en un 7 % gracias al mantenimiento que se aplicó a las etapas de fermentación, destilación y generación de vapor. Si lo expresamos en valor monetario estaría ganando 43 200 soles al mes, y al año 518 400 soles.

#### La nueva disponibilidad operativa

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{\text{Horas operativas} - \text{Horas inoperativas}}{\text{Horas operativas}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = \frac{45 \times 24 - (30)}{45 \times 24} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad operativa} = 97\%$$

La disponibilidad de la planta mejoró de un 81% a 97%.



### **3.3. REALIZAR EL ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO DE LA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO.**

Ya habiendo propuesto el Plan de Mantenimiento, para la empresa Ersas Transportes y Servicios S.R.L. de tal manera que mejore la productividad, se procederá a realizar el análisis Costo- Beneficio de la propuesta. Para ello se debe determinar los costos de inversión para la implementación del proyecto, así como los costos de ejecución anual y los costos de materiales necesarios para el mantenimiento y se comparará con los costos incurridos bajo el sistema actual.

#### **3.3.1. COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO RCM.**

##### **A. Costos de inversión estimados para la implantación del plan de mantenimiento RCM.**

Se cuantificarán los costos de inversión que implican el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo RCM, para las máquinas de Ersas Transportes y Servicios S.R.L., en el cual se está proponiendo en este proyecto. Esto también involucra las actividades previas a su implementación, tales como la reorganización del taller, almacén de repuestos, etc.

- **Acondicionamiento del taller mantenimiento:** Para poder lograr un trabajo con menos tiempo perdido, sin peligros, y con un mejor ambiente laboral, es necesario acondicionar un espacio donde se pueda realizar las actividades de mantenimiento. Para ello se construirá un taller 10 x 5 m<sup>2</sup>, se comprará 3 anaqueles de metal (estantes), donde se puedan ubicar las herramientas y equipos en mantenimiento, además se comprará herramientas necesarias para el mantenimiento como multímetro, pirómetro, pinza amperimétrica y a cada técnico se le brindará un caja de herramientas, también se comprará una mesa de trabajo para las reparaciones, una computadora e impresora, un escritorio para la computadora y todo lo que se haga falta en un taller. Para esta remodelación se estima un costo de S/ 29 580. En la tabla N°110 se detalla los costos para acondicionar el taller.

**Tabla N°110: Equipos y herramientas para el área de mantenimiento**

<b>Equipos/ herramientas para el área de mantenimiento</b>	<b>Precio en S/</b>
Construcción del taller, se hará de ladrillo en un área de 10 x 5 m <sup>2</sup> con techo de calamina.	S/ 15 000
Compra de 3 estantes para el taller	S/ 1 200
Multímetro digital capacidad de frecuencia M890g	S/ 900
Pistola termómetro infrarrojo medidor de temperatura laser	S/ 1 500
Pinza Amperimétrica fluke 902	S/ 1 100
2 cajas de herramientas llaves básicas para los técnicos	S/ 2 400
Una mesa de metal para la reparación de equipos	S/ 2 000
Un torquímetro profesional 80- 250 FT/LB -Stanley	S/ 480
Una computadora de escritorio, marca DELL	S/ 2 700
Una impresora	S/ 800
Un escritorio todo equipado	S/ 1 500
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 29 580</b>

Fuente: Elaboración propia

**-Acondicionamiento del almacén:** El almacén carece de orden y organización, por lo que se comprará 4 anaqueles de 5 niveles cada uno, para así poder organizar los repuestos en orden, además se comprará unos suministros básicos como cable, soldadura, pernos, fajas, tubos, etc. para tener en stock. Se estima un costo de **S/ 5 000**.

**-Comunicación interna:** Se dará a conocer el plan de mantenimiento en todas las áreas de la empresa, lo que incluirá material y recurso humano empleado. El costo asumido será de **S/ 1500**.

**-Capacitación al personal:** Se capacitará al personal del nuevo plan de mantenimiento (información, procedimientos, etc.) se realizará por medio del desarrollador del proyecto y una capacitación contratada externa por una semana. Se asume un costo para la capacitación de **S/ 9 000** incluidos viáticos (alimentación, alojamiento y pasajes).

Así tenemos que los costos de la implantación del plan de mantenimiento RCM son **S/ 45 080**.

## B. Costo anual de la ejecución del plan de mantenimiento RCM.

**Tabla N°111: Costo anual de la ejecución del plan de mantenimiento RCM.**

<b>Rubros</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Archivador para registro de mantenimiento	7	Unidad	20	S/ 140,00
Materiales varios de oficina (lapiceros, borradores, cartucho para impresora etc.)				S/ 500
Papel bond para la impresión de formatos a ser utilizados ( formatos de ejecución)				S/ 450,00
Jefe de mantenimiento	S/ 2 000,00	Mes	12	S/ 24 000,00
Electricista	S/ 1 300,00	Mes	12	S/ 15 600,00
Técnico mecánico	S/ 1 300,00	Mes	12	S/ 15 600,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 56 290,00</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°111: Se muestra el costo anual de la ejecución del plan de mantenimiento RCM, los rubros que se incluyen son: Archivadores para el registro de mantenimiento, materiales de oficina, papel bond para las impresiones de los formatos, además se incluye el pago al personal que va a realizar el mantenimiento.

Así tenemos que el costo anual de ejecución del plan de mantenimiento RCM, es de **S/ 56 290,00**.

### C. Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento RCM.

**Tabla N° 112: Costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento RCM.**

<b>Materiales / repuestos</b>	<b>Precio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Subtotal</b>
Sello mecánico tipo 1 sencillo con resorte	S/ 45	Unidad	5	S/ 225
Sello mecánico sealco 900	S/ 90	Unidad	15	S/ 1 350
Rodamiento SKF (Rodamientos rígidos de bolas) 6204-2R SL	S/ 150	Unidad	13	S/ 1 950
Rodamiento SKF (Rodamientos rígidos de bolas con escudo) W 6004-2R S1	S/ 130	Unidad	15	S/ 1 950
Grasa industrial	S/ 5,27	Kg	38	S/ 200,26
Grasa LGHP2 para rodamientos	S/ 7,50	Kg	5	S/ 37,5
Faja Dayco Gold Label V 10 x 6 mm	S/ 25	Unidad	12	S/ 300
Faja Dayco Gold Label V 13 x 8 mm	S/ 35	Unidad	24	S/ 840
Faja Dayco Gold Label V 22 x 14 mm	S/ 50	Unidad	8	S/ 400
Acoplamiento de caucho	S/ 50	Unidad	12	S/ 600
Pernos				S/ 500
Válvula de bola inoxidable 316 de 2" pase de agua al diluidor	S/ 220	Unidad	1	S/ 220
Válvula de bronce tipo compuerta 3"	S/ 300	Unidad	5	S/ 1 500
Válvula de bronce de 1 1/2" para el ablandador	S/ 30	Unidad	8	S/ 240
Aceite motor 14w40	S/ 8,21	Galones	38	S/ 311,98
Aceite mineral parafinicos para rodamientos	S/ 9,23	Galones	38	S/ 350,74
Empaquetadura de asbesto laminado de 2 mm (para las bridas de las cañerías)	S/ 120	Lamina	4	S/ 480
Empaquetadura grafitit SF (para las miras de la columna y condensadores)	S/ 160	Lamina	8	S/ 1 280
Empaquetadura de asbesto grafitado (para las válvulas de vapor)	S/ 56	Kg	3	S/ 168
Empaquetadura de corcho ( para el motor del compresor)	S/ 10	Unidad	3	S/ 30
Interruptor de presión (automático para compresor)	S/ 120	Unidad	1	S/ 120
Cable industrial (rojo, verde, negro)	S/ 35	Rollo	12	S/ 420
Cinta aislante	S/ 3,65	unidad	100	S/ 365
Pulsadores	S/ 15	Unidad	15	S/ 225
Barniz	S/ 450	Galones	2	S/ 900
Interruptores diferenciales	S/ 70	unidad	5	S/ 350
Soldadura	S/ 11,80	Kg	50	S/ 590
Limpia contactos ( spray eléctrico)	S/ 19,90	Unidad	24	S/ 477,6
Trapo industrial	S/ 3,64	Kg	200	S/ 728
Guantes para los técnicos	S/ 5,50	Unidad	100	S/ 550
Stresh fish	S/ 12,71	Unidad	40	S/ 508,4
Lijas 80, 120, 600	S/ 2	Unidades	120	S/ 240
Silicona	S/ 9,20	Unidades	50	S/ 460
Cinta teflón	S/ 2	Unidad	100	S/ 200
Pintura durepoxy ER- 20	S/ 100	Galones	10	S/ 1 000
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 17 287,48</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 112. Se muestra el costo anual de los materiales necesarios para el plan de mantenimiento RCM. La cantidad se obtuvo del plan de mantenimiento descrito anteriormente.

Así tenemos que el costo anual de los materiales para el plan de mantenimiento RCM es de **S/ 17 287,48**.

El costo total, se calcula sumando el costo de la implantación del plan de mantenimiento, el costo de la ejecución y los costos de los materiales anuales.

$$\text{Costo total} = (45\,080 + 56\,290 + 17\,287,48)\text{nuevos soles}$$

$$\text{Costo total} = 118\,657,48 \text{ nuevos soles}$$

### 3.3.2. COSTOS INCURRIDOS BAJO EL SISTEMA ACTUAL.

A continuación se detallara las pérdidas económicas basándonos en el sistema actual por no aplicar un mantenimiento preventivo en las maquinas que conforman la línea de producción de alcohol en la empresa ERSA TRANSPORTES Y SERVICIOS S.R.L.

**Tabla N° 113: Estimación de pérdidas por equipos inoperativos.**

<b>Tipo de máquina</b>	<b>Tiempo para Reparar (horas)</b>	<b>Producción real por hora (litros)</b>	<b>Utilidad</b>	<b>Pérdidas en S/</b>
<b>Área de fermentación:</b>				
Bomba de melaza	16,5	500	S/ 0,80	S/ 6 600,00
Diluidor	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
Bomba de recuperación de mosto	11	500	S/ 0,80	S/ 4 400,00
Bomba de agua sumergible	3,83	500	S/ 0,80	S/ 1 532,00
Bomba de agua para alimentación	11,17	500	S/ 0,80	S/ 4 468,00
Compresor de aire	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
<b>Área de destilación:</b>				
Bomba de mosto	13,33	500	S/ 0,80	S/ 5 332,00
Calentavino	3,67	500	S/ 0,80	S/ 1 468,00
Columna mostera	6,33	500	S/ 0,80	S/ 2 532,00
Columna rectificadora	5,67	500	S/ 0,80	S/ 2 268,00
Condensadores	11,67	500	S/ 0,80	S/ 4 668,00
Enfriador de alcohol	1,67	500	S/ 0,80	S/ 668,00
Bomba de vinaza	10	500	S/ 0,80	S/ 4 000,00
Bomba de fusel	9	500	S/ 0,80	S/ 3 600,00
Bomba de alcohol	5,33	500	S/ 0,80	S/ 2 132,00
Bomba de agua para condensadores	10,17	500	S/ 0,80	S/ 4 068,00
<b>Área de generación de vapor:</b>				
Ablandadores de agua	4,5	500	S/ 0,80	S/ 1 800,00
Bomba de agua para ablandadores	7	500	S/ 0,80	S/ 2 800,00
Intercambiador de calor de placas	3,33	500	S/ 0,80	S/ 1 332,00
Bomba de agua caliente para caldero	10,5	500	S/ 0,80	S/ 4 200,00
Caldero	14	500	S/ 0,80	S/ 5 600,00
Ventilador de tiro forzado	5,33	500	S/ 0,80	S/ 2 132,00
Ventilador de tiro inducido	5,5	500	S/ 0,80	S/ 2 200,00
Elevador de canjilones	14,5	500	S/ 0,80	S/ 5 800,00
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	4	500	S/ 0,80	S/ 1 600,00
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 79 600,00</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersa Transportes y Servicios S.R.L.

**Tabla N° 114: Costos de repuestos y mano de obra del mantenimiento correctivo.**

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Motor-bomba melaza	Rotura de la faja del motor melaza	Cambio	4 fajas	S/ 35	S/ 70	S/ 210
	Se quemó motor de melaza	Se compró motor	1	S/ 1 690	S/ 240	S/ 3 620
	Desgaste excesivo de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Recalentamiento del motor	Revisión	2		S/ 45	S/ 90
Diluidor	Fugas de melaza por tubería de alimentación	Soldadura	1kg	S/ 15		S/ 15
	Cambio de válvula de melaza	Cambio	1	S/ 250	S/ 35	S/ 285
Bomba de recuperación de mosto	Fuga de mosto por sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	La bomba no succiona	Inspección	1		S/ 50	S/ 50
	Desgaste de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Motor de recuperación de mosto no arranca	Revisión/ diagnóstico	1		S/ 120	S/ 120
	Rotura de los pernos de acoplamiento	Cambiar pernos	4	S/ 2	S/ 30	S/ 38
Bomba de agua sumergible	Bomba de agua sumergible no enciende	Mantenimiento (cambio de rodamientos y barnizado)	1	S/ 450	S/ 150	S/ 550
	Bombea poca agua	Revisión	1		S/ 35	S/ 35

(Continúa...)

(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Bomba de agua para alimentación	Corte eléctrico de la bomba de alimentación	Revisión del motor	1		S/ 50	S/ 50
	Fugas de agua por cañería de alimentación	Soldadura	1	S/ 15		S/ 15
	Ruido excesivo en los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 50	S/ 350
	Fugas por el sello mecánico	Cambio se sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
Compresor de aire	Fugas de aceite del compresor	Cambio de empaquetadura	1	S/ 10	S/ 30	S/ 50
	Fallas en el automático	Cambio del automático	1	S/ 120	S/ 50	S/ 170
	Se rompió faja del motor	Cambio de faja	1	S/ 45		S/ 45
	Sonidos extraños en el motor	Revisión	1		S/ 60	S/ 180
Bomba de mosto	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	2	S/ 45	S/ 120	S/ 210
	Sonidos en los rodamientos de la bomba	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Corte eléctrico del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	Vibración de la bomba de mosto	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
Calentavino	Picadura de la tubería	Soldado	1	S/ 22		S/ 22
	Fugas de mosto por la brida	Cambo de empaquetadura	2	S/ 10		S/ 20
Columna de destilación	Fugas por el cuerpo de la columna	Cambiar empaquetadura	1	S/ 120		S/ 120
	Fugas de vapor por válvula	Mantenimiento a la válvula	1	S/ 350	S/ 120	S/ 470
Condensador	Picadura de la cañería	Cambio de tunería	1	S/ 180		S/ 180

(Continúa...)



(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Bomba de vinaza	El motor no enciende	Revisión	1		S/ 120	S/ 120
	La bomba no succiona	Revisión	1		S/ 60	S/ 60
	Fajas cuarteadas	Cambio de fajas	2	S/ 35	S/ 34	S/ 104
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	Desgastes de rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
Bomba de fusel	Motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80
	Fugas por el sello mecánico	Cambio de sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	Rotura de fajas	Cambio de faja	1	S/ 25	S/ 35	S/ 60
Bomba de alcohol	Rotura de fajas	Cambiar faja	1	S/ 25	S/ 35	S/ 60
	Corte eléctrico el motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80
Bomba de agua para condensadores	Vibración del motor fuera de lo normal	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Desalineación de la bomba	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
Bomba de agua para ablandadores	Desgaste de los rodamientos	Cambio de rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	La bomba tiene sonidos extraños	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Fugas por el sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 80	S/ 120	S/ 200
	El motor no enciende	Revisión	1		S/ 80	S/ 80

(Continúa...)

(Continuación...)

<b>Equipo</b>	<b>Falla</b>	<b>Tipo de operación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos de repuestos (S/)</b>	<b>Costo de mano de obra (S/)</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
Bomba de agua caliente para caldero	Se quemó el motor del caldero	Se compró motor	1	S/ 1 500	S/ 120	S/ 1 620
	Fugas por sello mecánico	Cambio del sello	1	S/ 45	S/ 120	S/ 165
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
	La bomba tiene sonidos extraños	Cambiar rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Fugas por la brida	Cambiar empaquetadura	2	S/ 10	S/ 35	S/ 55
Caldero	Fallas del regulador de entrada de agua	Cambiar regulador	1	S/ 657	S/ 90	S/ 747
Ventilador tiro forzado	Desgaste de rodamientos	Cambiar rodamientos	2	S/ 150	S/ 120	S/ 420
	Rotura del faja de motor	Cambio de faja	2	S/ 35	S/ 70	S/ 140
	Recalentamiento del motor	Revisión	1		S/ 50	S/ 50
Ventilador toro inducido	Vibración del motor por encima de lo normal	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	Desgaste de faja del motor	Cambiar faja	4	S/ 50	S/ 140	S/ 340
Elevador de canjilones	Cortocircuito del motor	Revisión	1		S/ 45	S/ 45
	El motor se quemó	Se compró motor	1	S/ 1 600	S/ 120	S/ 1 720
	Recalentamiento del motor	Revisión	2		S/ 100	S/ 100
<b>TOTAL</b>						<b>S/ 17 383</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L

**Tabla N° 115: Costos de mano de obra inoperativa.**

<b>Personal</b>	<b>Precio (S/)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tiempo Inoperativo</b>	<b>Subtotal (S/)</b>
01 Fermentador	S/ 4,20	Hora	199	S/ 835,8
01 Destilador	S/ 5,00	Hora	199	S/ 995
01 Calderista	S/ 4,20	Hora	199	S/ 835,8
01 Pajillero	S/ 3,33	Hora	199	S/ 662,67
01 Ayudante	S/ 3,33	Hora	199	S/ 662,67
<b>TOTAL</b>				<b>S/ 3 991,94</b>

Fuente: Elaboración propia, datos Ersá Transportes y Servicios S.R.L.

Para ver si el proyecto es viable nos fijaremos en el costo de aplicación de los planes de mantenimiento. En el caso del plan actual mantenimiento correctivo, el costo de aplicación asciende a **S/ 100 974,94** por otro lado la aplicación del nuevo plan de mantenimiento RCM sería **S/ 73 577,48**.

Como se puede observar, la aplicación del nuevo plan de mantenimiento RCM supondría un ahorro anual de **S/ 27 397,46**. El proyecto es viable.

### 3.3.3. CÁLCULO DEL VAN Y TIR.

**A. Valor actual neto (VAN):** Para el cálculo del VAN se ha tomado en cuenta la cantidad de años en la que un equipo se pueda depreciar, el cual es un periodo de 10 años, con una tasa del 12%, el flujo es el beneficio al año que se obtiene al aplicar el mantenimiento RCM, en este caso **S/ 27 397**.

$$VAN = \left[ \frac{P}{(1+i)^t} \right] - C$$

<b>P</b> = Flujo de caja (beneficio al año)	<b>t</b> = Tiempo que dura el proyecto
<b>i</b> = Tasa de descuento	<b>C</b> = Inversión inicial

**Tabla N° 116: Cálculo del VAN.**

Tasa de descuento 12%	0,12										
Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Hoy	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Flujo	-45 080	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397
Valor presente		24461,61	21840,72	19500,64	17411,29	15545,79	13880,17	12393,01	11065,19	9879,63	8821,10
VAN	<b>109 719,15</b>										

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N° 116 el VAN es mayor que uno, eso quiere decir que el proyecto es una buena inversión.

**B. Tasa interna de retorno (TIR):** Se ha calculado el TIR con la intención de saber en cuanto tiempo se va a recuperar la inversión.

**Tabla N° 117: Cálculo del TIR.**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-45 080	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397	27 397
	- 17 683	9 714	37 111	64 508	91 905	119 302	146 699	174 096	201 493	228 890

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla N° 117, la inversión se recupera en 1 año y 7 meses.

Con esto concluyo diciendo que mi proyecto es viable, y que voy a tener un ahorro de **S/ 27 397** al año, después que recupere mi inversión.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Se concluye que al implantar el plan de mantenimiento se logró mejorar la disponibilidad de los equipos en un 16% es decir que anteriormente se tenía una disponibilidad del 81% y ahora, con el nuevo plan de mantenimiento se logró obtener una disponibilidad del 97%.
- Con la propuesta de mantenimiento basado en RCM se logró aumentar la productividad en un 7% esto equivalente a 24 000 litros de alcohol por mes, dejando una utilidad de S/ 43 200 mensuales.
- En cuanto a costos y gastos, para la ejecución del mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM la empresa ahorra S/ 27 394.46 al año después que se recupere la inversión.
- Asimismo, el proyecto, tiene una inversión de S/ 45 080 y se recuperaría en un 1 año 7 meses, por lo que el proyecto es fiable.

## V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa aplicar el plan de mantenimiento ya que tendría un ahorro de 27 394.46 soles al año. Además se recomienda que la empresa se comprometa a seguir cada uno de los pasos para así poder mejorar su disponibilidad de sus equipos.
- Se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés en el proyecto, la complementación del área de mantenimiento con las diferentes áreas como logística producción, y si es posible hacer una gestión de mantenimiento etc., con el objetivo que haya una mejora continua del mismo.

Si se implantara el proyecto necesitaríamos:

- Formar un grupo de trabajo, constituidas por personas de distintas funciones dentro de la organización, para asegurar que todos los puntos de vista estén contemplados a la hora de hacer el estudio. Entre ellos tenemos el personal de operación (experto en manejo de sistemas y equipos), personal de mantenimiento (experto en mantenimiento y reparación de equipos), un ingeniero procesos (para que aporte una visión global del proceso), y un facilitador (experto en la metodología RCM.).
- La empresa debe realizar capacitaciones para el personal del área de mantenimiento para que a través de un mejor conocimiento puedan colaborar en la minimización de fallas en los quipos.
- La dirección de la empresa debe estar comprometida en comunicar a todo el personal, acerca de los beneficios futuros que ofrece la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para mejora la planta.
- La empresa debe mejorar el ambiente de trabajo de los equipos, asegurándose que estos trabajen en un ambiente con temperaturas adecuadas, humedad, sin exposición a daños, etc. Esto también aportará la conservación de los equipos.
- También se recomienda implementar un sistema de recolección de información, el cual sirve para inspeccionar el plan anualmente y realizar la mejora continua o retroalimentación en caso de ser necesario un ajuste, ya que no basta con quedarse con el análisis en sí, a medida que vayan sucediendo fallas no consideradas, éstas deben ser incluidas en el análisis junto con su tarea asociada. Además este sistema influirá positivamente sobre la toma de decisiones revisando que las frecuencias de ejecución sean convenientes para el plan de mantenimiento.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bloom N, 2006.” Reliability Centered Maintenance. Implementation made simple” McGraw- Hill Inc. New York.
- Duffuaa, Salih O y Raouf. 2009. “Sistemas de mantenimiento: Planeación y control”. México: Editorial Limusa.
- García Garrido, Santiago. 2003. “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento”. Madrid: Editorial Díaz Santos.
- Moubray, John.2004. “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”. Segunda edición. Madrid: Editorial ISBM.
- Parra Márquez, Carlos Alberto y Crespo Márquez, Adolfo. 2012. “Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos”. España: Editorial Ingeman.
- Verdugo Jara, Francisco. 2014.” Determinación de la criticidad de componentes de una máquina o proceso tras un análisis RCM. Artículo (consultado 20 de mayo, 2016).
- Woodhouse J, 1996.”Course of Reliability Centered Maintenance (RCM)”- Section two: Failure Modes and Effects Analysis. Engla
- Velasco Sánchez, Emilio 2016. “XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica” . España. Universidad miguel Hernández.
- García Garrido, Santiago. 2012. “Mantenimiento Programado en Centrales de Ciclo Combinado”. Madrid: Editorial Díaz Santos.
- Machiavelo, Victor 2013, “Introducción a los Análisis de Arboles de Falla”. Aticulo. (consultado en 05 julio del 2017).
- Realibilityweb 2016. “Indicadores de Confiabilidad Propulsores en la Gestión del Mantenimiento”. Revista. (Consultado el 5 de julio 2017)
- Vásquez Gervasi, Oscar 2012. “Ingeniería métodos”. Apuntes de estudio. Universidad Santo Toribio de Mogrvejo.
- Apablaza M, Francisco 2013. “Calidad de Redes de Telecomunicaciones EIE 419”. Universidad Católica de Valparaiso.
- Escalona, Nancy 2014. “Manual de políticas y procedimientos”. Gobierno municipal de san pedro garza.



# **ANEXOS**

**ANEXO 01: Registro de los  
equipos de la empresa Ersas  
transportes y Servicios  
S.R.L.**

<b>Equipos del área de fermentación</b>	Bomba de melaza
	Diluidor
	Bomba de recuperación de mosto
	Bomba de agua sumergible
	Bomba de agua para alimentación y enfriamiento
	Compresor de aire
<b>Equipos del área de destilación</b>	Bomba de mosto
	Calentavino
	Columna mostera
	Columna rectificadora
	Condensadores
	Enfriador de alcohol
	Bomba de vinaza
	Bomba de fusel
	Bomba de alcohol
	Bomba de agua para condensadores
<b>Equipos de área de generación de vapor</b>	Ablandadores de agua
	Bomba de agua para ablandadores
	Intercambiador de calor de placas
	Bomba de agua caliente para caldero
	Caldero
	Ventilador de tiro forzado
	Ventilador de tiro inducido
	Elevador de canjilones
Motor para el tornillo sin fin de ceniza	

**ANEXO 02: Hoja de  
trabajo AMEF aplicado a  
los equipos críticos y semi-  
críticos de la empresa Ersas  
transportes y Servicios  
S.R.L.**

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Bomba de melaza				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Bombear la melaza hacia un tanque que se encuentra ubicado a una altura de 30 metros	A	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	Cuando el motor se sobre esfuerza consume más electricidad por lo que se recalienta, esto provocaría el deterioro del aislamiento y hasta se puede quemar paralizando la producción.
				2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
				3	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma irregular provocando que se recaliente y que se paraliza la producción
		B	Desalineamiento del motor	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción
				2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción
		C	Se quemó motor de melaza	1	Cortocircuito en la bobina	El cortocircuito en la bobina hace que el motor se queme y deje de realizar su función, paralizando la producción
				2	Cortocircuito en la conexión	El cortocircuito en las conexiones por falta de aislamiento hace que el motor se queme y deje de realizar su función, paralizando la producción
				3	Sobrecalentamiento	Cuando se sobrecalienta se produce un cortocircuito provocando que se queme los cables, falla el barnizado y deja de funcionar, paralizando la producción
		D	Sonidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos , provocan un mal funcionamiento en el motor
				2	Sobre- calentamiento	El sobre-calentamiento hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Falta de lubricación	La falta de lubricación debilita al rodamiento y puede provocar rotura, desgaste
		E	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de melaza, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoquue fugas

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Diluidor				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Mezclar la melaza con el agua	A	1	Empaquetadura de la brida que une la cañerías desgastada	Al estar la empaquetadura en mal estado este provoca derrame de melaza hacia el medio ambiente, y hace que se paralicé la producción	
			2	Cañería picada	Tubería picada provoca derrame de melaza y paralización de la producción	
		B	1	Palanca desgastada	Por el mismo uso la palanca se desgasta, esto hace que no cierre completamente dejando pasar la melaza	
			2	Válvula oxidada	El óxido en la válvula hace que se dificulte el cierre de la válvula	
		C	Fuga de melaza por válvula de entrada	1	válvula en mal estado	La válvula al estar en mal estado provoca fugas, dificultando la producción, ya que la mezcla de agua con melaza no sería homogénea
				2	Desgaste de válvula	La mala operación hace que se desgaste la válvula y deje pasar la melaza, dificultando la producción
				3	Sello de la válvula desgastada	El desgaste el sello deja pasar la melaza provocando fugas y paralización de la producción

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Bomba de recuperación de mosto				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Recircular el mosto que queda en los tanques de fermentación, hacia un tanque de recepción	A	Fuga de mosto por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de mosto, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		B	La bomba no succiona	1	Obstrucción de la cañería de entrada	La obstrucción de la cañería provoca el mal bombeo y hasta el recalentamiento del motor
				2	Rotura de los alavés de la bomba	Rotura de los alavés provoca un mal funcionamiento en la bomba, ocasionando paradas de producción
				3	Falta alimentación eléctrica al motor	No llega corriente al motor por lo que no acciona la bomba, esto provoca la paralización de la producción
		C	Ruidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
	D	Vibración excesiva del eje de la bomba	1	Desalineamiento	La desalineación hace que el acoplamiento trabaje con más esfuerzo provocando así la rotura de los pernos	
			2	Rotura de pernos del acoplamiento	La ruptura de los pernos provoca vibración, y mal funcionamiento del motor	
	E	El motor no enciende	1	Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción	
			2	Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción	
			3	Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque	
			4	Motor quemado	Provoca que se paralicé la producción	

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Bomba de agua sumergible				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Suministrar agua para toda la planta especialmente para las operaciones del proceso	A	Bajo caudal de bombeo	1	Cañería de succión tapada	Al estar tapada la cañería de succión, hace que la bomba bombee poca agua, provocando un mal funcionamiento en la bomba
			2	Rotura de alavés	Provocara una reducción de caudal, y un mal funcionamiento de la bomba	
			3	Rotor desgastado	Provocara una reducción de caudal, y un mal funcionamiento de la bomba	
		B	El motor no enciende	1	Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción
				2	Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción
				3	Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque
	4			Motor quemado	Provoca que se paralicé la producción	



HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Bomba de agua para alimentación y enfriamiento de los fermentadores				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Bombear el agua para diluir la melaza y para enfriar los tanques de fermentación	A	Cortocircuito en la conexión del motor	1	Cableado en mal estado	Al estar el cable en mal estado este provoca cortocircuito dificultando que el motor arranque
				2	Falta de aislamiento	El falta de aislamiento provoca cortocircuito dificultando la producción
				3	Recalentamiento del cable	Al estar recalentando los cables este produce cortocircuito y hace que el motor deje de funcionar
		B	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de mosto, y la bomba deja de realizar función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		C	Fuga de agua por cañería de alimentación	1	Empaquetadura de la brida que une las cañerías en mal estado	Al estar la empaquetadura en mal estado este provoca derrame de agua hacia el medio ambiente, y paralización de producción
				2	Cañería picada	Tubería picada provoca derrame de agua y paralización de la producción
		D	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El exceso carga provoca que el motor se revolucione y se recaliente paralizando la producción.
				2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
				3	Sobretensión	La sobretensión hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción
		E	Ruidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Fermentación				
		EQUIPO: Compresor de aire				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Generar aire comprimido para el proceso de fermentación	A	1	Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provoca fugas	
			2	Empaquetadura deteriorada	La empaquetadura deteriorada provoca fugas de aceite y mal funcionamiento del motor	
			3	Tapón de vaciado flojo o junta deteriorada	Fuga de aceite a través del agujero del tapón, al no tener aceite el motor se recalienta	
		B	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor consuma más energía recalentando el motor, esto causa que se paralizando la producción.
				2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
				3	Desgaste en los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma irregular provocando que se recaliente y que se paraliza la producción
		C	El automático no acciona	1	No llega corriente eléctrica	Al no llegar corriente el automático no acciona esto puede provocar que el tanque explote
				2	Automático desgastado	El desgaste excesivo en el automático hace que este no accione correctamente
				3	Falso contacto	Al no haber contacto no pasa corriente y el automático no se acciona
		D	Desalineamiento del motor	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción
				2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Bomba de mosto				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Bombear el mosto fermentado hacia la columna mostera	A	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de mosto, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		B	Vibración por encima de lo normal	1	Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a vibrar y dañar las piezas
		C	Vibración excesiva del eje de la bomba	1	Desalineamiento del motor	La desalienación provoca desgaste en diferentes partes del motor, principalmente en acople ya que es el que soporta todo el esfuerzo
				2	Desgaste del acoplamiento de caucho	El desgaste del acoplamiento causa vibración en el eje de la bomba provocando un mal funcionamiento
		D	Ruidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
		E	Fugas de mosto por la bomba	1	Pernos de la bomba desajustados	Los pernos desajustados hacen que la bomba tenga fugas, y funcione de manera incorrecta.
		F	Cortocircuito en el motor	1	Cableado en mal estado	Al estar el cable en mal estado este provoca cortocircuito dificultando la producción
				2	Falta aislamiento	El falta de aislamiento provoca cortocircuito dificultando la producción
				3	Recalentamiento del cable	Al estar recalentando los cables este produce cortocircuito y hace que el motor deje de funcionar

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
HOJA DE TRABAJO AMEF		EQUIPO: Calentavino				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Calentar el vino para que pueda pasar a la columna mostera	A	Picadura de la tubería	1	Corrosión	La corrosión hace que la cañería se deteriore causando picadura
				2	Desgaste	Por el mismo uso las cañerías se desgastan, provocan picaduras esto dificulta en la producción
				3	Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento a las cañerías estas se deterioran
		B	Fugas de mosto por la empaquetadura	1	Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de mosto, y dificulta la producción
				2	Empaquetadura reseca	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralizando la producción

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
HOJA DE TRABAJO AMEF		EQUIPO: Columna mostera				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Realizar la separación de las impurezas no volátiles presentes en el vino y elevar los grados alcohólicos	A	Picadura de la cañería de mosto	1	Corrosión	La corrosión hace que la cañería se deteriore causando picadura
				2	Desgaste	Por el mismo uso las cañerías se desgastan, provocan picaduras esto dificulta en la producción
				3	Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento a las cañerías estas se deterioran
		B	Fugas de mosto por las miras de la columna	1	Empaquetadura deteriorada	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralizando la producción
				2	Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de mosto, y dificulta la producción
		C	Fugas de vapor por válvula de entrada	1	Empaquetadura desgastada	El desgaste de la empaquetadura, provoca fugas de vapor esto perjudica a la columna mostera por lo que no llega suficiente vapor para concentrar los gases alcohólicos
				2	Falta de mantenimiento	La falta de mantenimiento a la válvula provoca fugas
				3	Pernos mal ajustados	Al estar los pernos desajustados dejan pasar el vapor, por lo que dificulta la destilación

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Columna rectificadora				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Concentrar los gases alcohólicos que sale de la columna mostera a 96°GL	A	Fugas de alcohol por cañería	1	Cañería picada	La cañería picada provoca fugas de alcohol y por lo tanto paralización de la producción
				2	Cañería desgastada	El uso excesivo de la cañería provoca fugas
				3	Uniones de cañería en mal estado	Las uniones en mal estado provoca fugas de alcohol, y paralización de producción
		B	Fugas de vapor por válvula de entrada	1	Empaquetadura desgastada	El desgaste de la empaquetadura, provoca fugas de vapor esto perjudica a la columna rectificadora por lo que no llega suficiente vapor para concentrar los gases alcohólicos
				2	Falta de mantenimiento	La falta de mantenimiento a la válvula provoca fugas
				3	Pernos mal ajustados	Al estar los pernos desajustados dejan pasar el vapor, por lo que dificulta la destilación

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Condensador				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Condensar los gases alcohólicos que sale de la columna rectificadora, pasando de estado gaseoso a líquido	A	Fuga de agua por empaquetadura	1	Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de agua, y dificulta la producción
				2	Empaquetadura reseca	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralización de la producción
		B	Picadura de la cañería de entrada al condensador	1	Corrosión	La corrosión hace que la cañería se deteriore causando picadura
				2	Desgaste	Por el mismo uso las cañerías se desgastan, provocan picaduras esto dificulta en la producción
				3	Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento a las cañerías estas se deterioran
		B	Encalichamiento del condensador	1	Uso de aguas duras	El uso de guas duras provoca Encalichamiento en las tuberías causando obstrucción del paso del líquido, y no deja que el agua se enfríe
				2	Por no usar aditivos	El uso de guas duras provoca Encalichamiento en las tuberías causando obstrucción del paso del líquido, y no deja que el agua se enfríe

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación		
		EQUIPO: Enfriador de alcohol		
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA
1	Enfriar el alcohol proveniente de la columna rectificadora	A Fugas de alcohol por la brida de la cañería	1 Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de alcohol, y dificulta la producción
			2 Empaquetadura reseca	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralización de la producción
			3 Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento los acoples se deterioran provocando fugas

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación			
		EQUIPO: Bomba de vinaza			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA	
1	Bombear la vinaza de la poza hacia un camión	A	El motor no enciende	1 Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción
			2 Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción	
			3 Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque	
			4 Motor quemado	El motor no es capaz de ponerse en funcionamiento y provoca que se paralicé la producción	
		B	La bomba no succiona	1 Obstrucción de la cañería de entrada	La obstrucción de la cañería provoca el mal bombeo y hasta el recalentamiento del motor
				2 Falta alimentación eléctrica al motor	No llega corriente al motor por lo que no acciona la bomba, esto provoca la paralización de la producción
				3 Rotura de los alavés de la bomba	Rotura de los alavés provoca un mal funcionamiento en la bomba, ocasionando paradas de producción
		C	Ruidos extraños en el motor	1 Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2 Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3 Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
		D	Recalentamiento del motor	1 Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor se recaliente y provoque paralizar la producción.
				2 Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
3 Desgaste en los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción				

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Bomba de fusel				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Bombear el fusel que sale de la columna rectificadora hacia un tanque de almacenamiento	A	Motor no enciende	1	Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción
				2	Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción
				3	Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque
				4	Motor quemado	El motor no es capaz de ponerse en funcionamiento y provoca que se paralicé la producción
		B	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de fusel, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		C	Ruidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
		D	Desalineamiento del motor	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción
				2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción



HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Bomba de alcohol				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Bombear el alcohol hacia los tanques de almacenamiento	A	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de alcohol, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		B	Desalineamiento del motor	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción
				2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción
		C	Motor no enciende	1	Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción
				2	Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción
				3	Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque
				4	Motor quemado	El motor no es capaz de ponerse en funcionamiento y provoca que se paralicé la producción

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Destilación				
		EQUIPO: Bomba de agua para condensadores				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Bombear el agua fría de la poza de almacenamiento hacia los condensadores	A	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor	
			2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción	
			3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor	
		B	Vibración por encima de lo normal	1	Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a vibrar y dañar las piezas
				2	Acoplamiento desgastado	Al estar el acoplamiento desgastado este provoca vibración en el motor, y no es capaz de realizar su función
		C	Fugas de agua por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de agua, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		D	Desalineamiento de la bomba	1	Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a desalinearse, vibrar y dañar las piezas
	E	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que se recaliente paralizando la producción.	
			2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.	
			3	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción	

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Ablandadores de agua				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Eliminar la dureza del agua	A	1	Resina sucia	Cuando la resina está sucia no retiene las sales provocando que el agua no se ablande	
			2	Resina desgastada	Cuando la resina está sucia no retiene las sales provocando que el agua no se ablande	
			3	Concentración de sal incorrecto	Cuando la concentración de sal es la incorrecta el agua no se ablanda correctamente	
		B	Fugas de agua por la cañería	1	Cañería picada	Tubería picada provoca derrame de mosto y paralización de la producción
				2	Corrosión de la cañería	La corrosión debilita a los materiales provocando fugas
		C	Fugas por la válvula de pase	1	Desgaste de válvula	La mala operación hace que se desgaste la válvula y deje pasar el agua, dificultando la producción
				2	Sello de la válvula desgastada	El desgaste el sello provoca la fugas de agua y paralización de la producción
		D	La válvula no cierra	1	Desgaste de la manija	Al estar desgastado la manija la válvula no cierra, esto provoca el paso del agua, dificultando el ablandamiento
				2	Válvula oxidada	El óxido provoca que la válvula no cierre correctamente, dificultando el ablandamiento

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Bomba de agua para ablandadores				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA		
1	Recircular el agua por los ablandadores	A	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor	
			2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción	
			3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor	
		B	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de mosto, y la bomba deja de realizar función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		C	El motor no enciende	1	Falta alimentación eléctrica	Al no llegar corriente al motor provoca que el motor no encienda y dificulte la producción
				2	Cortocircuito	El cortocircuito hace que el motor no funcione correctamente dificultando la producción
				3	Pulsador en mal estado	Al estar el pulsador en mal estado no deja pasar la corriente dificultando el arranque
	4			Motor quemado	El motor no es capaz de ponerse en funcionamiento y provoca que se paralicé la producción	

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Intercambiador de calor de placas				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Calentar el agua blanda para ser utilizada en el caldero	A	Fugas por brida de la cañería	1 Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de agua, y dificulta la producción	
			2	Empaquetadura reseca	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralización de la producción	
			3	Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento los acoples se deterioran provocando fugas	
		B	Fugas por la cañería de salida	1	Picadura de la cañería	La picadura provoca fugas de líquido
				2	Corrosión de la cañería	La corrosión debilita a los materiales provocando fugas

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Bomba de agua caliente para caldero				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Impulsar el agua caliente del tanque de almacenamiento hacia el caldero	A	1	Cortocircuito en la conexión	Un cortocircuito en la conexión provoca que se queme el motor y paralice la producción	
			2	Recalentamiento	El exceso de carga provoca el recalentamiento del motor, por lo que el motor se quema y se paraliza la producción	
			3	Cortocircuito en la bobina	Un cortocircuito en la bobina provoca la quema del motor	
		B	Fugas por el sello mecánico	1	Desgaste del sello mecánico	Al estar en mal estado el sello mecánico provoca fugas de mosto, y la bomba deja de realizar su función
				2	Resequedad del sello	Cuando la bomba trabaja en vacío el sello se reseca y provoca la rotura del sello y derrame del líquido
				3	Vibración excesiva del eje de la bomba	La vibración provoca que el sello se deteriore y provoque fugas
		C	Ruidos extraños en el motor	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
				2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
				3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
		D	Fugas de agua por brida de la tubería	1	Pernos mal ajustados	Los pernos mal ajustados provocan fugas de agua, y dificulta la producción
				2	Empaquetadura reseca	Al no cambiar la empaquetadura esta se reseca provocando fugas, y paralización de la producción
				3	Falta de mantenimiento	Al no hacer mantenimiento los acoples se deterioran provocando fugas
		E	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor se recaliente provocando una paralización en la producción.
				2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
				3	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor			
		EQUIPO: Caldero			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA	
1	Generar vapor de agua a temperaturas y presiones elevadas para la planta de alcohol	A	El regulador de entrada de agua al caldero no se activa	1 Hay un cortocircuito	Un cortocircuito en la cables provoca que el regulador no active
			2 No llega corriente	Al no llegar corriente el regulador no se activa por lo tanto no deja pasar el agua provocando que se produzca menos vapor	
			3 Falso contacto	Al estar haciendo falso contacto no llega corriente y no activa el regulador	
		B	Baja presión de vapor	1 Entrada de agua insuficiente	No llega suficiente agua lo que provoca baja presión
				2 Tuberías del caldero rotas	La tuberías ratos hacen que se pierda presión
				3 Pérdidas de vapor por cañerías internas	Por cañerías desgastadas o rotas se pierde vapor
				4 Atoramiento de la entrada de pajilla	Provoca que el caldero no funcione correctamente y tenga por consecuencia una baja la presión
				5 Ingreso de aire insuficiente	El caldero no desarrolla, y provoca pérdida de vapor
		C	Fuga de vapor por válvula de salida	1 Empaquetadura desgastada	El desgaste de la empaquetadura, provoca fugas de vapor esto perjudica a las torres de destilación ya que no llega suficiente vapor para concentrar los gases alcohólicos
				2 Falta de mantenimiento	La falta de mantenimiento a la válvula provoca fugas
				3 Pernos mal ajustados	Al estar los pernos desajustados dejan pasar el vapor, por lo que dificulta la destilación

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor			
		EQUIPO: Ventilador de tiro forzado			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA	
1	Inyectar aire hacia el caldero	A	1	Desgaste de los rodamientos	Desgaste de los rodamientos, provoca un mal funcionamiento en el motor
			2	Falta de lubricación	La falta de lubricación hace que las vías del rodamiento se desgasten y causen sonidos, provocando la una parada de producción
			3	Motor desalineado	Al estar el motor desalineado este provoca vibración haciendo que se desgaste lo rodamientos provocando así un mal funcionamiento en el motor
		B	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción
			2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción
			3	Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a desalinearse, vibrar y dañar las piezas
	C	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor se recaliente provocando que se paralice la producción.
			2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
			3	Rodamientos desgastados	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción



HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor			
		EQUIPO: Ventilador de tiro inducido			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO FALLA	
1	Aspirar los gases de combustión y expulsarlo hacia la atmosfera	A	Ruidos en el ventilador	1 El motor no está alineada	La falta de alineación de las fajas provoca vibración y desgaste y ruido
				2 Uso excesivo	Por el uso excesivo las fajas se desgastan provocando el rompimiento y ruido
	B	Vibración por encima de lo normal	1 Falta alinear el motor	La falta de alineación de las fajas provoca vibración y desgaste	
			2 Soporte en mal estado	Al no estar sujetos correctamente el motor empieza a vibrar	
			3 Pernos que sujetan el motor están desgastados o rotos	Al no estar sujetos correctamente el motor empieza a vibrar	
	C	Desalineamiento del motor	1 Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción	
			2 Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción	
			3 Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a desalinearse, vibrar y dañar las piezas	

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Elevador de canjilones				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO FALLA		
1	Transportar la cascarilla de arroz hacia la tolva del caldero	A	Cortocircuito en motor	1	Sobre- calentamiento	El sobre calentamiento provoca que se produzca un cortocircuito dificultando el funcionamiento correcto del motor
				2	Falta de aislamiento	La falta de aislamiento provoca que el cable se recaliente y produzca un cortocircuito logrando así paralizar la operación
				3	Cable pelado	Cuando el cable esta pelado provoca un falso contacto lo que ocasiona el cortocircuito
		B	El motor se quemó	1	Cortocircuito en la conexión	Un cortocircuito en la conexión provoca que se quemé el motor y paralice la producción
				2	Recalentamiento	El exceso de carga provoca el recalentamiento del motor, por lo que el motor se quema y se paraliza la producción
				3	Cortocircuito en la bobina	Un cortocircuito en la bobina provoca la quema del motor
		C	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor se recaliente provocando la paralización de la producción.
				2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.
				3	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción
		D	Atoramiento del elevador de canjilones	1	Mala operación	Al dejar pasar la pajilla en grandes cantidades esto provoca que se atore, esto se debe al que el paso es muy angosto y dificulta el paso en grandes cantidades

HOJA DE TRABAJO AMEF		AREA: Generación de vapor				
		EQUIPO: Motor reductor del tornillo sin fin para ceniza				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFEECTO FALLA		
1	Conducir la ceniza que queda de la combustión hacia el exterior	A	Desgaste de la bocina de bronce	1	Falta de mantenimiento	La falta de mantenimiento hace que se desgaste del acople
				2	Falta Lubricación	La falta de lubricación provoca desgaste del acople
				3	Excesiva vibración	La excesiva vibración deteriora el acople de bronce
	B	Recalentamiento del motor	1	Sobre esfuerzo	El sobre esfuerzo hace que el motor se recaliente provocando la paralización de la producción.	
			2	Falta de ventilación	La falta de ventilación provoca que el motor se recaliente y deje de realizar su función paralizando así la producción.	
			3	Desgaste de los rodamientos	El desgaste de los rodamientos hace que el motor trabaje de forma brusca provocando que se recaliente y que se paraliza la producción	
	C	Desalineamiento del motor	1	Ruptura de faja	La ruptura de la faja provoca paralización de la producción	
			2	Desgaste de la faja	El desgaste de la faja provoca la rotura de la faja y parada de producción	
			3	Pernos de la base desajustados	Los pernos desajustados provoca que el motor empiece a desalinearse, vibrar y dañar las piezas	

**ANEXO 03: Hoja de  
decisión R.C.M. aplicado a  
los equipos críticos y semi-  
críticos de la empresa Ersas  
transportes y Servicios  
S.R.L.**

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Fermentación					
										EQUIPO: Bomba de melaza					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	N				S						Medir el amperaje del motor para verificar que motor no se esté sobre esforzando	Diario	Electricista
1	A	2	N				S						Limpieza del motor, esto implica desmontar el protector del ventilador y limpiar polvo	Semanal	Electricista
1	A	3	N						S				Cambiar los rodamientos del motor	8 meses	Electricista
1	B	1	S	N	N	S			S				Revisión y/o Cambiar la faja del motor	6 meses	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Revisar la alineación de la bomba, y ajustar los pernos de la base para evitar que se vuelva a desalinear	7 semanas	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente la faja en busca de desgaste, resequedad, o cualquier otra anomalía	7 semanas	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	S					Limpieza y Barnizado del motor para evitar que el barniz se deteriore y se queme	8 meses	Electricista
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza de la bornera del motor y volver aislar las conexiones para evitar cortocircuitos, además se debe inspeccionar y verificar el cableado del motor en busca de cables rotos, pelados, cambiar si es necesario	7 semanas	Electricista
1	C	3	S	N	N	S	S						Revisar la temperatura del motor, rodamientos con un pirómetro	Diario	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	S						Limpieza del motor, limpiar cualquier derrame para que los rodamientos no se contaminen	Semanal	Electricista
1	D	2	S	N	N	S	S						Revisar la temperatura del motor para así poder controlar el calentamiento	Diario	Electricista
1	D	3	S	N	N	S	S						Lubricar los rodamientos del motor	Mensual	Electricista
1	E	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío ya que se recalentaría y desgastaría al sello	Diario	Operador
1	E	2	S	N	N	S			S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico de la bomba	6 meses	Técnico mecánico
1	E	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente la bomba en búsqueda de fugas o goteo por el sello mecánico	Diario	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Fermentación								
							EQUIPO: Diluidor								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que une ambas cañerías	6 meses	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las tuberías en busca de grietas, desgaste y picaduras	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de la válvula de agua en búsqueda de desgaste, fuga	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar válvula de agua	10 meses	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de la válvula de melaza en busca de fugas y desgaste	Semanal	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar válvula de melaza	10 meses	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	N		S				Mantenimiento a la válvula melaza, implica desarmar, limpiar y cambiar el sello para evitar fugas	6 meses	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Fermentación								
							EQUIPO: Bomba de recuperación de mosto								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S			S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico de la bomba	6 meses	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar que la bomba trabaje con agua, nunca en vacío para evitar que el sello se desgaste	Diario	Operador
1	A	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la bomba para evitar vibración	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la cañería de succión	Diario	Operador
1	B	2	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección del impulsor de la bomba	7 semanas	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar el cableado del motor en busca de cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista
1	C	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la bomba para evitar que los rodamientos se contaminen	Semanal	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura de la bomba y rodamientos con un pirómetro para evitar recalentamiento	Diario	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	S						Lubricar los rodamientos de la bomba	3 meses	Técnico mecánico
1	D	1	S	N	N	N	S						Revisar alineamiento del motor-bomba	Semanal	Técnico mecánico
1	D	2	S	N	N	N	S						Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar vibraciones	Semanal	Técnico mecánico
1	E	1	S	N	N	N	S						Revisar el cableado del motor en busca de cualquier anomalía como cables pelados, rotos	8 semanas	Electricista
1	E	2	S	N	N	N	S						Revisar el cableado del motor en busca de cualquier anomalía como cables pelados, rotos	8 semanas	Electricista
1	E	3	S	N	N	N	S						Limpieza e inspección de los pulsadores	7 semanas	Electricista
1	E	4	S	N	N	N	S						Medir el amperaje del motor, medir la temperatura, limpieza e inspección de los conectores	Diario/ semanal	Electricista

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Fermentación						EQUIPO: Bomba de agua sumergible			Acción a falta de			Tarea Propuesta			Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)			A realizarse por		
							H1	H2	H3	S1	S2	S3															
F	FF	FM	H	S	E	O																					
1	A	1	S	N	N	S	S								Limpieza de la canastilla y tubo de succión	6 meses	Técnico mecánico										
1	A	2	S	N	N	S	S								Desarenar el pozo para evitar que la bomba succione impurezas	Anual	Especialista										
1	A	3	S	N	N	S	N	S							Mantenimiento a la bomba	Anual	Electricista										
1	B	1	S	N	N	S	S								Revisar el cableado del motor en busca de cualquier anomalía como cables pelados, rotos	8 semanas	Electricista										
1	B	2	S	N	N	S	S								Revisar el cableado del motor en busca de cualquier anomalía como cables pelados, rotos	8 semanas	Electricista										
1	B	3	S	N	N	S	S								Limpieza e inspección de los pulsadores	7 semanas	Electricista										
1	B	4	S	N	N	S	S								Medir el amperaje del motor, medir la temperatura, limpieza e inspección de los conectores, barnizar el motor	Diario	Electricista										

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Fermentación										
							EQUIPO: Bomba de agua para alimentación y enfriamiento de los fermentadores										
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por		
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4					
							O1	O2	O3								
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar los cables en busca de cables rotos, pelados o cualquier otra anomalía	8 semanas	Electricista		
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar el aislamiento de las conexiones, cambiar si es necesario para evitar cortocircuitos	7 semanas	Electricista		
1	A	3	S	N	N	S	S						Medir el volteje, amperaje que llega al motor, para evitar que el cableado se recaliente	Diario	Electricista		
1	B	1	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar sello mecánico de la bomba	6 meses	Técnico mecánico		
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente el sello mecánico en busca de fugas	Diario	Técnico mecánico		
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar el alineamiento de la bomba para evitar vibraciones	Semanal	Técnico mecánico		
1	C	1	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que une ambas cañerías	6 meses	Técnico mecánico		
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza a la cañería y pintado para evitar la corrosión	Semanal	Pintor		
1	D	1	S	N	N	S	S						Medir el amperaje para evitar que el motor se recaliente	Diario	Electricista		
1	D	2	S	N	N	S	S						Limpieza del motor para evitar recalentamiento	Semanal	Electricista		
1	D	3	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor para controlar así el recalentamiento	Diario	Electricista		
1	E	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la bomba para evitar que los rodamientos se contaminen	Semanal	Técnico mecánico		
1	E	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura de la bomba para controlar así el recalentamiento	Diario	Técnico mecánico		
1	E	3	S	N	N	S	S						Lubricar los rodamientos de la bomba para evitar desgaste	3 meses	Técnico mecánico		



HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Fermentación					
										EQUIPO: Compresor de aire					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Ajustar los pernos del Carter	7 semanas	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N		S				Cambiar empaquetadura del cárter	4 meses	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar el perno del tapón del cárter cada vez que se hace mantenimiento	7 semanas	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Medir el amperaje del motor para evitar que el motor se recaliente	Diario	Electricista
1	B	2	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección del motor	Semanal	Electricista
1	B	3	S	N	N	S	S						Limpieza de los contactores y llevas termo magnéticas	7 semanas	Electricista
1	C	1	S	N	N	S	S						Inspección del cableado en busca de cualquier anomalía recalentamiento, cables pelados, etc.	8 semanas	Electricista
1	C	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el automático	8 meses	Electricista
1	C	3	S	N	N	S	S						Inspección del cableado en busca de cualquier anomalía recalentamiento, cables pelados, etc.	8 semanas	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico
1	D	2	S	N	N	S	S						Revisar alineación el motor para evitar ruptura y desgaste la faja	7 semanas	Técnico mecánico
1	D	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente de la faja en busca de desgaste, cuarteadura o resequeidad	7 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Destilación						EQUIPO: Bomba de mosto				
							Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias							
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	de							
							O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	N		S				Revisión y/o Cambiar sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico		
1	A	2	S	N	N	N	S						Inspeccionar que la bomba trabaje con agua nunca en vacío, ya que se recalentaría la bomba desgastando el sello	Diario	Operario		
1	A	3	S	N	N	N	S						Inspeccionar visualmente la bomba y ajustar los pernos de la base para evitar vibración	Diario	Técnico mecánico		
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar la bomba y ajustar los pernos de la base para evitar vibración	Semanal	Técnico mecánico		
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisar el alineamiento de la bomba, para evitar que el acoplamiento no esté sometido a grandes esfuerzos	Semanal	Técnico mecánico		
1	C	2	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la base para evitar vibración	Semanal	Técnico mecánico		
1	D	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección del motor	Semanal	Electricista		
1	D	2	S	N	N	S	S						Medir el amperaje del motor para evitar recalentamiento	Diario	Electricista		
1	D	3	S	N	N	N	N		S				Cambiar rodamientos del motor	8 meses	Electricista		
1	E	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar la bomba y ajustar los pernos para evitar fugas	7 semanas	Técnico mecánico		
1	F	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar los cables en busca anomalías, cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista		
1	F	2	S	N	N	S	S						Revisar que las conexiones estén bien aislados	7 semanas	Electricista		
1	F	3	S	N	N	S	S						Medir el amperaje del motor para evitar recalentamiento	Diario	Electricista		

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Destilación					
										EQUIPO: Calentavino					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las tuberías del calentavino en busca de fugas, picadura, desgaste	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Pintado tuberías para evitar la corrosión	Anual	Pintor
1	B	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos del condensador tanto de la tapa posterior e inferior	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura	8 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Destilación					
										EQUIPO: Columna mostera					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Pintado de la tuberías de la columna mostera para evitar corrosión	Anual	Pintor
1	A	2	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las tuberías de la columna mostera en busca de fugas, picaduras, desgaste	Semanal	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Pintado de la tuberías de la columna mostera para evitar corrosión	Anual	Pintor
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar empaquetadura de las miras	8 semanas	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Revisar el ajuste de los pernos de las miras	Semanal	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de las bridas que unen la válvula con la cañería	6 meses	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza y mantenimiento válvula, incluye cambiar empaquetadura interna y engrase	6 meses	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la válvula	7 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Destilación								
							EQUIPO: Columna rectificadora								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las cañerías de alcohol en busca de fugas, picaduras desgaste	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Pintado de cañerías para evitar la corrosión	Anual	Pintor
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que unen ambas cañerías para evitar fugas de alcohol	6 meses	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar la empaquetadura de la brida que une la válvula con la cañería	6 meses	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Limpieza y mantenimiento de la válvula, incluye desarmar la válvula para cambiar empaquetadura y engrase	6 meses	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la válvula	7 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Destilación								
							EQUIPO: Condensador								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la tapa inferior e superior del condensador	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar empaquetadura de la tapa superior e inferior del condensador	8 semanas	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las cañerías del condensador en busca d fugas, desgaste, picadura	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Pintado de las cañerías para evitar corrosión	Anual	Pintor
1	C	1	S	N	N	S	S						Limpieza del condensador para evitar Encalichamiento	7 semanas	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza del condensador para evitar Encalichamiento	7 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Destilación					
										EQUIPO: Enfriador de alcohol					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de las cañerías y bridas del enfriador de alcohol en busca de fugas, picaduras	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que unen ambas cañerías para evitar fugas	6 meses	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Revisar las tuberías de entradas y salidas tanto de agua como alcohol en busca de fugas, picadoras, desgastes Pintado de la cañerías para evitar la corrosión	Diario/anual	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Destilación					
										EQUIPO: Bomba de vinaza					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos, pelados, conexiones en mal estado, etc.	8 semanas	Electricista
1	A	2	S	N	N	S	S						Limpieza de los contactores, pulsadores	7 semanas	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S						Medir el amperaje, medir la temperatura del motor	Diario	Electricista
1	B	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la canastilla y de la cañería de succión	7 semanas	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar los Cables del motor en busca de cualquier anomalía cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista
1	B	3	S	N	N	S	S						Limpieza del impulsor de la bomba para evitar desgaste y ruptura del impulsor	7 semanas	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	N	S						Limpieza e inspección del motor de cualquier contaminación ara evitar que ingrese al motor y contamine los rodamientos	Semanal	Electricista
1	C	2	S	N	N	N	S						Medir la temperatura de los rodamientos del motor	Diario	Electricista
1	C	3	S	N	N	N	S						Revisar y ajustar la alineación del motor para evitar vibración	Semanal	Electricista
1	D	1	S	N	N	N	S						Medir el amperaje del motor	Diario	Electricista
1	D	2	S	N	N	N	S						Limpieza e inspección del motor	Semanal	Electricista
1	D	3	S	N	N	N	S						Medir la temperatura del motor	Diario	Electricista

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Destilación						Acción a falta de	Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
							EQUIPO: Bomba de fusel									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
							O1	O2	O3							
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos, pelados, cambiar si es necesario	8 semanas	Electricista	
1	A	2	S	N	N	S	S									
1	A	3	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de los contactores, pulsadores	7 semanas	Electricista	
1	A	4	S	N	N	S	S						Medir el amperaje, tensión del motor para evitar que los cables se recalienten	Diario	Electricista	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente el sello mecánico en búsqueda de fugas	Diario	Técnico mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibración , alinear el motor	Semanal	Técnico mecánico	
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar los rodamientos del motor	10 meses	Electricista	
1	C	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor y rodamientos	Diario	Electricista	
1	C	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar la alienación del motor para evitar vibración	Semanal	Electricista	
1	D	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico	
1	D	2	S	N	N	S	S						Alinear el motor para evitar el desgaste de la faja	Semanal	Técnico mecánico	
1	D	3	S	N	N	S	S						Revisar e inspeccionar la faja del motor en busca de alguna anomalía	7 semanas	Técnico mecánico	

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Destilación												
										EQUIPO: Bomba de alcohol												
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por							
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3													
							O1	O2	O3	H4	H5	S4										
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico							
1	A	2	S	N	N	N	S						Inspeccionar visualmente el sello mecánico en búsqueda de fugas	Diario	Técnico mecánico							
1	A	3	S	N	N	N	S						Revisar la alineación de la bomba para evitar vibración que dañe al sello	Semanal	Técnico mecánico							
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico							
1	B	2	S	N	N	S	S						Alinear la bomba para evitar desgaste de la faja	Semanal	Técnico mecánico							
1	B	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente la faja en busca de anomalías	7 semanas	Técnico mecánico							
1	C	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista							
1	C	2	S	N	N	S	S															
1	C	3	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección de los contactores	7 semanas	Electricista							
1	C	4	S	N	N	S	S						Medir la temperatura, medir el amperaje	Diario	Electricista							

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Destilación						EQUIPO: Bomba de agua para condensadores					
							Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de	
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4						
							O1	O2	O3				N1	N2	N3			
1	A	1	S	N	N	S	S									Limpieza de la bomba para evitar contaminación de los rodamientos	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S									Medir la temperatura de la bomba y rodamientos, medir amperaje	Diario	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S									Lubricar rodamientos de la bomba	3 meses	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S									Ajustar los pernos de la base para evitar vibración, alinear el motor	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	N	N	S							Revisión y/o Cambiar el acoplamiento de caucho	6 meses	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S							Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S									Inspeccionar el sello mecánico en búsqueda de fugas	Diario	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	S									Ajustar los pernos de la base para evitar vibración, alinear el motor	Semanal	Técnico mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S									Ajustar los pernos de la base para evitar vibración, alinear el motor	Semanal	Técnico mecánico
1	E	1	S	N	N	S	S									Medir el amperaje del motor, medir la temperatura	Diario	Electricista
1	E	2	S	N	N	S	S									Limpieza del motor esto demanda desmontar el protector del ventilador y limpiar	Semanal	Electricista
1	E	3	S	N	N	S	N	N	S							Cambiar rodamientos del motor	8 meses	Electricista



HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Generación de vapor									
HOJA DE DECISIONES RCM										EQUIPO: Ablandadores de agua									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por				
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4							
							O1	O2	O3										
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar filtro de resina	Anual	Técnico mecánico				
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el agua blanda mediante un análisis de dureza	Diario	Ingeniero químico				
1	A	3	S	N	N	S	S						Limpeza e inspeccionar las cañerías en busca de fugas, desgaste	Semanal	Técnico mecánico				
1	B	1	S	N	N	N	S						Pintado de cañerías para evitar la corrosión	Anual	Pintor				
1	C	1	S	N	N	N	N	N	S				Revisión y/o Cambiar válvula de agua	10 meses	Técnico mecánico				
1	C	2	S	N	N	N	S						Limpeza e inspección de las válvulas	Semanal	Técnico mecánico				
1	D	1	S	N	N	N	N	N	S				Revisión y/o Cambiar válvula agua	10 meses	Técnico mecánico				
1	D	2	S	N	N	N	N	N	S										

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Generación de vapor									
HOJA DE DECISIONES RCM										EQUIPO: Bomba de agua para ablandadores									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por				
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4							
							O1	O2	O3										
1	A	1	S	N	N	S	S						Limpeza de la bomba para evitar que los contaminantes ingresen a la bomba y contaminen los rodamientos	Semanal	Técnico mecánico				
1	A	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura de la bomba y de los rodamientos para evitar calentamiento	Diario	Técnico mecánico				
1	A	3	S	N	N	S	S						Lubricar rodamientos de la bomba	3 meses	Técnico mecánico				
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico				
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el sello mecánico en busca de fugas	Diario	Técnico mecánico				
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la base de la bomba para evitar vibración	Semanal	Técnico mecánico				
1	C	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar y verificar el cableado del motor en búsqueda de cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista				
1	C	2	S	N	N	S	S												
1	C	3	S	N	N	S	S						Limpeza de los contactores	7 semanas	Electricista				
1	C	4	S	N	N	S	S						Medir amperaje, tensión para evitar calentamiento	Diario	Electricista				

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Generación de vapor								
HOJA DE DECISIONES RCM							EQUIPO: Intercambiador de calor de placas								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la brida de la cañería	7 meses	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar empaquetadura de la brida que une las cañerías	6 meses	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Limpieza e inscripción de las cañerías, bridas del intercambiador de calor en busca de fugas	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar las cañerías en búsqueda de fugas	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Pintado de las cañerías para evitar la corrosión	Anual	Pintor

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Generación de vapor								
HOJA DE DECISIONES RCM							EQUIPO: Bomba de agua caliente para caldero								
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor y de los rodamientos	Diario	Electricista
1	A	2	S	N	N	S	S						Limpieza e inspección del cableado en busca de cables pelados rotos	7 semanas	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S						Limpieza y barnizado del motor	8 meses	Electricista
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar el sello mecánico	6 meses	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente el sello mecánico en busca de fugas	Diario	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la base para reducir las vibraciones	Semanal	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	S						Limpieza de la bomba para evitar que la contaminación ingrese y contamine a los rodamientos	Semanal	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar y medir la temperatura de la bomba	Diario	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	S						Lubricar lo rodamientos de la bomba	3 meses	Técnico mecánico
1	D	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la brida	7 semanas	Técnico mecánico
1	D	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura que une las cañerías	6 meses	Técnico mecánico
1	D	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar visualmente las tuberías en busca de fugas, fisuras, o desgaste	Diario	Técnico mecánico
1	E	1	S	N	N	S	S						Medir el amperaje del motor	Diario	Electricista
1	E	2	S	N	N	S	S						Limpieza del motor, esto incluye desmontar el protector del ventilador y limpiar	Semanal	Electricista
1	E	3	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor y de los rodamientos	Diario	Electricista

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Generación de vapor									
							EQUIPO: Caldero									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar las conexiones del regulador y volverla a aislar para evitar cortocircuitos	8 semanas	Electricista	
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar y verificar el cableado del regulador en busca de anomalías	8 semanas	Electricista	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar el regulador	6 meses	Electricista	
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar la entrada del agua al caldero	Diario	Operario	
1	B	2	S	N	N	S	S									
1	B	3	S	N	N	S	S						Regular la entrada de pajilla a caldero para evitar atoramiento	Diario	Operario	
1	B	4	S	N	N	S	S						Inspeccionar y regular la entrada del aire al caldero	Diario	Operario	
1	B	5	S	N	N	S	S						Inspeccionar y regular la entrada del aire al caldero	Diario	Operario	
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar empaquetadura de la brida que une la cañería con al válvula	6 meses	Técnico mecánico	
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza y mantenimiento de la válvula	6 meses	Técnico mecánico	
1	C	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la válvula para evitar la fuga de vapor	7 semanas	Técnico mecánico	

HOJA DE DECISIONES RCM							ÁREA: Generación de vapor									
							EQUIPO: Ventilador de tiro forzado									
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
							N1	N2	N3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Limpieza del motor para evitar que la contaminación ingrese al motor y desgaste a los rodamientos	Semanal	Electricista	
1	A	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura, del motor para evitar que se recaliente	Diario	Electricista	
1	A	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar la alineación del motor para evitar vibraciones y desgaste de los rodamientos	Semanal	Electricista	
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico	
1	B	2	S	N	N	S	S						Revisar y alinear el motor para evitar desgaste de la faja	Semanal	Técnico mecánico	
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar e inspeccionar la faja en busca de desgaste	7 semanas	Técnico mecánico	
1	C	1	S	N	N	S	S						Medir el amperaje, medir la temperatura del motor para controlar el recalentamiento	Diario	Electricista	
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza del motor, incluye desmontar el protector del ventilador y limpiar	Semanal	Electricista	
1	C	3	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor y de los rodamientos	Diario	Electricista	
1	D	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos del motor para evitar desalineamiento	7 semanas	Electricista	

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Generación de vapor					
										EQUIPO: Ventilador de tiro inducido					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar la alineación del motor	Semanal	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Revisar alineación del motor para evitar vibración	Semanal	Técnico mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Revisar el soporte del motor en busca de animalias, vibración	Semanal	Técnico mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar los pernos de la base del motor para vibración	Semanal	Técnico mecánico
1	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	S	S						Revisar y ajustar la alineación del motor para evitar desgaste de la faja	Semanal	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar la faja en busca de desgaste	7 semanas	Técnico mecánico

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Generación de vapor					
										EQUIPO: Elevador de canjilones					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el motor: medir la temperatura, medir el amperaje	Diario	Electricista
1	A	2	S	N	N	S	S						Revisar el aislamiento de las conexiones, cambiar si es necesario para evitar cortocircuitos	7 semanas	Electricista
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspeccionar y revisar el cableado en busca de anomalías como cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista
1	B	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar y revisar el cableado en busca de anomalías como cables rotos, pelados	8 semanas	Electricista
1	B	2	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor, medir el amperaje	Diario	Electricista
1	B	3	S	N	N	S	S						Limpieza y barnizado del motor	8 meses	Electricista
1	C	1	S	N	N	S	S						Medir la temperatura del motor, medir el amperaje	Diario	Electricista
1	C	2	S	N	N	S	S						Limpieza del motor, esto incluye desmontar el protector del ventilador y limpiar	7 semanas	Electricista
1	C	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar rodamientos del motor	8 meses	Electricista
1	D	1	S	N	N	S	S						Inspeccionar el correcto ingreso de pajilla	Diario	Operario

HOJA DE DECISIONES RCM										ÁREA: Generación de vapor					
										EQUIPO: Motor reductor del tornillo sin fin para ceniza					
Referencias de Información			Evaluación de Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial (a=año, m=mes, s=semana, d=día)	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3						
							O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	N	S						Limpieza de la bocina bronce para evitar contaminación que pueda desgastar la bocina	Diario	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	N	S						Lubricar con grasa industrial la bocina de bronce	Mensual	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	N	S						Revisar y ajustar los pernos para evitar vibraciones y desgaste	Semanal	Técnico mecánico
1	B	1	S	N	N	N	S						Medir la temperatura del motor, medir el amperaje para poder controlar recalentamiento	Diario	Electricista
1	B	2	S	N	N	N	S						Limpieza e inspección del motor, incluye desmontar el protector del ventilador y limpiar	Semanal	Electricista
1	B	3	S	N	N	N	N	N	S				Cambiar rodamientos del motor	10 meses	Electricista
1	C	1	S	N	N	N	N	N	S				Revisión y/o Cambiar faja	6 meses	Técnico mecánico
1	C	2	S	N	N	N	S						Revisar y ajustarla alineación del motor	Semanal	Técnico mecánico
1	C	3	S	N	N	N	S						Inspeccionar visualmente el estado de la faja en busca de desgaste	7 semanas	Técnico mecánico

# **ANEXO 04: Formatos de ejecución para las actividades de mantenimiento.**











<b>HISTORIAL DE MANTENIMIENTO</b>															
<b>MÁQUINA O EQUIPO</b>	<b>N° Orden</b>	<b>Fecha</b>		<b>Tipo de Acción Preventiva</b>		<b>Descripción</b>	<b>Tipo de Fallo</b>					<b>Acción correctiva</b>	<b>Horas Hombre Utilizadas en Mantenimiento</b>		<b>Cantidad Horas Máquinas Parada</b>
		<b>Salida</b>	<b>Entrada</b>	<b>Revisión</b>	<b>Recambio</b>		<b>M</b>	<b>E</b>	<b>EI</b>	<b>H</b>	<b>S</b>		<b>Int.</b>	<b>Ext.</b>	
<b>Bomba de melaza</b>															
	<b>Totales</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Total de fallas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Total de horas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Diluidor</b>															
	<b>Totales</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Total de fallas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>Total de horas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Bomba de recuperación de mosto</b>															
<b>Referencias</b>															
<b>M</b>	Fallo Mecánico														
<b>E</b>	Fallo eléctrico														
<b>EI</b>	Fallo Electrónico														
<b>H</b>	Fallo Hidráulico														
<b>S</b>	Fallos Sistemas Auxiliares														
<b>Int.</b>	Interno														
<b>Ext.</b>	Externo														