



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
MECÁNICA ELÉCTRICA**

Programa de mantenimiento predictivo, confiabilidad y disponibilidad  
de equipos industriales en procesos rendering.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Lecca Venaute, Willy Alonso ([orcid.org/0000-0001-8178-0106](https://orcid.org/0000-0001-8178-0106) )

**ASESORES:**

Dr. Lujan Lopez, Jorge Eduardo (<https://orcid.org/0000-0003-1208-1242>)

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel ([orcid.org/0000-0002-8127-4040](https://orcid.org/0000-0002-8127-4040) )

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y planes de mantenimiento.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi Madre Virginia Venaute Lopez, agradecerle por todo su esfuerzo en formarme para ser un hombre de bien, una dedicatoria hasta el cielo para ella lamentablemente no alcanzo el tiempo para que pueda ver el fruto de su esfuerzo ser un profesional, a mi padre Manuel Lecca Flores por todas su enseñanzas y exigencias. También hacer mención a mi hermana Leyla Lecca Venaute por su apoyo incondicional, a mi esposa Carolina Llerena M. a mi hijo Fabrizio Lecca Ll. por ser el motivo de mi esfuerzo a toda mi familia por apoyarme de alguna manera para Carmen, Maria. A mi segunda familia Llerena Martinez por todas sus consideraciones y aprecios.

Solo me queda pedir Dios me de salud para devolver a cada uno lo que me dieron.

Gracias.

Lecca Venaute, Willy Alonso.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme vida y salud para seguir adelante. A mi familia, por inspirarme a seguir cada día y ensañarme a ser una persona de bien.

A mis asesores por compartir sus experiencias, conocimientos y guiarme para culminar mi tesis.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería mecánica eléctrica por brindarme su tiempo para formarme como ingeniero.

Mi agradecimiento a la Universidad César Vallejo por la oportunidad de alcanzar mi meta de ser un profesional.

## Índice

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>14</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>31</b>
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	31
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	32
3.2.1. Programa de mantenimiento predictivo.....	32
3.2.2. Indicadores de mantenimiento .....	32
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	32
3.3.1. Población total de equipos.....	32
3.3.2. Muestra .....	32
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.5. PROCEDIMIENTO.....	33
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	37
3.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	37
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS PROCESO RENDERING.....	38
4.1.1. Identificación de equipos en las líneas de producción .....	38
4.1.2. Equipos y componente críticos .....	41
4.2. CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD EN PROCESO RENDERING. ....	45

4.2.1.	Historial de mantenimiento 2021 .....	45
4.2.2.	MTBF 2021 .....	45
4.2.3.	MTTR 2021 .....	45
4.2.4.	Disponibilidad 2021 .....	45
4.2.5.	Confiabilidad 2021 .....	47
4.3.	IMPLEMENTACIÓN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN PROCESO RENDERING ...	51
4.3.1.	Aplicación de AMFE en equipos críticos de proceso Rendering .....	51
4.3.2.	Solución AMFE proceso Rendering .....	61
4.3.3.	Programa de mantenimiento predictivo para proceso Rendering .....	72
4.3.4.	Formatos de equipos para registro de mantenimiento .....	83
4.3.5.	Resultados de mediciones .....	95
4.3.6.	Implementación de indicador de gestión .....	98
4.3.7.	Pretest y post test de aceptación del programa .....	99
4.4.	CONFIABILIDAD POST IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMA PREDICTIVO .....	101
4.5.	COSTOS Y BENEFICIO ECONÓMICO .....	104
4.5.1.	Costo de implementación de programa predictivo .....	104
4.5.2.	Beneficio de implementación de programa predictivo .....	104
4.5.3.	Valor actual neto y TIR del proyecto de mantenimiento predictivo. .	105
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>107</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>110</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>112</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Técnica e instrumentos. ....	32
<b>Tabla 2.</b> Resumen de equipos en área de plumas. ....	39
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de los equipos en área de vísceras. ....	40
<b>Tabla 4.</b> Resumen de equipos en área de tableros. ....	40
<b>Tabla 5.</b> Resumen criticidad de equipos y componentes en área de plumas. ....	41
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de componentes críticos en área de plumas. ....	42
<b>Tabla 7.</b> Resumen criticidad de equipos y componentes en área de vísceras. ...	42
<b>Tabla 8.</b> Cantidad de componentes críticos en área de vísceras. ....	43
<b>Tabla 9.</b> Resumen criticidad de equipos y componentes en tableros. ....	43
<b>Tabla 10.</b> Resumen criticidad de equipos y componentes en tableros. (continuación) .....	44
<b>Tabla 11.</b> Cantidad de componentes críticos en tableros. ....	44
<b>Tabla 12.</b> Disponibilidad proceso plumas y sangre – 2021. ....	45
<b>Tabla 13.</b> Disponibilidad proceso vísceras – 2021. ....	45
<b>Tabla 14.</b> Disponibilidad tableros – 2021. ....	46
<b>Tabla 15.</b> Confiabilidad proceso plumas – 2021. ....	47
<b>Tabla 16.</b> Confiabilidad proceso vísceras – 2021. ....	48
<b>Tabla 17.</b> Confiabilidad tableros – 2021. ....	48
<b>Tabla 18.</b> Confiabilidad tableros – 2021. (continuación).....	49
<b>Tabla 19.</b> Resumen resultados disponibilidad confiabilidad y criticidad. ....	50
<b>Tabla 20.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad - Tolva 002. .....	51
<b>Tabla 21.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Trahel 043. .....	52
<b>Tabla 22.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001 y Ceprot 001. ....	53
<b>Tabla 23.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001 y Ceprot 001. ....	54
<b>Tabla 24.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Tolva 001 y Digest 002. ....	55
<b>Tabla 25.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC- 020, TABLFC-022 y TABLFC-024. ....	56

<b>Tabla 26.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-025, TABLFC-026 y TABLFC-027.....	57
<b>Tabla 27.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-031, TABLFC-032 y TABLFC-033.....	58
<b>Tabla 28.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-035 y TABLFC-036. ....	59
<b>Tabla 29.</b> AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-035 y TABLFC-036. ....	60
<b>Tabla 30.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad - Tolva 002 .....	61
<b>Tabla 31.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Trahel 043.....	62
<b>Tabla 32.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001.....	63
<b>Tabla 33.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Ceprot 001 y Molmar 010.....	64
<b>Tabla 34.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Quegas 001 y Ventil 025. ....	65
<b>Tabla 35.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Tolva 001 y Digest 002.....	66
<b>Tabla 36.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 020 Y TABLFC 024.....	66
<b>Tabla 37.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 025 Y TABLFC 026.....	68
<b>Tabla 38.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 027 Y TABLFC 031.....	69
<b>Tabla 39.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 033 Y TABLFC 035.....	70
<b>Tabla 40.</b> Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 036 Y TABLFC 045.....	71
<b>Tabla 41.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TOLVA 002 y TRAHHEL 043.....	72

<b>Tabla 42.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas DIGEST 001, CEPROT 001, MOLMAR 010 Y QUEGAS 001. ....	73
<b>Tabla 43.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas VENTIL 025, TOLVA 001 y DIGEST 002. ....	74
<b>Tabla 44.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas MOLMAR 009, TABLFC 020 y TABLFC 022.....	75
<b>Tabla 45.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 024 y TABLFC 025. ....	76
<b>Tabla 46.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 026 y TABLFC 027. ....	77
<b>Tabla 47.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 031 y TABLFC 032. ....	78
<b>Tabla 48.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 033 y TABLFC 035. ....	79
<b>Tabla 49.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 036 y TABLFC 043. ....	80
<b>Tabla 50.</b> Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 045. ....	81
<b>Tabla 63.</b> Formato ficha técnica – TRAHHEL 051. ....	84
<b>Tabla 64.</b> Formato programa individual predictivo – TRAHHEL 051. (1-2) .....	85
<b>Tabla 65.</b> Formato programa individual predictivo – TRAHHEL 051. (2-2) .....	86
<b>Tabla 66.</b> Formato ficha técnica – DIGEST-001.....	87
<b>Tabla 67.</b> Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (1-3) .....	88
<b>Tabla 68.</b> Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (2-3) .....	89
<b>Tabla 57.</b> Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (3-3) .....	90
<b>Tabla 58.</b> Formato inspección termográfica propuesta e implementada. ....	91
<b>Tabla 59.</b> Formato inspección termográfica propuesta e implementada. ....	92
<b>Tabla 59.</b> Formato inspección visual para digestor. ....	93
<b>Tabla 59.</b> Formato inspección visual para ventilador. ....	94
<b>Tabla 70.</b> Pre test de la implementación del programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia).....	99
<b>Tabla 71.</b> Post test de la implementación del programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia).....	100



<b>Tabla 72.</b> Contrastación del pretest y postest. (Elaboración propia) .....	101
<b>Tabla 73.</b> Confiabilidad en línea de plumas y vísceras luego de implementación de programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia).....	102
<b>Tabla 74.</b> Confiabilidad en tableros luego de implementación de programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia).....	103
<b>Tabla 75.</b> Egresos asociados a la implementación del programa de mantenimiento. (Elaboración propia).....	104
<b>Tabla 76.</b> Ingresos asociados a la implementación del programa de mantenimiento. (Elaboración propia).....	105
<b>Tabla 77.</b> Flujo de caja proyectado a 10 años. (Elaboración propia).....	105
<b>Tabla 78.</b> VAN y TIR proyectado a 10 años. (Elaboración propia) .....	106
<b>Tabla 79.</b> Aspectos y puntuación para cálculo de la consecuencia.....	121
<b>Tabla 80.</b> Puntuación frecuencia de falla equipos mecánicos. ....	121
<b>Tabla 81.</b> Puntuación frecuencia de falla equipos eléctricos. ....	121
<b>Tabla 82.</b> Resultados criticidad TOLVAA 002. ....	122
<b>Tabla 83.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 043. ....	122
<b>Tabla 84.</b> Resultados criticidad DIGEST 001.....	122
<b>Tabla 85.</b> Resultados criticidad TOLVAA 004. ....	122
<b>Tabla 86.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 049. ....	123
<b>Tabla 87.</b> Resultados criticidad SECHAR 001. ....	123
<b>Tabla 88.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 045. ....	123
<b>Tabla 89.</b> Resultados criticidad CEPROT 001 .....	123
<b>Tabla 90.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 050. ....	124
<b>Tabla 91.</b> Resultados criticidad MOLMAR 010.....	124
<b>Tabla 92.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 053. ....	124
<b>Tabla 93.</b> Resultados criticidad MEZCLA 008.....	124
<b>Tabla 94.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 051. ....	125
<b>Tabla 95.</b> Resultados criticidad ENSAC 001.....	125
<b>Tabla 96.</b> Resultados criticidad QUEGAS 001. ....	125
<b>Tabla 97.</b> Resultados criticidad VENTIL 032.....	125
<b>Tabla 98.</b> Resultados criticidad VENTIL 032.....	126
<b>Tabla 99.</b> Resultados criticidad TOLVAA 001. ....	126
<b>Tabla 100.</b> Resultados criticidad TRAHHEL 044. ....	126

<b>Tabla 101.</b>	Resultados criticidad DIGEST 002. ....	126
<b>Tabla 102.</b>	Resultados criticidad TOLVAA 003. ....	127
<b>Tabla 103.</b>	Resultados criticidad TRAHHEL 046. ....	127
<b>Tabla 104.</b>	Resultados criticidad PREHAR 001. ....	127
<b>Tabla 105.</b>	Resultados criticidad TRAHHEL 047. ....	127
<b>Tabla 106.</b>	Resultados criticidad MOLMAR 009. ....	128
<b>Tabla 107.</b>	Resultados criticidad MEZCLA 008. ....	128
<b>Tabla 108.</b>	Resultados criticidad TRAHHEL 052. ....	128
<b>Tabla 109.</b>	Resultados criticidad ENSAC 001. ....	128
<b>Tabla 110.</b>	Resultados criticidad VENTIL 026. ....	129
<b>Tabla 111.</b>	Resultados criticidad TABFLU-045. ....	129
<b>Tabla 112.</b>	Resultados criticidad TABLFC-019. ....	129
<b>Tabla 113.</b>	Resultados criticidad TABLFC-021. ....	129
<b>Tabla 114.</b>	Resultados criticidad TABLFC-041. ....	130
<b>Tabla 115.</b>	Resultados criticidad TABLFC-020. ....	130
<b>Tabla 116.</b>	Resultados criticidad TABLFC-042. ....	130
<b>Tabla 117.</b>	Resultados criticidad TABLFC-022. ....	130
<b>Tabla 118.</b>	Resultados criticidad TABLFC-023. ....	131
<b>Tabla 119.</b>	Resultados criticidad TABLFC-024. ....	131
<b>Tabla 120.</b>	Resultados criticidad TABLFC-025. ....	131
<b>Tabla 121.</b>	Resultados criticidad TABLFC-026. ....	131
<b>Tabla 122.</b>	Resultados criticidad TABLFC-027. ....	132
<b>Tabla 123.</b>	Resultados criticidad TABLFC-028. ....	132
<b>Tabla 124.</b>	Resultados criticidad TABLFC-029. ....	132
<b>Tabla 125.</b>	Resultados criticidad TABLFC-030. ....	132
<b>Tabla 126.</b>	Resultados criticidad TABLFC-031. ....	133
<b>Tabla 127.</b>	Resultados criticidad TABLFC-032. ....	133
<b>Tabla 128.</b>	Resultados criticidad TABLFC-033. ....	133
<b>Tabla 129.</b>	Resultados criticidad TABLFC-034. ....	133
<b>Tabla 130.</b>	Resultados criticidad TABLFC-035. ....	134
<b>Tabla 131.</b>	Resultados criticidad TABLFC-036. ....	134
<b>Tabla 132.</b>	Resultados criticidad TABLFC-043. ....	134
<b>Tabla 133.</b>	Resultados criticidad TABLFC-044. ....	134

<b>Tabla 134.</b>	Resultados criticidad TABLFC-046. ....	135
<b>Tabla 135.</b>	Resultados criticidad TABLFC-037. ....	135
<b>Tabla 136.</b>	Resultados criticidad TABLFC-045. ....	135
<b>Tabla 137.</b>	Resultados criticidad TABLFC-046. ....	135
<b>Tabla 138.</b>	Historial de mantenimiento 2021 – Plumas. ....	136
<b>Tabla 139.</b>	Historial de mantenimiento 2021 – Vísceras. ....	137
<b>Tabla 140.</b>	Historial de mantenimiento 2021 – tableros. ....	137
<b>Tabla 141.</b>	Historial de mantenimiento 2021 – tableros. (Cont. Tabla 57) .....	138
<b>Tabla 142.</b>	MTBF y MTTR proceso plumas– 2021.....	139
<b>Tabla 143.</b>	MTBF y MTTR proceso vísceras – 2021.....	139
<b>Tabla 144.</b>	MTBF y MTTR en tableros – 2021. ....	140

## Índice de figuras

Figura 1. Diciplinas, estrategias e indicadores de mantenimiento. (Fuente propia)	24
Figura 2. Diagnóstico del mantenimiento. (Fuente propia)	27
Figura 3. Aplicabilidad de los instrumentos específicos. (Mora Gutiérrez, 2016)	30
Figura 4. Diseño de investigación preexperimental con pretest y postest.	31
Figura 5. Procedimiento análisis de criticidad equipos dinámicos y eléctricos. Fuente propia.	33
Figura 6. Procedimiento para la evaluación de la situación actual del mantenimiento. Fuente propia.	35
Figura 7. Procedimiento para determinar la carga y el modelo del mantenimiento programado. Fuente adaptado (García Garrido, 2006)	36
Figura 8. Líneas de procesamiento en proceso Rendering Chimú.	38
Figura 9. Línea de plumas.	38
Figura 10. Línea de vísceras.	39
Figura 11 Horas hombre requeridas como mínimo por mes.	82
Figura 12 Uso de técnicas predictivas en el programde mantenimiento.	83
Figura 13. Horas hombre requeridas como mínimo por mes y especialidad para ejecutar actividades predictivas en línea de vísceras.	95
Figura 14. Uso de técnicas predictivas en el programa de mantenimiento en proceso Rendering.	95
Figura 15. Pico de energía – Digest 001.	95
Figura 16. ISO – Digest 001.	95
Figura 17. Velocidad horizontal – Digest 001.	95
Figura 18. Lectura de temperatura – Digest 001.	96
Figura 19. Pico de energía – Digest 001.	96
Figura 20. Velocidad horizontal – Digest 001.	96
Figura 21. Lectura de temperatura – Digest 001.	97
Figura 22. TIR programa de mantenimiento predictivo proceso Rendering.	106
Figura 23. Matriz de criticidad.	119
Figura 24. Matriz de riesgo.	119

## **Resumen**

En el presente trabajo de investigación se implementó un programa de mantenimiento predictivo para aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos industriales en proceso rendering; lo cual se logró mediante la aplicación de técnicas predictivas a equipos críticos con baja confiabilidad.

El estudio inició con la síntesis de la problemática en el proceso Rendering con respecto a las paradas inesperadas; se determinaron los objetivos específicos y la importancia del proyecto. En el capítulo 2 se abordaron los conceptos y definiciones respecto al mantenimiento predictivo. El tercer capítulo fue fundamental para identificar las variables y plantear el procedimiento de trabajo en esta tesis. En el capítulo 4 se muestran los resultados en 5 partes, en la primera se realizó el análisis de criticidad a los equipos de los procesos de plumas, vísceras y tableros. Luego se muestran los resultados de los indicadores MTBF, MTTR, disponibilidad y confiabilidad previos a la implementación del programa. En la tercera parte del capítulo 4, se presenta la implementación del programa de mantenimiento en los equipos críticos con baja confiabilidad y las técnicas predictivas se propusieron en función de los resultados del AMFE. Se muestran los resultados de las mediciones y los formatos implementados. Se muestran los resultados del pretest y el postest. En la parte 4 de este capítulo se calculó la confiabilidad y para terminar este apartado se evaluó el beneficio económico de la implementación del programa predictivo en proceso rendering.

En los capítulos finales se discuten los resultados obtenidos, analizando la metodología implementada y comparando los resultados con los antecedentes. Finalmente, se concluyó que el programa de mantenimiento predictivo permite aumentar la disponibilidad y confiabilidad; y se obtuvieron valores aceptables en el análisis económico de su implementación.

**Palabras clave:** Predictivo, mantenimiento y proceso.

## **Abstract**

In this research work, a predictive maintenance program was implemented to increase the reliability and availability of industrial equipment in the rendering process, which was achieved by applying predictive techniques to critical equipment with low reliability.

The study began with the synthesis of the problem in the Rendering process with respect to unexpected stops; the specific objectives and importance of the project were determined. In chapter 2 the concepts and definitions regarding predictive maintenance were addressed. The third chapter was essential to identify the variables and outline the work procedure in this thesis. In chapter 4 the results are shown in 5 parts, in the first the criticality analysis was carried out on the equipment of the feather, viscera and board processes. Then the results of the MTBF, MTTR, availability and reliability indicators prior to the implementation of the program are shown. In the third part of chapter 4, the implementation of the maintenance program in critical equipment with low reliability is presented and the predictive techniques were proposed based on the results of the FMEA. The results of the measurements and the implemented formats are displayed. The results of the pretest and the posttest are displayed. In part 4 of this chapter the reliability was calculated and to finish this section the economic benefit of the implementation of the predictive program in the rendering process was evaluated.

In the final chapters the results obtained are discussed, analyzing the implemented methodology and comparing the results with the antecedents. Finally, it was concluded that the predictive maintenance program allows to increase the availability and reliability; and acceptable values were obtained in the economic analysis of its implementation.

**Keywords:** Predictive, maintenance and process.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, a nivel mundial se viene desarrollando continuamente estrategias de mantenimiento técnicas y administrativas, para cumplir con los mejores índices la función principal del mantenimiento, mantener la funcionalidad y el buen estado de los equipos en la industria en un periodo de tiempo (Mora Gutiérrez, 2016).

El enfoque de sistema del mantenimiento ha permitido planificar, organizar y controlar las actividades correctivas, preventivas y predictivas del mismo. El mantenimiento productivo total TPM y el mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, son dos enfoques muy importantes, que muchas veces coexisten en las empresas (García Garrido, 2006). Cada enfoque requiere de instrumentos que permitan la ejecución organizada del mantenimiento. Se da el caso que enfoques como el RCM, albergan filosofías predictivas, preventivas y correctivas; siendo el RCM parte de enfoques como el proactivo y el TPM.

En la actualidad, se usan herramientas para el mantenimiento predictivo, como son el análisis vibracional, termografía, análisis de lubricantes, ensayos no destructivos, uso de estetoscopios mecánicos-eléctricos, megómetro, etc., en los países desarrollados ha tomado mucha importancia y divulgación, pues ha sido considerado como el más exitoso en la industria porque representa la disciplina más ventajosa en el aumento eficiente de la disponibilidad operacional, lo cual significa reducir tiempos perdidos a consecuencia de fallas y, de esta manera reducir costos de mantenimiento (García, 2017).

En el Perú, la disciplina del mantenimiento predictivo aún no ha sido aplicada con total eficiencia, ya que existe cierto desconocimiento en el manejo y procedimiento de algunas herramientas. Algunas empresas tercerizan la inspección predictiva, otras ya han implementado dichas herramientas de análisis vibracional y termografía industrial, sin embargo, no todas se han integrado a un sistema de mantenimiento que gestione la data recogida. Entre las nuevas técnicas se encuentra el mantenimiento predictivo el cual ha tenido una gran aceptación dentro de los procesos productivos, ya que de este modo se establecen de antemano las detenciones de los equipos, logrando una planificación del proceso productivo y

evitando las molestas paradas no planificadas. La termografía infrarroja es capaz de anticipar las fallas de equipos industriales en base a la interpretación correcta de las imágenes capturadas y con el conocimiento de la planta y su funcionamiento (Venegas , Ivorra , Ortega, & Sáez de Ocáriz, 2022).

Planta Rendering, es una empresa que tiene como actividad principal, la transformación de residuos del proceso de beneficiado de pollo. En dicha actividad se cuenta con dos líneas de procesamiento: línea de vísceras y línea de plumas. En el Anexo 1, se muestra el diagrama de flujo de ambos procesos. La línea de plumas y la de viseras, cuentan con diversos equipos dentro de los cuales estas: tolvas de recepción, transportadores, digestores, secadores de aire mezcladoras, molinos de martillo, prensas ,decantadores, tanques de almacenamiento y proceso electrobombas ventiladores extractores , sistema de aire , sistema de vapor , sistemas eléctricos , sistemas hidráulicos etc., que requieren de atención permanente de labores y programas de mantenimiento para evitar fallas y paradas innecesarias que perjudican la producción de alimento balanceado a partir de los insumos indicados (Departamento de Mantenimiento de Rendering, 2020)

Planta Rendering, solo destina un 4% del asignado para mantenimiento, de cuyo porcentaje solamente destina a la disciplina de mantenimiento predictivo consistente en análisis vibracional solamente a equipos críticos, siendo poco el desarrollo de termografía, el análisis de aceite y mínimo el empleo de ultrasonido. El registro histórico de fallas correspondiente al año 2020, en la sección de proceso de viseras arrojó un tiempo perdido de 108 horas en lo que concierna a equipos eléctricos y mecánicos; comparando, con el 2019, que se perdieron 65 horas, observándose la existencia de un incremento promedio del 44% de horas perdidas de procesamiento. De igual forma, en la sección de plumas se ha determinado la pérdida de 460 soles/h por efecto de paralizaciones intempestivas (Departamento de Mantenimiento de Rendering, 2020). El personal de mantenimiento de la empresa, dentro de sus actividades en el rubro predictivo ha dado atención a la actividad frecuente de realizar mediciones térmicas a los componentes y equipos eléctricos en ambas áreas, utilizando una cámara termográfica, la misma que de acuerdo a la bitácora de mediciones arroja lecturas en el intervalo de 40 a 65 °C, pues la característica de esta herramienta predictiva es entregar tendencias con



imágenes de lectura térmica donde se pueden apreciar las temperaturas en la escala adecuada y así poder determinar las zonas denominadas críticas para la programación de su mantenimiento. Sin embargo, existieron evaluaciones incompletas de otras fallas por dificultad en la toma de mediciones, sobre todo las concernientes a espesor de tanques, tuberías y superficies con ultrasonido; asimismo el análisis vibracional se ha limitado a lecturas y reportes de las mismas utilizando un vibrómetro convencional, por lo que se ha solicitado la adquisición de un set completo con mediciones en desplazamiento, velocidad y aceleración de la vibración y poder entregar una imagen gráfica de tendencias y causas de cada falla para realizar las correcciones con los diversos referentes del software que involucra este Set (Departamento de Mantenimiento de Rendering, 2020).

Es notoria la necesidad de implementar estrategias predictivas para mejorar la gestión de mantenimiento en planta Rendering. Por ello, se realizó el siguiente planteamiento del problema ¿En qué medida la implementación de un programa de mantenimiento predictivo incrementa la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales en el proceso rendering?

A fin de otorgar respuesta a esta formulación planteada, se ha establecido la posible solución al problema: La implementación de herramientas de jerarquización y de un programa de mantenimiento predictivo permiten aumentar la confiabilidad a más de un 70% y la disponibilidad a más de un 90% de los equipos en proceso Rendering.

El presente proyecto toma relevancia principalmente porque se logrará una mejora en la gestión del mantenimiento. En lo tecnológico, se busca la aplicación de herramientas correspondientes al mantenimiento predictivo y sus respectivos instrumentos para procesamiento en función de la necesidad en Rendering, estos pueden ser, análisis de criticidad, análisis AMFE, diagrama de causa raíz, causa y efecto, etc. Desde el criterio ambiental, el proyecto coadyuva al cuidado del medio ambiente, con el procesamiento de residuos del beneficiado de pollos, ya que, si se evita que los equipos se dañen prematuramente, se evitará también el aumento de residuos sólidos por los equipos dañados. En lo social, se tiene un impacto directo e indirecto, primero los colaboradores recibirán capacitación sobre las nuevas tecnologías de mantenimiento predictivo y de manera indirecta, si la empresa mejora en todo aspecto podrá seguir desarrollándose y con ello, requerirá de más

personal por una futura ampliación. Finalmente, el proyecto se justifica en lo económico por las reducciones significativas en el tiempo de reparación de los equipos y, consecuentemente reducción de costos operativos de mantenimiento de la empresa, mayor producción y mayores ganancias.

El objetivo general fue evaluar el impacto de la implementación de un programa de mantenimiento predictivo en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales en el proceso rendering, ordenado según los siguientes objetivos específicos: (1) determinar la criticidad de los equipos de las líneas de procesamiento en proceso Rendering, (2) determinar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos, (3) implementar el programa de mantenimiento y los indicadores de gestión en base a la criticidad y los resultados AMFE, (4) determinar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos posterior a la implementación del programa de mantenimiento y (5) evaluar los costos y el beneficio económico de la implementación del programa de mantenimiento.

## II. MARCO TEÓRICO

En el proyecto de investigación se tuvo en cuenta la búsqueda de trabajos previos para respaldar su desarrollo.

Pablo Venegas y otros (2022), realizaron un estudio sobre la automatización de las inspecciones de termografía infrarroja para aplicaciones de mantenimiento industrial, proporcionaron avances hacia la aplicación robusta del aprendizaje automatizado en combinación con la termografía industrial para mejorar el mantenimiento de equipos industriales. Desarrollaron el análisis de imágenes térmicas. Además, la realidad aumentada también fue combinada con las últimas tecnologías e implementaron un dispositivo portátil para crear el sistema. Este sistema, al que denominaron MANTRA permitió la realización de inspecciones térmicas rápidas. Su trabajo fue experimental en donde hicieron seguimiento a los equipos industriales eléctricos. La precisión que obtuvieron por el algoritmo optimizado fue de hasta un 94% en un tiempo de inferencia de 0,006 s.

Bebars y otros (2022), propusieron técnicas de detección de fallas eléctricas internas en aerogeneradores basados en DFIG. En dicho trabajo diagnosticaron las fallas internas en las turbinas eólicas basadas en un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG), las exigencias de campo, fueron contar con alta precisión y detección temprana de la falla. Plantearon que, si se cuenta con un sistema de detección fiable, se puede planificar de manera precisa las actividades de mantenimiento de modo que se reduzcan los costos. Compararon diferentes tipos de herramientas de inspección, indicando que todas tienen ventajas y desventajas pero que el análisis vibracional se adapta mejor a estos sistemas.

En el caso de Miranda (2018), en la investigación acerca de un tema similar referido a termografía y desarrollo de indicadores en motores de combustión marca Scania, expuso acerca de la utilización de metodologías referentes a criticidad y selección de activos donde se presentaron fallas en potencia que sirvieron para realizar un plan de mantenimiento. Obtuvo como resultados, el aumento de indicadores como la disponibilidad de un 79% a 94%; la reducción de fallas en un 62.5%; y, en el estudio se calculó un gasto de 73,510.00 soles, para tener una utilidad de 121,568.00 S/año.

También, Sembiring (2018), en una investigación demostró mediante métodos predictivos que el uso de termografía ayuda a diagnosticar y mejorar la operatividad de máquinas excavadoras con desplazamiento por cadenas. Al utilizar nuevos sistemas metodológicos de verosimilitud a fin de determinar disponibilidad, AMEF y evaluar causa-efecto en potencia, el autor pudo concluir en lo siguiente: Se determinaron 65 modos en potencia, la variación de disponibilidad se mejoró del 80.9% al 90.1%, de acuerdo al plan se tuvo como cálculo de gasto, la suma de 67,455.00 soles/año.

En forma similar Torres (2018), en la tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico, investigó cómo mejorar la disponibilidad operacional en máquinas eléctricas, a partir de utilización de herramientas metodológicas del AMEF para analizar los modos y efectos de las fallas, A.I.R. (análisis de índices de riesgos) y el método de Allen–Plait a fin de evaluar el sistema de gestión de mantenimiento. Como consecuencia de la investigación, se obtuvieron resultados contundentes, pues, la termografía determinó una mejora del 33.70% respecto a las cifras iniciales, la confiabilidad tuvo un aumento de 82.35% a 93.23% y, la disponibilidad de 84.5% a 91.3%; asimismo, los indicadores económicos se calcularon en función de la inversión de S/ 83,000.00, se observó un beneficio 165,000.00 soles/año y el R.O.I. arrojó como resultado, 4 meses para la recuperación de inversión.

Miranda Salinas (2020), redujo las paradas de equipos rotativos críticos desde un 20% hasta un 10%; alcanzó una mejora en la disponibilidad de los equipos medido a través de un aumento del tiempo medio de entre falla de 2300 horas hasta 2450 horas, lo cual se tradujo en un ingreso de S/ 8,635.776 soles en el 2019 con respecto al 2018. Para esto fue necesario realizar el diagnóstico de los equipos críticos, en este trabajo se enfocaron en los motores, bombas y ventiladores, de los cuales se eligieron las 10 unidades más críticas. Se propuso el análisis vibracional como instrumento de inspección predictiva para el plan para una planta termoeléctrica. Obtuvo un VAN de S/ 681,312.00 y una TIR de 226%.

Roja (2019), elaboró un plan de mantenimiento predictivo de motores asíncronos para moto-ventiladores centrífugos. Para el plan se consideraron pruebas eléctricas y mecánicas para diagnosticar el estado actual de los componentes del moto-

ventilador. Roja concluyó que las causas comunes en moto-ventiladores son las altas temperaturas, humedad y contaminación. Esto desencadena una serie de consecuencias, como pérdida de aislamiento dieléctrico, desbalanceo y el desgaste de los elementos rotativos. Tomó como referencia los desbalances de tensión y corriente según IEC 61000-2-2.

Finalmente, (Asencio Altamirano, 2020), en la investigación referente a mantenimiento predictivo, realizó una evaluación a 47 equipos eléctricos diversos, cuya disponibilidad inicial fue de 83% y los ensayos predictivos de termografía arrojaron variación de temperaturas en el rango de 25°C a 58°C, considerando críticos a 21 de ellos que superaron los 40 °C. Al cabo de las actividades del plan predictivo y AMEF, se permitió ascender a 91.55% la disponibilidad y un beneficio económico de 619,200 soles al año, inversión de 80,400 soles, lo que deriva en obtener el retorno de la inversión sólo en 2 meses.

Una vez clarificados los antecedentes que han servido como referencia de la investigación, es importante revisar **información actual** que nos permita ampliar los conocimientos respecto a cada objetivo de este trabajo de investigación sobre mantenimiento; estableciendo conceptos que fueron desde lo general del mantenimiento hasta los complejos con tecnologías desarrolladas recientemente.

El mantenimiento es un conjunto de actividades que permiten volver a un equipo a un estado de disponibilidad para cumplir la función para la que fue diseñado. Se puede dar de 3 maneras a lo cual se le conoce como disciplinas del mantenimiento, estos son: mantenimiento correctivo, preventivo en base a tiempo y mantenimiento en base a condiciones. Duffua y otros, reconocen esta clasificación de la cual desprende otros tipos de mantenimiento como, el mantenimiento de oportunidad, reparación general y reemplazo (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2009).

El mantenimiento correctivo, es la actividad o combinación de estas que se realizan a un equipo cuando este es incapaz de seguir operando. La disciplina correctiva del mantenimiento con un enfoque de sistema, se remonta al siglo XVIII con las teorías de producción de David Ricardo (Mora Gutiérrez, 2016).

El mantenimiento correctivo en Japón se está apuntando a eliminar totalmente, con la implementación de un enfoque sistemático llamado mantenimiento productivo total, MTP. El mantenimiento correctivo, es el mantenimiento más rudimentario, ya que se espera a que el equipo falle para recién intervenirlo. Esto involucra tiempo perdido en producción debido a la demora de las actividades requeridas y por ende perjudica al usuario y al cliente final (Sols, 2000). El mantenimiento correctivo también conocido como reactivo, se ejecuta posterior y en forma emergente a una falla. Se lo considera ya obsoleto, sin embargo, es una técnica vigente en nuestra realidad. Su desventaja principal es la elevación de costos por la forma en que desencadena averías como consecuencia de no hacer prevención, lo cual limita el activo y la producción, pues por este motivo se percibe un elevado TTR (Torres, 2018). El mantenimiento se puede clasificar en mantenimiento de sustitución y de reparación. Las características principales de la sustitución son: la rapidez en la respuesta al fallo, costos bajos de mano de obra y costos elevados de los materiales, piezas, etc. Por otro lado, la reparación, es de difícil planificación, costos elevados de mano de obra y costos bajos de materiales. (Rey Sacristán, 2001)

El mantenimiento preventivo es una mejora del correctivo, en este se busca evitar paradas inesperadas y prolongadas a través de un programa de inspecciones, con registros diarios de tiempo, costos, etc. La función principal de esta disciplina es prevenir que un equipo o sistema fallen inesperadamente. Las inspecciones requieren de personal calificado para realizar dichas actividades. Este tipo de mantenimiento data de inicios de la 2da guerra mundial hasta nuestros días, que sigue evolucionando y formando parte de sistemas de mantenimiento para reducir el tiempo medio de reparación y el tiempo medio entre cada falla (Dounce, 2017). El mantenimiento preventivo se puede clasificar en 2 tipos muy importantes: el mantenimiento preventivo basado en tiempo y mantenimiento preventivo en base a condiciones.

El mantenimiento preventivo basado en tiempo es conocido como mantenimiento programado, esto exige conocer las fallas típicas de sus equipos y sus frecuencias. Este tipo de mantenimiento busca aumentar al máximo la

disponibilidad de un sistema o máquina ejecutando actividades programadas en posibles puntos de fallas (ALBAN SALAZAR, 2017). El mantenimiento preventivo involucra un conjunto de planes que se planifican con antelación, donde se especifican los materiales, las herramientas, los repuestos y la fecha en que se debe aplicar las tareas de mantenimiento (CHANG NIETO, 2008).

El mantenimiento preventivo basado en condiciones es conocido como mantenimiento predictivo, este tipo de mantenimiento se fundamenta en acciones que se derivan de mediciones puntuales a los equipos con el fin de diagnosticar el verdadero estado y de esa manera tener un referente para solucionar los aspectos más vulnerables (Levitt, 2011). El mantenimiento predictivo, permite establecer elementos críticos, mejorar el programa de inspecciones e intervenciones, asimismo permite pronosticar la fecha de fallo con un margen de error. Para ello se hace uso de herramientas que permiten cuantificar o cualificar los parámetros de funcionamiento de un equipo o sistema. Uno de los recursos excelentes del mantenimiento predictivo, es la termografía que es una actividad en la cual mediante pruebas no destructivas se evalúan “puntos calientes” de una determinada conexión eléctrica o superficies mecánicas y así permitir anticiparse a la falla y sus consecuencias como forma preventiva y evitar la interrupción de la producción (Ávila, 2015). El costo adicional que implica establecer un plan predictivo puede representar un obstáculo para aplicarlo a todo el sistema en general, por ello se debe contar con un estudio de retorno de la inversión para justificar su implementación (Sánchez, Andrada, Blanqué, & Torrent, 2022). El mantenimiento predictivo es una técnica que permite conocer el estado de un equipo estando dicho equipo en marcha y en paradas programadas. Consiste en realizar revisiones con una frecuencia determinada mensual, anual o superior. Las revisiones deben ser preparadas con anticipo (García Garrido, 2006). El mantenimiento predictivo es aplicable en modelos de alta disponibilidad requerida en un proceso, por ello el indicador apropiado para medir la eficacia de un programa predictivo es la disponibilidad alcanzada ya que esta considera las actividades predictivas en el cálculo del indicador.

Cada vez está más cerca la llamada cuarta revolución o industria 4.0, donde el mantenimiento predictivo será esencial para su desarrollo. La disciplina predictiva

por si sola, no tiene un impacto considerable, es necesario contar con un enfoque de sistema, donde se cuente o determine la estrategia de mantenimiento que organice los formatos, indicadores, pronostique y mejore continuamente la gestión del mantenimiento. Esto implica a su vez, analizar los diferentes modos de fallos y describir las técnicas de diagnóstico para los diferentes equipos en planta, como los motores, que es necesario contar con estrategias de control (histéresis y pulso único), lo que a su vez se basa en técnicas de diagnóstico como análisis de corrientes y análisis espectral de vibraciones (IEEE Latin America, 2020).

Cada disciplina requiere de una estrategia que permita coordinar el mantenimiento con enfoque de sistema y a su vez es necesario contar con indicadores que permitan hacer el seguimiento de este.

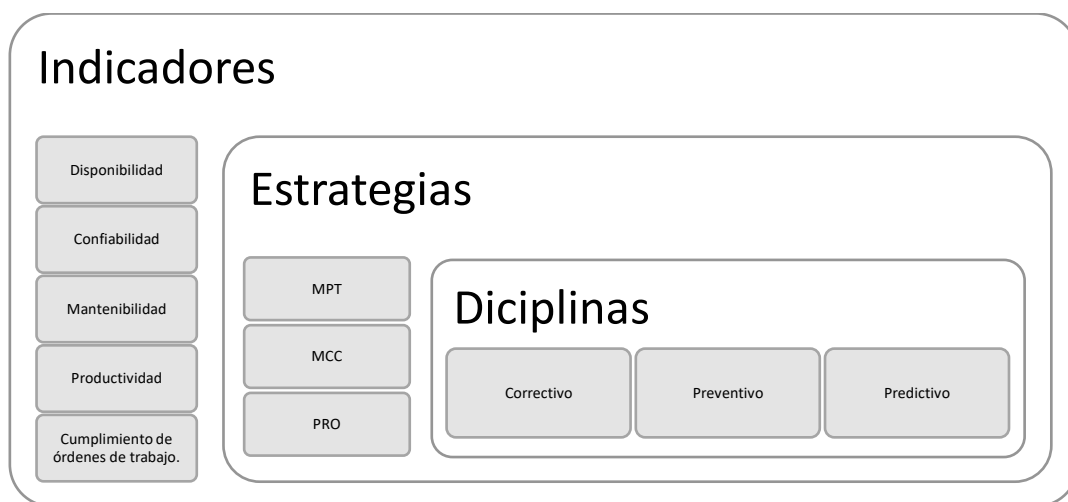


Figura 1. Disciplinas, estrategias e indicadores de mantenimiento. (Fuente propia)

La determinación de la **criticidad** de los equipos es muy importante porque permite reunir esfuerzos en puntos objetivos con una mayor probabilidad de fallas y que causaría una consecuencia determinada. Se puede realizar de 3 maneras: cualitativa, semi cuantitativa y cuantitativa. La criticidad no se aplica igual para todos los equipos, es importante clasificar los equipos, en estáticos y dinámicos. Esto debido a su frecuencia de falla y consecuencia que difieren en un rango bastante amplio. El valor de la criticidad para elementos dinámicos se suele calcular por la siguiente ecuación.

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia$$



La consecuencia se calcula considerando el impacto operacional, impacto de mantenimiento, costo de mantenimiento, impacto a la seguridad e impacto al medio ambiente (RAMIREZ & MORENO, 2017).

$$\text{Consecuencia} = (IO + IM + CM + IS + IA)$$

La definición de la consecuencia se debe hacer según los criterios generales de la empresa de seguridad y medio ambiente, y se debe reflejar en la operación de la planta real cuando se trate de pérdidas económicas (NORSOK EIMI-008, 2001).

En equipos estáticos la criticidad se determina por la probabilidad de que esta falla suceda, ya que estos equipos suelen presentar poca frecuencia de falla, pero una consecuencia usualmente considerable. Para ello se utiliza la siguiente ecuación (API 580, 2016)

$$\text{Riesgo} = \text{Probabilidad} \times \text{consecuencia}$$

La probabilidad se calcula mediante el conocimiento de los posibles mecanismos de daños del sistema estático o por un historial procesando la información mediante el cálculo de la probabilidad de Weibull.

El **diagnóstico** del mantenimiento se puede abordar en dos partes, primero a nivel operacional y a nivel administrativo, de manera que se pueda obtener mejora en la gestión actual. Duffua explica que para realizar el diagnóstico técnico se requiere de tecnologías, entre ellas están: Análisis vibracional, análisis de lubricantes, termografía, ultrasonido, monitoreo de efectos eléctricos y tintes penetrantes, a esto se puede agregar partículas magnéticas.

El análisis de vibraciones, se utiliza para diagnosticar desbalanceo en motores, desgaste en rodamientos y cojinetes de fricción. Los rodamientos con una holgura entre 1 mm y 0.04 mm tienen un aumento de las vibraciones máximas en comparación con el rodamiento saludable (Shirish, Vishnu, & Khizar, 2021).

El ultrasonido, permite localizar y cuantificar el tamaño de los defectos internos para diferentes tipos de geometrías y materiales. Con esta técnica se identifican defectos ocultos y para medir espesores (Tlaxcla Martinez, 2018). El ultrasonido

se usa para la detección temprana de fallas que tengan una incidencia positiva dentro de la confiabilidad (Moreno Arango & Torres Gómez, 2022).

El análisis de aceite, permite determinar el desgaste de los elementos de los rodamientos en chumaceras o en la caja de engranes. Los modos de fallos típicos en rodamientos son: falla en pista interna, falla en pista externa, falla en elemento rodante y falla en el soporte (Shao, Kang, & Liu, 2020). En base a este análisis, se programan los intervalos de reemplazo de aceite, es decir el programa predictivo modifica el preventivo; con lo cual se alcanza una mayor disponibilidad (Raposo, Torres Farinha, Fonseca, & Galar, 2019).

La termografía, surgió como una de las principales técnicas de mantenimiento predictivo, en el área eléctrica, permite identificar fallas al inicio del problema, como en las conexiones en tableros eléctricos, lo cual se puede solucionar con un simple ajuste de las piezas o terminales (Coelho da Silva, 2020).

Megado, es un sistema de medición de puesta a tierra, este consta de cables, circuitos de conmutación y el instrumento de medición Megger. Este tipo de medición tiene mucha incertidumbre en los valores tomados, por lo que se recomienda contar con un método que permita obtener valores confiables reales (SZCZESNY, GOLIJANEK-JĘDRZEJCZYK, & ŚWISULSKI, 2019).

El mantenimiento predictivo, debe contar con un modelo de inspección que permita procesar la información recopilada por los inspectores de mantenimiento. Los modelos para predecir una falla son: programa óptimo de inspección para minimizar costos para una sola máquina, modelo de maximización de utilidades para inspeccionar una sola máquina, modelo de inspección para minimizar el costo de reparación y modelo para coordinar la inspección de un grupo de máquinas. Cada uno de estos modelos aplican una herramienta estadística para pronosticar una falla (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2009).

A nivel de gestión, el diagnóstico se puede realizar mediante un Flash Audit o mediante una herramienta de diagnóstico de sistemas de gestión implementado a partir del cálculo de indicadores de mantenimiento universales donde se tenga convergencia de la parte administrativa y operativa del mantenimiento. El flash

Audit es una herramienta de origen inglés que se basa en una lista de preguntas agrupadas en 12 temas. Este cuestionario se debe adaptar a la realidad de la empresa y luego se debe aplicar a 4 trabajadores de las áreas involucradas en el mantenimiento, estas son: Producción, administrativos de mantenimiento, operarios de mantenimiento y recursos humanos. No es de carácter obligatorio, contar con la opinión de las 4 áreas, sin embargo, si aporta mayor información para el diagnóstico de la gestión actual (Mora Gutiérrez, 2016). Por otro lado, el diagnóstico se puede llevar a cabo por medio de la implementación y medición de los indicadores actuales del mantenimiento y de la gestión del mantenimiento si es que se contara con esa información. Por ejemplo, indicadores como la disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, variación del AMFE, cumplimiento de órdenes de trabajo, etc. En la figura 2 se muestra cómo se aborda un diagnóstico en general del mantenimiento.

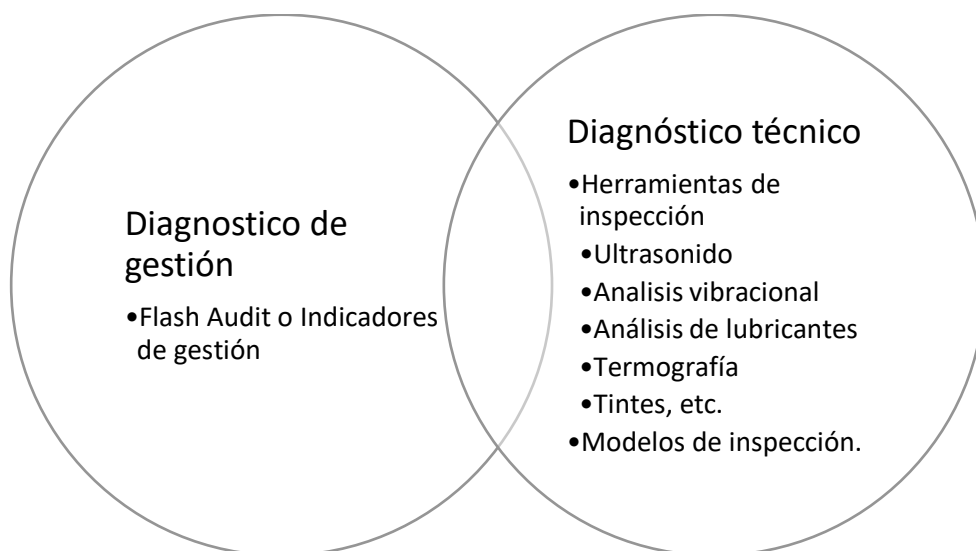


Figura 2. Diagnóstico del mantenimiento. (Fuente propia)

Los **indicadores** son relaciones entre parámetros que facilita el entendimiento sobre el comportamiento de un fenómeno, proceso, organización o grupo de trabajo respecto a una referencia predeterminada o esperada. Los indicadores permiten controlar y planificar con mayor facilidad el mantenimiento y sus mejorar. La acción de monitorear los indicadores clave de desempeño se conoce como monitoreo de actividad, los indicadores de rendimiento son bastante utilizados para valorar acciones difíciles de medir (Medina Lozano, 2022). Los indicadores

internacionales de mantenimiento son los conocidos como CMD: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Por otro lado, una manera muy acertada de hacer seguimiento del mantenimiento en la industria es mediante los costos.

El MTTR, es el tiempo medio para reparar o en reparación, es una magnitud que se obtiene con la medición de tiempos de una actividad de mantenimiento. Este valor permite comparar la eficiencia individual de un operario u área para ejecutar actividades de su especialidad o para comparar los tiempos de mantenimiento entre dos equipos similares. El MTBF es el tiempo medio entre fallos, es decir es el tiempo en útil entre el número de fallas (Mora Gutiérrez, 2016).

La disponibilidad es una medida de que tan probable es que un equipo funcione correctamente en el tiempo. Este tiempo incluye, la operación, reparación, inactividad, actividades preventivas, etc. La disponibilidad se calcula en función de los datos que se tienen sobre un equipo u área, se tiene: disponibilidad genérica, intrínseca, alcanzada, operacional y operacional generalizada. La relación en general de la disponibilidad es:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación correctamente}}{\text{Tiempo sin operar}}$$

La relación de la disponibilidad genérica se aplica cuando no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, donde, UT es el tiempo de utilidad del equipo, DT es el tiempo fuera de función, m es el número de eventos de UT y n es la cantidad de no funcionalidades DT (Mora Gutiérrez, 2016).

$$A_G = \frac{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m}}{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m} + \frac{\sum_{j=1}^m DT_j}{n}}$$

La disponibilidad genérica cuando se cuenta con mantenimiento preventivo. En esta relación, TT es el tiempo total, PM es el tiempo de mantenimiento preventivo o predictivo y DT es el tiempo de no operación.

$$A_G = \frac{TT - \sum PM - \sum DT}{TT - \sum PM}$$

La disponibilidad inherente o intrínseca, se calcula mediante la siguiente relación, donde:

$$A_I = \frac{MTBF}{MTBF - MTTR}$$

La disponibilidad alcanzada, se determina a partir del parámetro MTBM el cual es el tiempo medio entre mantenimientos; el subíndice C es para los no planeados y P para los planeados.  $\bar{M}$  es el tiempo medio de mantenimiento activo que se requiere para realizar una tarea de mantenimiento.

$$A_A = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

El **programa de mantenimiento** predictivo es la organización de los recursos y las actividades de mantenimiento no invasivas para pronosticar un fallo y evitarlo. El programa es necesario en la aplicación de las estrategias predictivas en el mantenimiento, esto beneficia económicamente por la reducción de costos de correctivo o de preventivo ineficiente. Actualmente, las empresas implementan y aplican programas de mantenimiento a los equipos críticos, logrando así una optimización en la gestión de sus activos. Las estrategias predictivas, optimizan el preventivo mediante análisis de tendencias. El objetivo principal es aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos con la mínima inversión posible (Loya Ñato, 2020). El programa de mantenimiento debe ser alimentado por información de un estudio de fallas, la cual depende de si la falla es conocida, potencial o desconocida.

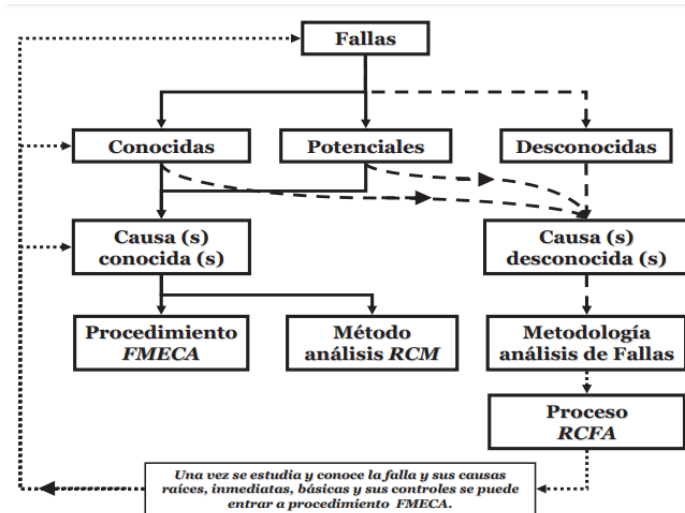


Figura 3. Aplicabilidad de los instrumentos específicos. (Mora Gutiérrez, 2016)

Otras herramientas son el análisis de modo de falla y efecto, AMFE, este es un instrumento importante utilizado en la estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad y en el mantenimiento proactivo. Este consta de matrices de frecuencia para identificar las maquinas con mayor prioridad en el proceso, se determinan los modos de las fallas de cada parte o equipo para proponer acciones para control, el valor con el cual se determina la prioridad es mediante el IPR. En el anexo 2 y 3, se muestra las tablas para calificar la severidad, detectabilidad y frecuencia. En la figura 8 se muestra el encabezado de la matriz de AMFE (Bravo Díaz & Muñoz Huamán, 2021).

La evaluación de **costos** es importante para determinar la viabilidad de la implementación del programa de mantenimiento o para evaluar el mantenimiento actual. La relación entre los activos y los costos de su mantenimiento crece con el crecimiento de las empresas. Lo más rentable para una empresa es que los activos produzcan el mayor tiempo posible bajo un rango de operación determinado (BERNAL NÚÑEZ, 2017). La rentabilidad de un programa de mantenimiento se mide por el impacto sobre la producción, es por ello que se pueden definir los siguientes indicadores en base a la recopilación o proyección de costos.

Costo directo vs valor agregado de producción:

$$R_{C-V} = \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{\text{Valor agregado}} * 100\%$$

Costo de fuerza laboral:

$$C_F = \frac{\text{Número de trabajadores en mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}} * 100\%$$

Costo de mantenimiento preventivo (en base a tiempo o condiciones):

$$C_{MP} = \frac{\text{Costo de mantenimiento preventivo}}{\text{Costo total de fallas}}$$

Estos indicadores en base a costos los propone Duffua, 2009.

Otros valores importantes en el análisis de costos son: el valor presente que es simplemente representar un valor futuro a su valor equivalente en el presente, la TIR es la tasa interna de retorno de una inversión, representa la ganancia anual en valores porcentuales (Baca Urbina, 2010)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo aplicada explicativa, porque utiliza las metodologías y modelos actuales para estudiar un caso de ingeniería de mantenimiento y se descriptiva lo que se observa y propone como mejora.

El diseño fue del tipo pre experimental con pretest y posttest, porque se estimula el entorno de mantenimiento mediante un programa predictivo y se miden los resultados antes y después a través de los indicadores confiabilidad y disponibilidad.

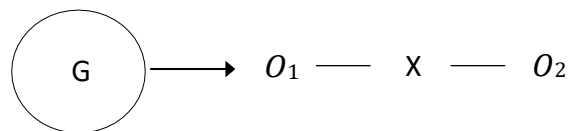


Figura 4. Diseño de investigación pre experimental con pretest y posttest.

Donde: G es el proceso Rendering, i es la influencia entre las variables, O1 y O2 son el pretest y posttest respectivamente, determinados mediante los indicadores de mantenimiento. X es la implementación del programa de mantenimiento de mantenimiento predictivo.

## **3.2. Variables y operacionalización**

### **3.2.1. Programa de mantenimiento predictivo**

Es la variable independiente de la investigación que enumera las actividades, recursos y tiempos de mantenimiento predictivo para los equipos industriales de proceso Rendering.

### **3.2.2. Indicadores de mantenimiento**

Las variables dependientes a ser medidas, son: disponibilidad, es una medida de tiempo de operación. (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2009) y confiabilidad, es la probabilidad de que una máquina opere satisfactoriamente durante un tiempo determinado y bajo condiciones normales (Mora Gutiérrez, 2016).

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población total de equipos**

En planta se cuenta con un total de 70 equipos, en las 2 líneas de procesamiento en proceso Rendering, tableros y los periféricos.

### **3.3.2. Muestra**

Se consideró por conveniencia evaluar los equipos dinámicos y eléctricos de las dos líneas de procesamiento de proceso Rendering para aportar mayor valor en los resultados del presente trabajo de tesis. Estos equipos suman un total de 57 equipos, de los cuales por medio del análisis de criticidad se determinará la cantidad de equipos a los cuales se le implementará el programa predictivo.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas utilizadas para desarrollar el proyecto de tesis fueron observación directa y análisis documental.

**Tabla 1.**  
Técnica e instrumentos.

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
----------------	--------------------

---



Observación directa

Ficha de registro de observación.

Análisis documental

Ficha de registro de datos.

### 3.5. Procedimiento

El estudio se inició con el reconocimiento de los equipos en las dos líneas de procesamiento: vísceras, y plumas. Se clasifican los equipos en estáticos o en dinámicos y eléctricos. En base a los registros de inspección de los equipos, se calculan la frecuencia y la consecuencia de las fallas presentes en los equipos de las líneas de procesamiento en proceso Rendering. En la figura 10 se muestra un esquema sobre esta parte del proceso de implementación del programa de mantenimiento.

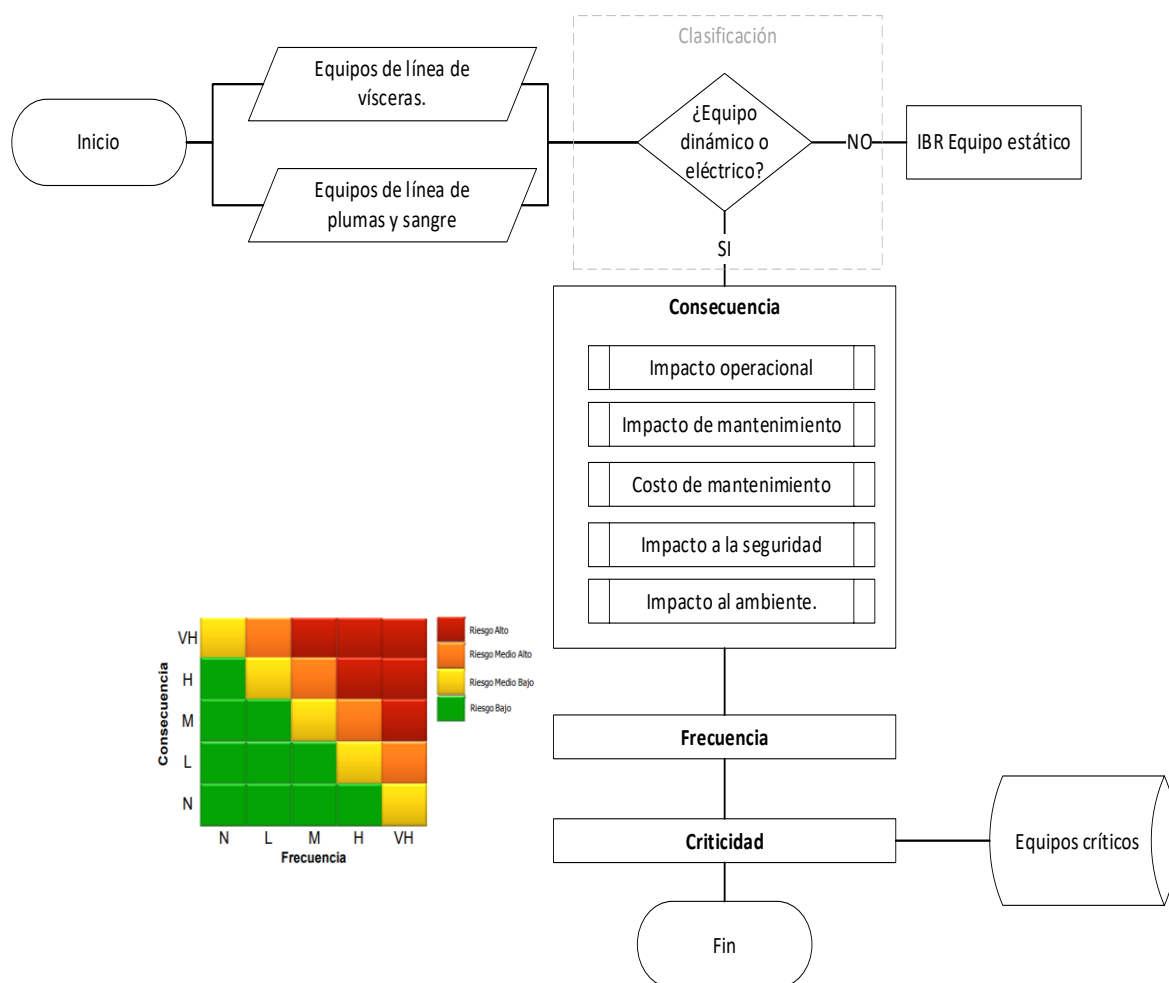


Figura 5. Procedimiento análisis de criticidad equipos dinámicos y eléctricos. Fuente propia.

En base al historial, haciendo uso del análisis documental y la observación, se implementaron los indicadores de mantenimiento para los equipos críticos: MTBF, MTTR, disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad e índice de órdenes de trabajo cumplidas. De esta manera se diagnosticó el mantenimiento en proceso Rendering. Los equipos críticos que muestran indicadores aceptables, significan que se encuentra bien implementado el plan de mantenimiento para dicho equipo. Los equipos críticos y semi-críticos que muestran indicadores muy por debajo de los valores esperados como valores objetivos de mantenimiento, se deben considerar en el programa de mantenimiento. Este proceso se realizará en el futuro de manera continua, ya que se busca reducir los equipos críticos a semi-críticos y posteriormente a equipos con una criticidad baja. En la figura 11 se muestra el procedimiento para cumplir el objetivo 2 de este trabajo de investigación.

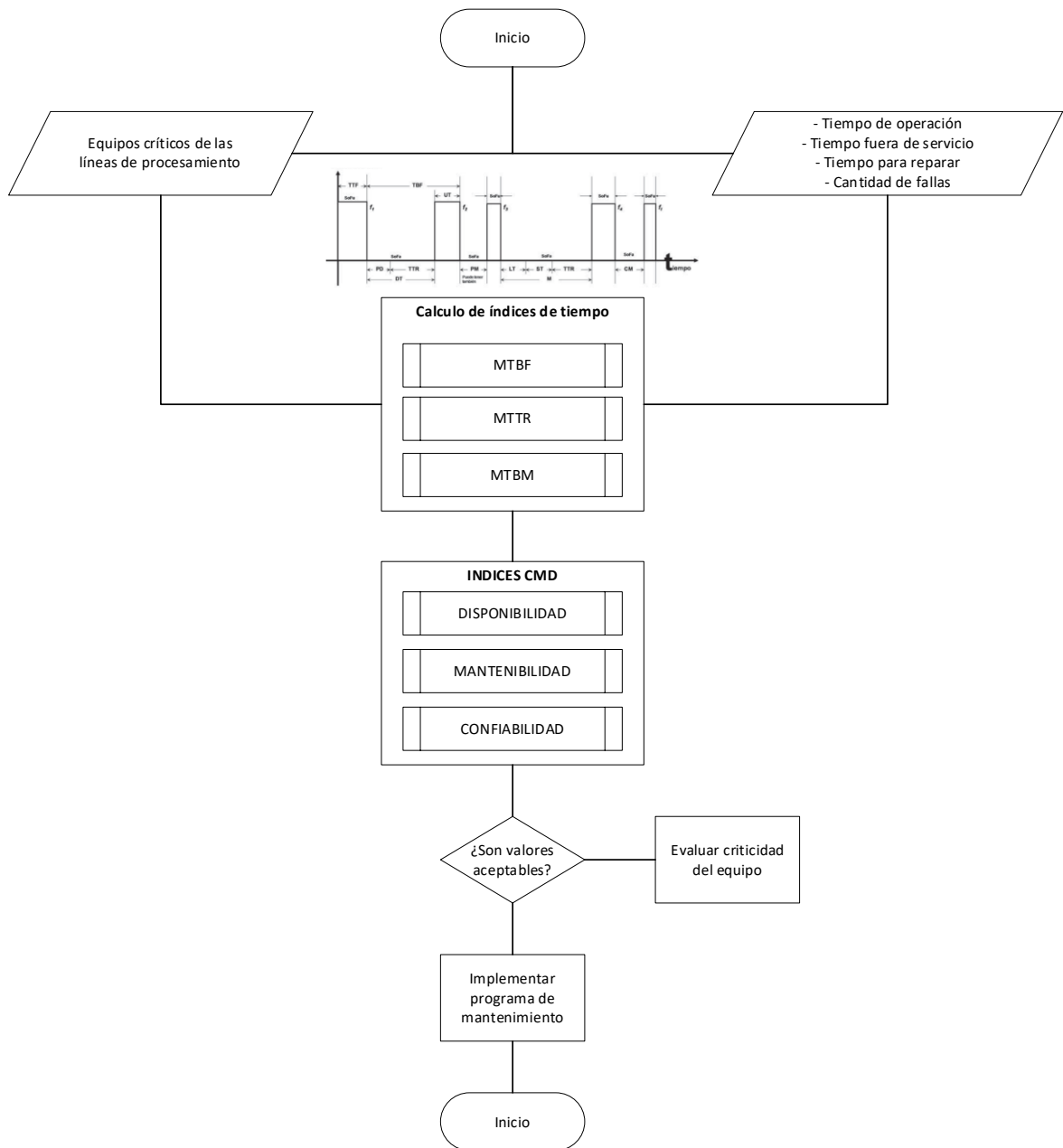


Figura 6. Procedimiento para la evaluación de la situación actual del mantenimiento. Fuente propia.

El objetivo número 3 se alcanza mediante la implementación de un programa de mantenimiento predictivo para los equipos críticos con indicadores por debajo de los valores esperados. En esta parte se evalúan los instrumentos técnicos principales para hacer posible las actividades preventivas en base a condición. Se debe tomar en consideración la criticidad de los equipos y la disponibilidad esperada en cada uno de ellos para definir el modelo de mantenimiento programado. En la figura 12 se muestra un esquema adaptado del libro *Organización y gestión integral del mantenimiento*.

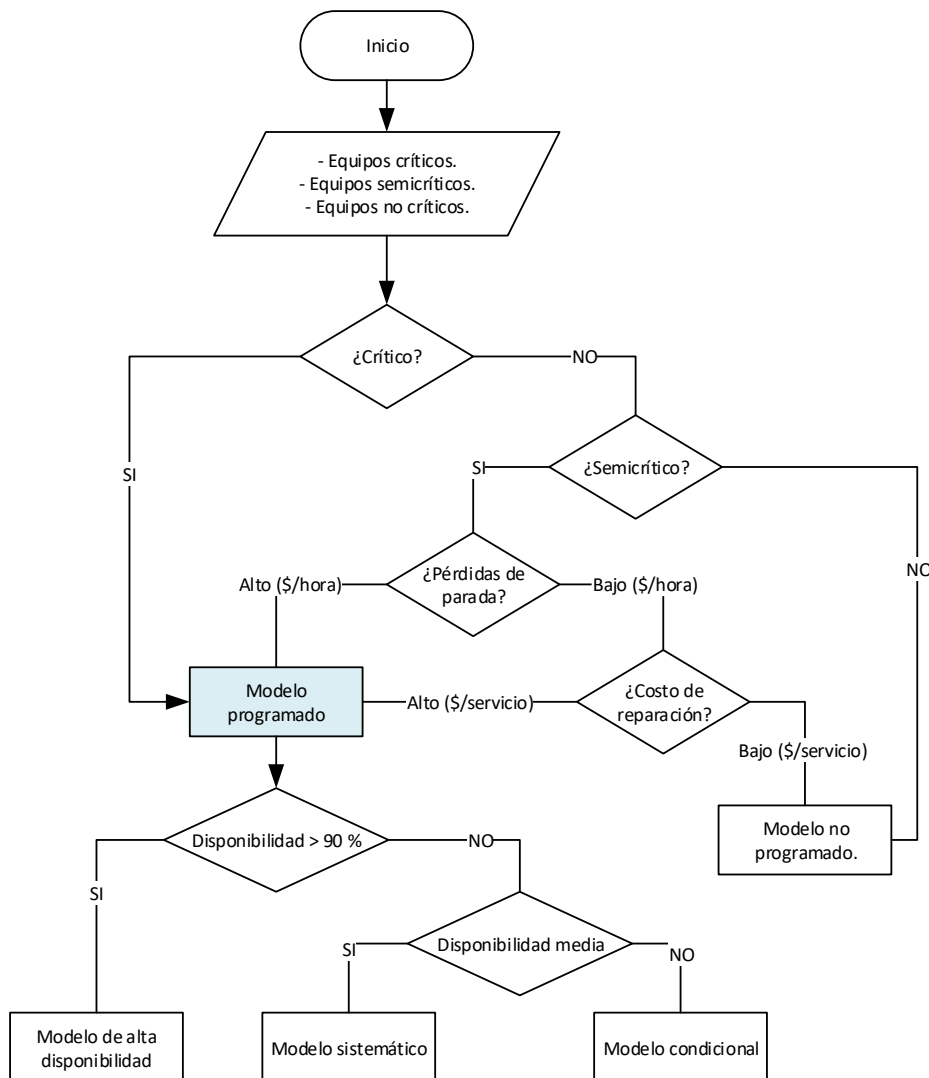


Figura 7. Procedimiento para determinar la carga y el modelo del mantenimiento programado. Fuente adaptado (García Garrido, 2006)

Para implementar el programa de mantenimiento se consideraron los siguientes pasos: elaboración de hoja resumen de equipos de planta, clasificar las ordenes de trabajo por especialidad, ordenes de trabajo por prioridad, determinación de la duración, ubicación y distancia de las actividades; diagrama de Gantt y flujo de trabajo.

Posterior a la implementación del programa de mantenimiento, se calculan los indicadores de mantenimiento confiabilidad y disponibilidad.

Finalmente, la evaluación de la rentabilidad de la implementación se realiza evaluando la reducción de pérdidas de producción y los costos de mantenimiento correctivo por la implementación del mantenimiento programado predictivo en proceso Rendering.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación se analizaron los datos mediante el uso de la herramienta de cálculo Microsoft Excel para organizar la información recolectada. Se aplicó la prueba T-student a los indicadores calculados en base a la proyección de los datos posterior a la implementación del programa de mantenimiento.

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación se encuentra correctamente referenciado, se aportó valor considerando aspectos de respeto, responsabilidad, seguridad y cuidado del medio ambiente. Se respetó las normas vigentes de la Universidad César Vallejo.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de criticidad de los equipos proceso Rendering

#### 4.1.1. Identificación de equipos en las líneas de producción

Se identificó que el proceso rendering cuenta con 2 líneas: línea de vísceras, y línea de plumas como se muestra en la figura 8.

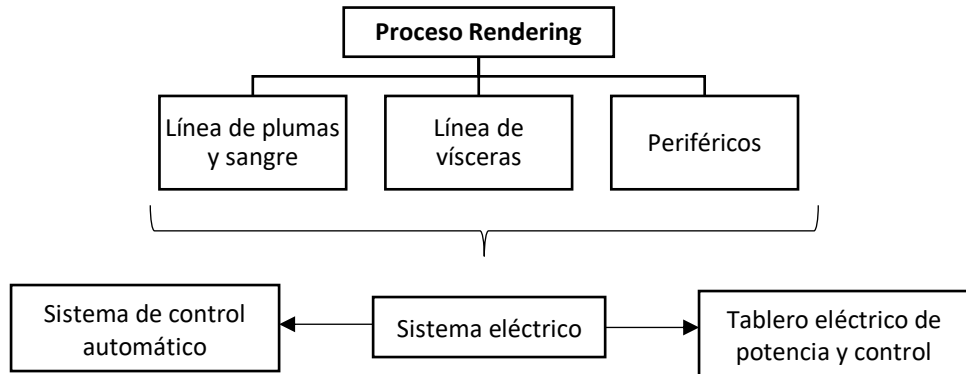


Figura 8. Líneas de procesamiento en proceso Rendering Chimú.

En la figura 9 se muestran los equipos principales de la línea de procesamiento de plumas en proceso rendering Chimú.

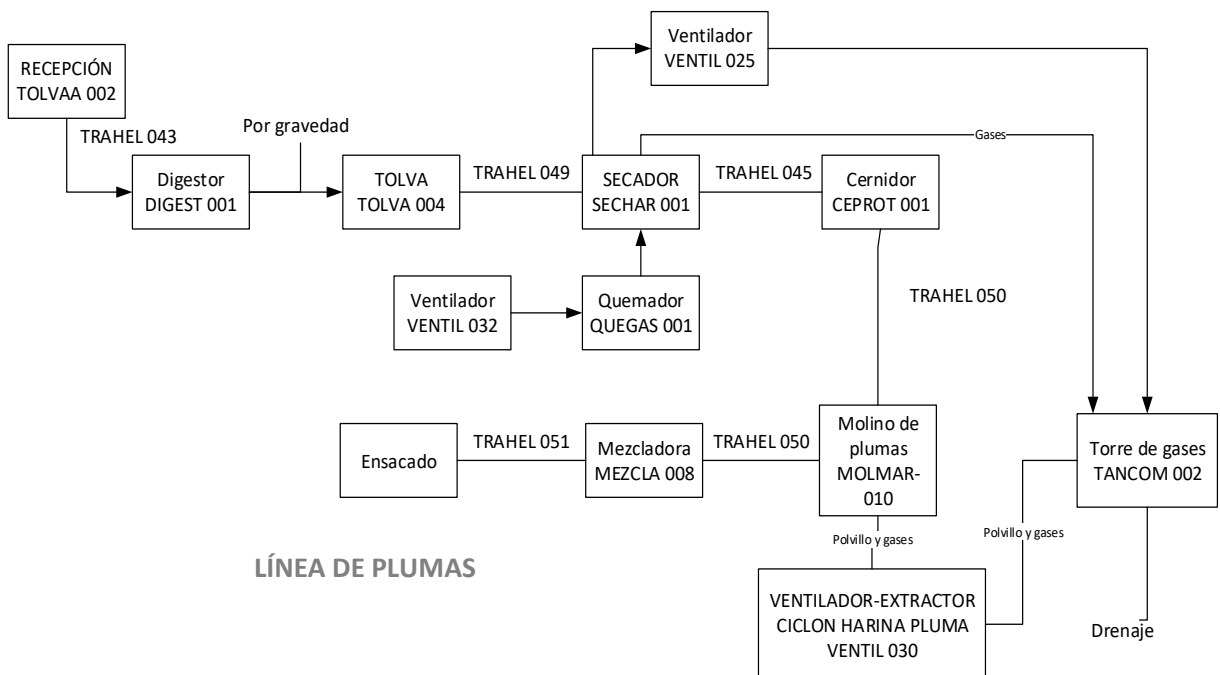


Figura 9. Línea de plumas.

En la figura 10 se muestran los equipos de la línea de procesamiento de vísceras en proceso rendering Chimú.

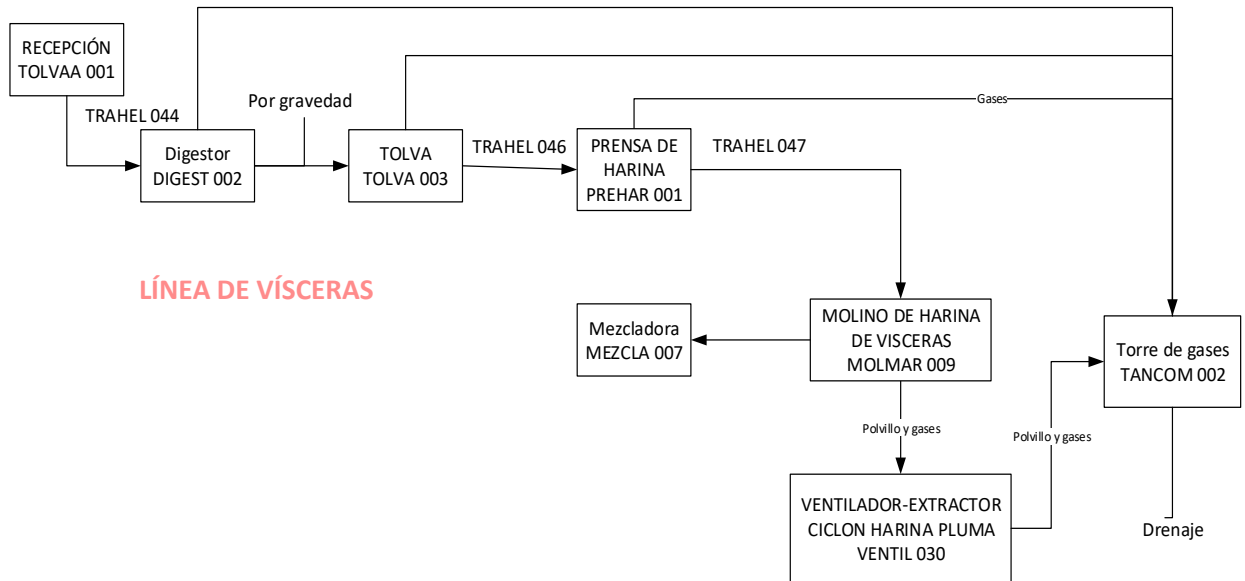


Figura 10. Línea de vísceras.

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran el resumen de equipos y su clasificación

**Tabla 2.**

Resumen de equipos en área de plumas.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	ÁREA
1	TOLVAA 002	Recepción	Mecánico	Plumas
2	TRAHEL 043	Transportador	Mecánico	Plumas
3	DIGEST 001	Digestor	Mecánico	Plumas
4	TOLVAA 004	Tolva	Mecánico	Plumas
5	TRAHEL 049	Transportador	Mecánico	Plumas
6	SECHAR 001	Secador	Mecánico	Plumas
7	TRAHEL 045	Transportador	Mecánico	Plumas
8	CEPROT 001	Cernidor	Mecánico	Plumas
9	TRAHEL 050	Transportador	Mecánico	Plumas
10	MOLMAR 010	Molino	Mecánico	Plumas
11	TRAHEL 053	Transportador	Mecánico	Plumas
12	MEZCLA 008	Mezcladora	Mecánico	Plumas
13	TRAHEL 051	Transportador	Mecánico	Plumas
14	ENSAC 002	Ensacado	Mecánico	Plumas
15	QUEGAS 001	Quemador	Mecánico	Plumas
16	VENTIL 032	Ventilador	Mecánico	Plumas
17	VENTIL 025	Ventilador	Mecánico	Plumas

**Tabla 3.**  
Clasificación de los equipos en área de vísceras.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	ÁREA
18	TOLVAA 001	Recepción	Mecánico	Vísceras
19	TRAHEL 044	Transportador	Mecánico	Vísceras
20	DIGEST 002	Digestor	Mecánico	Vísceras
21	TOLVAA 003	Tolva	Mecánico	Vísceras
22	TRAHEL 046	Transportador	Mecánico	Vísceras
23	PREHAR 001	Prensado	Mecánico	Vísceras
24	TRAHEL 047	Transportador	Mecánico	Vísceras
25	MOLMAR 009	Molino	Mecánico	Vísceras
26	MEZCLA 007	Mezcladora	Mecánico	Vísceras
27	TRAHEL 052	Transportador	Mecánico	Vísceras
28	ENSAC 001	Ensacado	Mecánico	Vísceras
29	VENTIL 026	Ventilador	Mecánico	Vísceras

**Tabla 4.**  
Resumen de equipos en área de tableros.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	TIPO	ÁREA
30	TABLFU-045	Tablero general	Eléctrico	Sala de tableros
31	TABLFC-019	Tablero de distribución	Eléctrico	Sala de tableros
32	TABLFC-021	Tablero contra-incendio	Eléctrico	Sala de tableros
33	TABLFC-041	Tablero de distribución N°2	Eléctrico	Sala de tableros
34	TABLFC-020	Tablero control torre vahos	Eléctrico	Sala de tableros
35	TABLFC-042	Tablero distribución N°3	Eléctrico	Sala de tableros
36	TABLFC-022	Tablero A1 producción línea plumas	Eléctrico	Sala de tableros
37	TABLFC-023	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
38	TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
39	TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
40	TABLFC-026	TableroA4-1 Equipos Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
41	TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
42	TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	Eléctrico	Sala de tableros
42	TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	Eléctrico	Sala de tableros
43	TABLFC-029	Tablero A5-2 UPS Línea Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
44	TABLFC-030	Tablero A6 PLC Línea Plumas	Eléctrico	Sala de tableros
45	TABLFC-031	Tablero A1 Principal Línea Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
46	TABLFC-032	TableroA2-1 Digestor Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
47	TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	Eléctrico	Sala de tableros
48	TABLFC-034	TableroA3-1 Molino Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
49	TABLFC-035	TableroA3-2 Equipos Vísceras	Eléctrico	Sala de tableros
50	TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
51	TABLFC-043	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	Eléctrico	Sala de tableros
52	TABLFC-044	Tablero A5-2 UPS Línea Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
53	TABLFC-046	Tablero A6 PLC Línea Viseras	Eléctrico	Sala de tableros
54	TABLFC-037	Tablero Decanter	Eléctrico	Sala de tableros
55	TABLFC-045	Tablero Caldero	Eléctrico	Sala de tableros
56	TABLFC-046	Tablero Sala de Tratamiento de agua	Eléctrico	Sala de tableros
57	TABLFC-047	Tablero Quemador	Eléctrico	Sala de tableros



#### 4.1.2. Equipos y componente críticos

Los resultados de criticidad se muestran por separado en tablas para la línea plumas, de vísceras y tableros. En las tablas se observa la criticidad de los equipos y el número de componentes que son críticos o no críticos dentro del equipo y en total del área como sistema. En la tabla 5 se presentan los resultados de criticidad para el área línea de plumas; la información se sustenta con el análisis individual de criticidad adjunto en anexos.

**Tabla 5.**

Resumen criticidad de equipos y componentes en área de plumas.

N°	Área	Código	Equipo	Cantidad de componentes				Total, componentes	CTR del equipo
				NC	MC	C	AC		
1	Plumas	TOLVAA 002	Recepción	3	2	0	0	5	MC
2	Plumas	TRAHEL 043	Transportador	3	2	0	0	5	MC
3	Plumas	DIGEST 001	Digestor	3	1	1	1	6	AC
4	Plumas	TOLVAA 004	Tolva	4	1	0	0	5	MC
5	Plumas	TRAHEL 049	Transportador	3	2	0	0	5	MC
6	Plumas	SECHAR 001	Secador	3	1	0	0	4	MC
7	Plumas	TRAHEL 045	Transportador	3	2	0	0	5	MC
8	Plumas	CEPROT 001	Cernidor	2	1	1	0	4	C
9	Plumas	TRAHEL 050	Transportador	3	2	0	0	5	MC
10	Plumas	MOLMAR 010	Molino	4	1	0	0	5	MC
11	Plumas	TRAHEL 053	Transportador	3	2	0	0	5	MC
12	Plumas	MEZCLA 008	Mezcladora	3	0	0	0	3	NC
13	Plumas	TRAHEL 051	Transportador	3	2	0	0	5	MC
14	Plumas	ENSAC 001	Ensacado	4	1	0	0	5	MC
15	Plumas	QUEGAS 001	Quemador	1	1	2	0	4	C
16	Plumas	VENTIL 032	Ventilador	5	0	0	0	5	NC
17	Plumas	VENTIL 025	Ventilador	1	3	1	0	5	C
				<b>51</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>81</b>	

Se pudo observar que los equipos en su mayoría son medianamente críticos. El quemador de gas, el ventilador 025 y el cernidor son equipos críticos; solo el digestor es altamente crítico. El ventilador y la mezcladora son equipos no críticos. En la tabla 6 se muestra el porcentaje de componentes del sistema línea de plumas.

**Tabla 6.**

Cantidad de componentes críticos en área de plumas.

Componentes	CANTIDAD	Porcentaje
NO CRÍTICOS	51	63 %
MEDIANAMENTE CRÍTICOS	24	30 %
CRÍTICOS	5	6 %
ALTAMENTE CRÍTICOS	1	1 %
<b>Total</b>	<b>81</b>	<b>100 %</b>

Se pudo observar que el área de plumas es un 63% no crítico con respecto a los componentes; esto es importante para observar el avance con una mayor resolución. En la tabla 7 se adjunta los resultados de criticidad para componentes y equipos.

**Tabla 7.**

Resumen criticidad de equipos y componentes en área de vísceras.

N°	Área	Código	Sistema	Cantidad de componentes				Total, componentes	CTR del equipo
				NC	MC	C	AC		
18	Vísceras	TOLVAA 001	Recepción	3	2	0	0	5	MC
19	Vísceras	TRAHEL 044	Transportador	3	2	0	0	5	MC
20	Vísceras	DIGEST 002	Digestor	3	1	1	1	6	AC
21	Vísceras	TOLVAA 003	Tolva	4	1	0	0	5	MC
22	Vísceras	TRAHEL 046	Transportador	3	2	0	0	5	MC
23	Vísceras	PREHAR 001	Prensado	5	1	0	0	6	MC
24	Vísceras	TRAHEL 047	Transportador	3	2	0	0	5	MC
25	Vísceras	MOLMAR 009	Molino	4	1	0	0	5	MC
26	Vísceras	MEZCLA 008	Mezcladora	3	0	0	0	3	NC
27	Vísceras	TRAHEL 052	Transportador	3	2	0	0	5	MC
28	Vísceras	ENSAC 001	Ensacado	4	1	0	0	5	MC
29	Vísceras	VENTIL 026	Ventilador	5	0	0	0	5	NC
				43	15	1	1	60	

En el caso de plumas, mayormente también los equipos son medianamente críticos, solo se tiene al digestor como un equipo altamente crítico. El ventilador 026 y la mezcladora 008 son equipos no críticos. En la tabla 8 se resume una visión global de la criticidad por componentes del área de vísceras.

**Tabla 8.**

Cantidad de componentes críticos en área de vísceras.

Componentes	CANTIDAD	Porcentaje
NO CRÍTICOS	43	72%
MEDIANAMENTE CRÍTICOS	15	25%
CRÍTICOS	1	2%
ALTAMENTE CRÍTICOS	1	2%
Total	<b>60</b>	<b>100%</b>

Se pudo observar que el área de vísceras es un 72% no crítico con respecto a los componentes. Del mismo modo se encontró la criticidad para los tableros y sus componentes.

**Tabla 9.**

Resumen criticidad de equipos y componentes en tableros.

N°	Área	Código	Sistema	Cantidad de componentes				Total, componentes	CTR del equipo
				NC	MC	C	AC		
30	Tableros	TABLFU-045	Tablero general	3	1	1	0	5	C
31	Tableros	TABLFC-019	Tablero de distribución	1	1	1	0	3	C
32	Tableros	TABLFC-021	Tablero contraincendios	3	1	1	0	5	C
33	Tableros	TABLFC-041	Tablero de distribución N°2	3	1	1	0	5	C
34	Tableros	TABLFC-020	Tablero control torre vahos	1	2	1	0	4	C
35	Tableros	TABLFC-042	Tablero distribución N°3	1	1	1	0	3	C
36	Tableros	TABLFC-022	Tablero A1 producción línea plumas	1	1	1	0	3	C
37	Tableros	TABLFC-023	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	1	2	1	0	4	C
38	Tableros	TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	1	2	1	0	4	C
39	Tableros	TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	1	2	1	0	4	C
40	Tableros	TABLFC-026	TableroA4-1 Equipos Plumas	1	3	1	0	5	C
41	Tableros	TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	1	3	1	0	5	C
42	Tableros	TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	1	3	1	0	5	C
43	Tableros	TABLFC-029	Tablero A5-2 UPS Línea Plumas	1	3	0	0	4	MC
44	Tableros	TABLFC-030	Tablero A6 PLC línea Plumas	0	3	0	0	3	MC
45	Tableros	TABLFC-031	Tablero A1 Principal línea Viseras	1	1	1	0	3	C
46	Tableros	TABLFC-032	TableroA2-1 Digestor Viseras	1	2	1	0	4	C
47	Tableros	TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	1	3	0	0	4	MC
48	Tableros	TABLFC-034	TableroA3-1 Molino Viseras	1	3	0	0	4	MC
49	Tableros	TABLFC-035	TableroA3-2 Equipos Vísceras	1	4	0	0	5	MC

**Tabla 10.**

Resumen criticidad de equipos y componentes en tableros. (continuación)

N°	Área	Código	Sistema	Cantidad de componentes				Total, componentes	CTR del equipo
				NC	MC	C	AC		
50	Tableros	TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	1	4	0	0	5	MC
51	Tableros	TABLFC-043	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	1	3	1	0	5	C
52	Tableros	TABLFC-044	Tablero A5-2 UPS línea Viseras	1	3	0	0	4	MC
53	Tableros	TABLFC-046	Tablero A6 PLC línea Viseras	1	2	0	0	3	MC
54	Tableros	TABLFC-037	Tablero Decanter	3	2	0	0	5	MC
55	Tableros	TABLFC-045	Tablero Caldero	3	1	0	0	4	MC
56	Tableros	TABLFC-046	Tablero Sala de Tratamiento de agua	1	3	0	0	4	MC
57	Tableros	TABLFC-047	Tablero Quemador	1	4	0	0	5	MC
				<b>37</b>	<b>64</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>117</b>	

En tableros, no hay equipos no críticos ni altamente críticos, los tableros en su mayoría son críticos. En la tabla 11 se muestra la criticidad de los tableros como sistema, es decir en función a sus componentes.

**Tabla 11.**

Cantidad de componentes críticos en tableros.

Componentes	CANTIDAD	Porcentaje
NO CRÍTICOS	37	32%
MEDIANAMENTE CRÍTICOS	64	55%
CRÍTICOS	16	14%
ALTAMENTE CRÍTICOS	0	0%
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>100%</b>

El 32 % de los componentes de tableros son no críticos. En comparativa con las líneas de procesamiento, el área con menor porcentaje de componentes críticos es la de la línea de vísceras.

De un total de 57 equipos, los equipos considerados en lo posterior, son una suma de 53, lo cual representa un porcentaje del 92.98%.

## **4.2. Confiabilidad y disponibilidad en proceso Rendering.**

El pretest de confiabilidad se realizó a los equipos medianamente críticos, críticos y altamente críticos. Para ello se implementaron los indicadores: disponibilidad y confiabilidad. El total de equipos a evaluar, son 53 de los 57 equipos evaluados por criticidad.

### **4.2.1. Historial de mantenimiento 2021**

Los historiales se anexaron al final de este informe.

### **4.2.2. MTBF 2021**

El tiempo medio entre fallos para la línea de proceso de plumas 2021.

$$MTBF_{\text{DIGEST 001}} = \frac{1440 - 31}{10} = 140.90 \text{ Horas}$$

Los resultados del MTBF en el año 2021, para las líneas de procesamiento y tableros se adjuntaron al final de este informe.

### **4.2.3. MTTR 2021**

El tiempo medio entre fallos para la línea de proceso de plumas y sangre 2021.

$$MTTR_{(\text{DIGEST 001})} = \frac{31}{10} = 3.1 \text{ Horas}$$

Los resultados del MTTR en el año 2021, para las líneas de procesamiento y tableros se adjuntaron al final de este informe.

### **4.2.4. Disponibilidad 2021**

La disponibilidad de los equipos en el periodo 2021, se calcularon por trimestre para los equipos medianamente críticos, críticos y altamente críticos.

$$Disponibilidad_{(\text{DIGEST 001})} = \frac{140.90}{140.90 + 3.1} = 97.85 \%$$

Los resultados de la disponibilidad se muestran en la tabla 12, 13 y 14, para los 4 trimestres del año 2021.

**Tabla 12.**  
Disponibilidad proceso plumas y sangre – 2021.

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	DISPONIBILIDAD 2021				D
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	Promedio
1	Plumas	TOLVAA 002	MC	Recepción	99.72%	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%
2	Plumas	TRAHEL 043	MC	Transportador	98.82%	100.00%	100.00%	100.00%	99.70%
3	Plumas	DIGEST 001	AC	Digestor	97.85%	99.45%	99.46%	98.30%	98.76%
4	Plumas	TOLVAA 004	MC	Tolva	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
5	Plumas	TRAHEL 049	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
6	Plumas	SECHAR 001	MC	Secador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
7	Plumas	TRAHEL 045	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
8	Plumas	CEPROT 001	C	Cernidor	99.79%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%
9	Plumas	TRAHEL 050	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
10	Plumas	MOLMAR 010	MC	Molino	99.93%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%
11	Plumas	TRAHEL 053	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
13	Plumas	TRAHEL 051	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
14	Plumas	ENSAC 001	MC	Ensamado	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
15	Plumas	QUEGAS 001	C	Quemador	99.93%	100.00%	99.93%	96.40%	99.07%
17	Plumas	VENTIL 025	C	Ventilador	100.00%	100.00%	98.71%	99.59%	99.58%

**Tabla 13.**  
Disponibilidad proceso vísceras – 2021.

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	DISPONIBILIDAD 2021				D
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	Promedio
18	Vísceras	TOLVAA 001	MC	Recepción	99.86%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%
19	Vísceras	TRAHEL 044	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
20	Vísceras	DIGEST 002	AC	Digestor	100.00%	100.00%	99.52%	99.80%	99.83%
21	Vísceras	TOLVAA 003	MC	Tolva	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
22	Vísceras	TRAHEL 046	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
23	Vísceras	PREHAR 001	MC	Prensado	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
24	Vísceras	TRAHEL 047	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
25	Vísceras	MOLMAR 009	MC	Molino	100.00%	100.00%	99.86%	100.00%	99.97%
27	Vísceras	TRAHEL 052	MC	Transportador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
28	Vísceras	ENSAC 001	MC	Ensamado	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

**Tabla 14.**  
Disponibilidad tableros – 2021.

N°	Parte	Código	CT R	Sistema	DISPONIBILIDAD 2021				D
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	Promedio
30	Tableros	TABLFU -045	C	Tablero general	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
31	Tableros	TABLFC -019	C	Tablero de distribución	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
32	Tableros	TABLFC -021	C	Tablero contra-incendio	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
33	Tableros	TABLFC -041	C	Tablero de distribución N°2	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
34	Tableros	TABLFC -020	C	Tablero control torre vahos	100.00%	99.86%	100.00%	100.00%	99.97%
35	Tableros	TABLFC -042	C	Tablero distribución N°3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
36	Tableros	TABLFC -022	C	Tablero A1 producción línea plumas	99.86%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%
37	Tableros	TABLFC -023	C	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
38	Tableros	TABLFC -024	C	Tablero A2-2 Digestor Plumas	100.00%	99.93%	100.00%	100.00%	99.98%
39	Tableros	TABLFC -025	C	Tablero A3 Molino Plumas	100.00%	99.93%	100.00%	100.00%	99.98%
40	Tableros	TABLFC -026	C	Tablero A4-1 Equipos Plumas	100.00%	100.00%	99.93%	100.00%	99.98%
41	Tableros	TABLFC -027	C	Tablero A4-2 Equipos Plumas	100.00%	100.00%	99.93%	100.00%	99.98%
42	Tableros	TABLFC -028	C	Tablero A5-1 tráfico Sist. Pesaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
43	Tableros	TABLFC -029	MC	Tablero A5-2 UPS Línea Plumas	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
44	Tableros	TABLFC -030	MC	Tablero A6 PLC Línea Plumas	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
45	Tableros	TABLFC -031	C	Tablero A1 Principal Línea Viseras	100.00%	100.00%	99.93%	100.00%	99.98%
46	Tableros	TABLFC -032	C	Tablero A2-1 Digestor Viseras	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.98%
47	Tableros	TABLFC -033	MC	Tablero A2-2 Motor Prensa	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.98%
48	Tableros	TABLFC -034	MC	Tablero A3-1 Molino Viseras	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
49	Tableros	TABLFC -035	MC	Tablero A3-2 Equipos Visceras	100.00%	100.00%	99.93%	100.00%	99.98%
50	Tableros	TABLFC -036	MC	Tablero A4 Equipos Viseras	99.93%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%
51	Tableros	TABLFC -043	C	Tablero A5-1 tráfico Sist. Pesaje	100.00%	99.93%	100.00%	100.00%	99.98%
52	Tableros	TABLFC -044	MC	Tablero A5-2 UPS Línea Viseras	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
53	Tableros	TABLFC -046	MC	Tablero A6 PLC Línea Viseras	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
54	Tableros	TABLFC -037	MC	Tablero Decanter	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
55	Tableros	TABLFC -045	MC	Tablero Caldero	100.00%	99.86%	99.86%	100.00%	99.93%
56	Tableros	TABLFC -046	MC	Tablero Sala de Tratamiento de agua	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
57	Tableros	TABLFC -047	MC	Tablero Quemador	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

#### 4.2.5. Confiabilidad 2021

La confiabilidad exponencial para cada trimestre considerando MTBF igual al tiempo de operación del respectivo trimestre o de 1 año para cuando no hubo falla.

$$R = 1 - e^{-\left(\frac{\tau}{MTBF}\right)}$$

**Tabla 15.**  
Confiabilidad proceso plumas – 2021.

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	CONFIABILIDAD (MTBF ESPERADO)				R(t)
					2021				Promedio
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	
1	Plumas	TOLVAA 002	MC	Recepción	63.11%	63.21%	63.21%	63.21%	63.19%
2	Plumas	TRAHEL 043	MC	Transportador	21.89%	63.21%	63.21%	63.21%	52.88%
3	Plumas	DIGEST 001	AC	Digestor	9.32%	22.01%	22.01%	13.10%	16.61%
4	Plumas	TOLVAA 004	MC	Tolva	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
5	Plumas	TRAHEL 049	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
6	Plumas	SECHAR 001	MC	Secador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
7	Plumas	TRAHEL 045	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
8	Plumas	CEPROT 001	C	Cernidor	63.14%	63.21%	63.21%	63.21%	63.19%
9	Plumas	TRAHEL 050	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
10	Plumas	MOLMAR 010	MC	Molino	63.19%	63.21%	63.21%	63.21%	63.21%
11	Plumas	TRAHEL 053	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
13	Plumas	TRAHEL 051	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
14	Plumas	ENSAC 001	MC	Ensacado	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
15	Plumas	QUEGAS 001	C	Quemador	63.19%	63.21%	63.19%	14.84%	51.11%
17	Plumas	VENTIL 025	C	Ventilador	63.21%	63.21%	28.04%	39.22%	48.42%

Se observó que la confiabilidad es baja para los equipos críticos y altamente críticos; y los medianamente críticos en su mayoría tienen una alta confiabilidad, ya que no se ha registrado fallas hasta la fecha. Los equipos con menor confiabilidad son el digestor DIGEST001 (AC) con 16.61 %, el ventilador VENTIL025 con 48.42% y el quemador de gas QUEGAS 001 con 51.11 %.

En la tabla 16, se muestran los resultados de confiabilidad por trimestre y promedio de la línea de vísceras en el año 2021.



**Tabla 16.**  
Confiabilidad proceso vísceras – 2021.

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	CONFIABILIDAD (MTBF ESPERADO)				R(t)
					2021				Promedio
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	
18	Vísceras	TOLVAA 001	MC	Recepción	63.16%	63.21%	63.21%	63.21%	63.20%
19	Vísceras	TRAHEL 044	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
20	Vísceras	DIGEST 002	AC	Digestor	63.21%	63.21%	63.04%	63.14%	63.15%
21	Vísceras	TOLVAA 003	MC	Tolva	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
22	Vísceras	TRAHEL 046	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
23	Vísceras	PREHAR 001	MC	Prensado	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
24	Vísceras	TRAHEL 047	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
25	Vísceras	MOLMAR 009	MC	Molino	63.21%	63.21%	63.16%	63.21%	63.20%
27	Vísceras	TRAHEL 052	MC	Transportador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
28	Vísceras	ENSAC 001	MC	Ensamado	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%

En el área de vísceras se obtuvo un valor mínimo de confiabilidad 63.20%, uno de ellos el digestor DIGEST 002.

En la tabla 17 se muestra los resultados de confiabilidad de tableros en el año 2021.

**Tabla 17.**  
Confiabilidad tableros – 2021.

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	CONFIABILIDAD (MTBF ESPERADO)				R(t)
					2021				Promedio
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	
30	Table-ros	TABLFC-045	C	Tablero general	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
31	Table-ros	TABLFC-019	C	Tablero de distribución	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
32	Table-ros	TABLFC-021	C	Tablero contra incendios	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
33	Table-ros	TABLFC-041	C	Tablero de distribución N°2	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
34	Table-ros	TABLFC-020	C	Tablero control torre vahos	63.21%	63.16%	63.21%	63.21%	63.20%
35	Table-ros	TABLFC-042	C	Tablero distribución N°3	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
36	Table-ros	TABLFC-022	C	Tablero A1 producción línea plumas	39.30%	63.21%	63.21%	63.21%	57.24%

**Tabla 18.**  
Confiabilidad tableros – 2021. (continuación)

N°	Parte	Código	CTR	Sistema	CONFIABILIDAD (MTBF ESPERADO)				R(t)
					2021				Promedio
					1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	
37	Table ros	TABLFC-023	C	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
38	Table ros	TABLFC-024	C	Tablero A2-2 Digestor Plumas	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%	63.21%
39	Table ros	TABLFC-025	C	Tablero A3 Molino Plumas	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%	63.21%
40	Table ros	TABLFC-026	C	TableroA4-1 Equipos Plumas	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%
41	Table ros	TABLFC-027	C	Tablero A4-2 Equipos Plumas	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%
42	Table ros	TABLFC-028	C	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
43	Table ros	TABLFC-029	MC	Tablero A5-2 UPS línea Plumas	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
44	Table ros	TABLFC-030	MC	Tablero A6 PLC línea Plumas	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
45	Table ros	TABLFC-031	C	Tablero A1 Principal línea Viseras	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%
46	Table ros	TABLFC-032	C	TableroA2-1 Digestor Viseras	63.21%	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%
47	Table ros	TABLFC-033	MC	Tablero A2-2 Motor Prensa	63.21%	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%
48	Table ros	TABLFC-034	MC	TableroA3-1 Molino Viseras	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
49	Table ros	TABLFC-035	MC	TableroA3-2 Equipos Vísceras	63.21%	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%
50	Table ros	TABLFC-036	MC	Tablero A4 Equipos Viseras	63.19%	63.21%	63.21%	63.21%	63.21%
51	Table ros	TABLFC-043	C	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	63.21%	63.19%	63.21%	63.21%	63.21%
52	Table ros	TABLFC-044	MC	Tablero A5-2 UPS línea Viseras	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
53	Table ros	TABLFC-046	MC	Tablero A6 PLC línea Viseras	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
54	Table ros	TABLFC-037	MC	Tablero Decanter	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
55	Table ros	TABLFC-045	MC	Tablero Caldero	63.21%	63.16%	63.16%	63.21%	63.19%
56	Table ros	TABLFC-046	MC	Tablero Sala de Tratamiento de agua	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%
57	Table ros	TABLFC-047	MC	Tablero Quemador	98.27%	98.19%	98.11%	98.11%	98.17%

En la tabla 19 se muestra el resumen conjunto de la criticidad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos con menor confiabilidad calculada del año 2021. Estos equipos fueron los considerados en el programa de mantenimiento.

**Tabla 19.** Resumen resultados disponibilidad confiabilidad y criticidad.

N°	Área	Código	Sistema	CTR	Porcentaje de partes críticas del equipo				Disponibilidad	MTBF esp (h)	R(MTBF esperado)
					NC	MC	C	AC			
1	Plumas	TOLVAA 002	Recepción	55	60%	40%	0%	0%	99.93%	1460.00	63.19%
2	Plumas	TRAHEL 043	Transportador	59	60%	40%	0%	0%	99.70%	1460.00	52.88%
3	Plumas	DIGEST 001	Digestor	143	50%	17%	17%	17%	98.76%	1460.00	16.61%
8	Plumas	CEPROT 001	Cernidor	60	40%	20%	20%	20%	99.95%	1460.00	63.19%
10	Plumas	MOLMAR 010	Molino	34	80%	20%	0%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
15	Plumas	QUEGAS 001	Quemador	86	17%	17%	33%	33%	99.07%	1460.00	51.11%
17	Plumas	VENTIL 025	Ventilador	96	17%	50%	17%	17%	99.58%	1460.00	48.42%
18	Vísceras	TOLVAA 001	Recepción	55	60%	40%	0%	0%	99.97%	1460.00	63.20%
20	Vísceras	DIGEST 002	Digestor	143	40%	20%	20%	20%	99.83%	1460.00	63.15%
25	Vísceras	MOLMAR 009	Molino	34	80%	20%	0%	0%	99.97%	1460.00	63.20%
34	Tableros	TABLFC-020	Tablero control torre vahos	78	25%	50%	25%	0%	99.97%	1460.00	63.20%
36	Tableros	TABLFC-022	Tablero A1 producción línea plumas	50	33%	33%	33%	0%	99.97%	1460.00	57.24%
38	Tableros	TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	80	25%	50%	25%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
39	Tableros	TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	80	25%	50%	25%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
40	Tableros	TABLFC-026	TableroA4-1 Equipos Plumas	98	20%	60%	20%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
41	Tableros	TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	98	20%	60%	20%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
45	Tableros	TABLFC-031	Tablero A1 Principal línea Viseras	53	33%	33%	33%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
46	Tableros	TABLFC-032	TableroA2-1 Digestor Viseras	82	25%	50%	25%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
47	Tableros	TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	80	25%	75%	0%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
49	Tableros	TABLFC-035	TableroA3-2 Equipos Vísceras	96	20%	80%	0%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
50	Tableros	TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	90	20%	80%	0%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
51	Tableros	TABLFC-043	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	95	20%	60%	20%	0%	99.98%	1460.00	63.21%
55	Tableros	TABLFC-045	Tablero Caldero	50	75%	25%	0%	0%	99.93%	1460.00	63.19%

### 4.3. Implementación programa de mantenimiento en proceso Rendering

#### 4.3.1. Aplicación de AMFE en equipos críticos de proceso Rendering

Se implementó la herramienta de análisis de modo de falla y efecto para determinar las fallas de las partes críticas con baja confiabilidad.

**Tabla 20.**  
AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad - Tolva 002.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
Tolva 002	63.19%	Tornillo helicoidal	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada	9	Sobrecarga o elemento metálico de gran tamaño.	1	Ninguna	5	45
			Desgaste prematuro de puntas.	Pérdida de material	Parada	5	Elemento metálico.	3	Ninguna	3	45
			Desgaste de carcasa.	Pérdida de material	Parada	2	Elemento metálico.	2	Ninguna	4	16
		Bocina	Desgaste	Pérdida de material	Recalentamiento de bocina.	6	Lubricación deficiente.	6	Inspección visual	5	180
			Identación en superficie de rodadura	Fatiga mecánica	Altas vibraciones y parada del tornillo.	7	Sobrecarga	4	Inspección visual	6	168

**Tabla 21.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Trahel 043.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
Trahel 043	52.88%	Tornillo helicoidal	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada	9	Sobrecarga o elemento metálico de gran tamaño.	2	Ninguna	5	90
			Desgaste prematuro de puntas.	Pérdida de material	Parada	5	Elemento metálico de tamaño menor a 5 mm.	3	Ninguna	3	45
			Desgaste de carcasa.	Pérdida de material	Parada	2	Elemento metálico de tamaño menor a 5 mm.	2	Ninguna	4	16
		Bocina	Desgaste	Pérdida de material	Recalentamiento de bocina.	6	Lubricación deficiente.	5	Análisis de aceite cada 6 meses.	6	180
			Identación en superficie de rodadura	Fatiga mecánica	Altas vibraciones y parada del tornillo.	7	Sobrecarga	4	Inspección visual	6	168
		Motorreductor	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada de reductor	8	Fuga de aceite	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	168
			Desgaste prematuro de engranajes.	Pérdida de material	Parada de reductor	8	Fuga de aceite/sobrecarga	3	Análisis de aceite cada 6 meses.	7	168
			Deformación	Fatiga por flexión	Parada de reductor	8	Sobrecarga	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	168
			Pérdida de la resistencia de aislamiento	Falla eléctrica	Sobrecalienta motor	7	Sobrecarga	4	Megado	6	168

**Tabla 22.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001 y Ceprot 001.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrenci	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
Digest 001	16.61%	Junta rotativa	Deterioro de empaquetadura	Hermeticidad	Fuga de vapor moderado	10	Error de instalación, empaque de baja calidad o material inadecuado.	7	Reemplazo correctivo mensual, cambio programado cada 3 meses.	6	420
		Compuertas	Deterioro de empaquetadura	Hermeticidad	Fuga de vapor moderado	10	Error de instalación, empaque de baja calidad o material inadecuado.	4	Reemplazo correctivo, cambio programado cada 4 meses.	6	240
		Motorreductor	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada de reductor	9	Fuga de aceite	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189
			Desgaste prematuro de engranajes.	Pérdida de material	Parada de reductor	9	Fuga de aceite/sobrecarga	3	Análisis de aceite cada 6 meses.	7	189
			Pérdida de la resistencia de aislamiento	Falla eléctrica	Sobrecalienta motor	7	Sobrecarga	4	Megado	6	168
			Deformación	Fatiga por flexión	Parada de reductor	9	Sobrecarga	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189
Ceprot 001	63.19%	Raspadores	Ruptura de rotor	Falla mecánica	Parada de raspador.	7	Sobrecarga	5	Ninguna	5	175
		Motorreductor	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada de reductor	7	Fuga de aceite	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	147
			Desgaste prematuro de engranajes.	Pérdida de material	Parada de reductor	7	Fuga de aceite/sobrecarga	3	Análisis de aceite cada 6 meses.	7	147
			Pérdida de la resistencia de aislamiento	Falla eléctrica	Sobrecalienta motor	7	Sobrecarga	4	Megado	6	168
			Deformación	Fatiga por flexión	Parada de reductor	7	Sobrecarga	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	147

**Tabla 23.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001 y Ceprot 001.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
Molmar 010	63.21%	Acoplamiento de malla	Aumento de temperatura.	Fatiga	Sonido anormal	7	Desalineamiento, lubricación ineficiente.	3	Revisión de lubricación, cambio anual del acople.	5	105
		Criba	Ruptura de criba.	Falla mecánica	Tamaño de cribado inadecuado.	8	Impacto de residuos metálicos no detectados por el magnético.	3	Acción correctiva.	6	144
Quegas 001	51.11%	Servomotores	No regula	Falla en el devanado	Sobrecalentamiento de quemador	10	Degradación por uso.	2	Ninguna	8	160
Ventil 025	48.42%	Chumacera	Desgaste prematuro.	Pérdida de material	Altas vibraciones y sonido anormal	10	Desalineamiento, lubricación ineficiente.	4	Ajuste de ventilador	7	280
		Estructura	Ruptura de pernería.	Falla mecánica	Rajadura de carcasa	10	Desalineamiento.	3	Ajuste de ventilador, soldeo de reparación y reajuste de pernería.	6	180
		Transmisión	Desgaste anormal en correas.	Ruptura de elementos flexibles.	Parada del ventilador.	9	Desalineamiento.	3	Ninguna	6	162
		Motorreductor	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada de reductor	9	Fuga de aceite	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189
			Desgaste prematuro de engranajes.	Pérdida de material	Parada de reductor	9	Fuga de aceite/sobrecarga	3	Análisis de aceite cada 6 meses.	7	189
			Pérdida de la resistencia de aislamiento	Falla eléctrica	Sobrecalentamotor	7	Sobrecarga	4	Megado	6	168
			Deformación	Fatiga por flexión	Parada de reductor	9	Sobrecarga	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189

**Tabla 24.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Tolva 001 y Digest 002.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
Tolva 001	63.20%	Tornillo helicoidal	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada	9	Sobrecarga o elemento metálico de gran tamaño.	1	Ninguna	5	45
			Desgaste prematuro de puntas.	Pérdida de material	Parada	5	Elemento metálico.	2	Ninguna	3	30
			Desgaste de carcasa.	Pérdida de material	Parada	2	Elemento metálico.	2	Ninguna	4	16
		Bocina	Desgaste	Pérdida de material	Recalentamiento de bocina.	6	Lubricación deficiente.	3	Inspección visual	5	90
			Identación en superficie de rodadura	Fatiga mecánica	Altas vibraciones y parada del tornillo.	7	Sobrecarga	3	Inspección visual	6	126
Digest 002	63.15%	Junta rotativa	Deterioro de empaquetadura	Hermeticidad	Fuga de vapor moderado	10	Error de instalación, empaque de baja calidad o material inadecuado.	4	Reemplazo correctivo mensual, cambio programado cada 3 meses.	6	240
		Compuertas	Deterioro de empaquetadura	Hermeticidad	Fuga de vapor moderado	10	Error de instalación, empaque de baja calidad o material inadecuado.	4	Reemplazo correctivo, cambio programado cada 4 meses.	6	240
		Motorreductor	Ruptura de eje.	Falla mecánica	Parada de reductor	9	Fuga de aceite	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189
			Desgaste prematuro de engranajes.	Pérdida de material	Parada de reductor	9	Fuga de aceite/sobrecarga	3	Análisis de aceite cada 6 meses.	7	189
			Pérdida de la resistencia de aislamiento	Falla eléctrica	Sobrecalentamiento	7	Sobrecarga	4	Megado	6	168
			Deformación	Fatiga por flexión	Parada de reductor	9	Sobrecarga	3	Análisis vibracional y termográfico cada 2 meses.	7	189



**Tabla 25.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-020, TABLFC-022 y TABLFC-024.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
TABLFC-020	63.20%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	4	Cambio anual	5	180
TABLFC-022	57.24%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108
TABLFC-024	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
		Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108	

**Tabla 26.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-025, TABLFC-026 y TABLFC-027.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrenci	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
TABLFC-025	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
		Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108	
TABLFC-026	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
		Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108	
TABLFC-027	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
		Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108	

**Tabla 27.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-031, TABLFC-032 y TABLFC-033.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrencia	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
TABLFC-031	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108
TABLFC-032	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108
TABLFC-033	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108

**Tabla 28.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-035 y TABLFC-036.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurrenci	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
TABLFC-035	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108
TABLFC-036	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108

**Tabla 29.**

AMFE para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – TABLFC-035 y TABLFC-036.

Sistema crítico	R (MTBF actual)	Parte crítica	Falla	Modo de falla	Efecto de falla	Gravedad	Causa de falla	Ocurren	Verificación y/o control actual	Detección	NPR
TABLFC-043	63.21%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Variador	Terminal suelto o cable averiado.	Sobrecarga de corriente.	Sobrecalentamiento	7	Fase desconectada.	2	Inspección visual reactiva	3	42
			Mensaje de error en variador	Fuga a tierra	Parada de equipo	7	Envejecimiento de conductores.	4	Inspección visual reactiva	7	196
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108
TABLFC-045	63.19%	Llave termomagnética	Contacto abierto	Falla eléctrica	Parada de sistema.	9	Corriente de corto circuito	4	Inspección visual reactiva	7	252
		Transformador de corriente	Corrosión	Arco eléctrico	Sobrecalentamiento	9	Falta de limpieza, humedad.	4	Inspección visual	5	180
			Descargas de alto voltaje	Arco eléctrico	Sonido anormal, daño en el equipo y parada del sistema.	10	Mala conexión del secundario.	5	Cambio anual	7	350
			Ruptura de sujeción.	Fatiga	Altas vibraciones.	9	Sobrecarga, tornillos de sujeción del núcleo con ajuste incorrecto.	2	Cambio anual	6	108

Se obtuvo un total de 94 fallas con un NPR mayor a 100, de 113 fallas analizadas y se han propuesto actividades predictivas para las 94 fallas.

### 4.3.2. Solución AMFE proceso Rendering

Se propusieron las siguientes acciones predictivas como solución y se proyectó la confiabilidad en base a la modificación del MTBF que define la frecuencia de las acciones recomendadas. Asimismo, se muestra la proyección del porcentaje de acciones recomendadas y su relación con la disminución del NPR.

**Tabla 30.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad - Tolva 002

Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)		Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones			
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo
1	Tolva 002	560.00	92.61%	A	Inspección visual de eje cada 560 horas.	Operario mecánico	10	9	90%	9	1	1	9
				B	Inspección visual de puntas cada 560 horas.	Operario mecánico	10	8	80%	5	1	1	5
				C	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	Inspector predictivo	10	10	100%	2	1	1	2
				D	Inspección termográfica bocina cada 560 horas.	Inspector predictivo	10	7	70%	6	2	2	24
				E	Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Operario mecánico	10	8	80%	7	1	2	14

**Tabla 31.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Trahel 043

Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
									Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
2	Trahel 043	336.00	90.37%	A	Inspección visual de eje cada 336 horas.	Operario mecánico	17	16	94%	9	1	1	9
				B	Inspección visual de puntas cada 336 horas.	Operario mecánico	17	16	94%	5	1	1	5
				C	Inspección por UT a carcasa cada 560 horas.	Inspector predictivo	10	9	90%	2	1	1	2
				D	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada 504 horas.	Inspector predictivo	17	15	88%	6	1	1	6
				E	Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspector predictivo	17	14	82%	7	1	2	14
				F	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	Inspector predictivo	10	8	80%	8	1	2	16
				G	Análisis ferrográfico de aceite cada 504 horas.	Inspector predictivo	11	7	64%	8	2	3	48
				H	Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspector predictivo	17	9	53%	8	2	4	64
				I	Megado cada 2880 horas	Técnico electricista	2	2	100%	7	1	1	7

**Tabla 32.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Digest 001.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
420	3	Digest 001	96.00	90.21%	A	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	Operario mecánico	60	40	67%	10	3	2	60
240					B	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	Operario mecánico	60	40	67%	10	2	2	40
189					C	Análisis vibracional cada 480 horas	Inspector predictivo	60	45	75%	9	1	2	18
189					D	Análisis de aceite cada 2000 horas	Inspector predictivo	20	19	95%	9	1	1	9
168					E	Megado cada 2880 horas	Técnico electricista	2	2	100%	7	1	1	7
189					F	Acción 3C								



**Tabla 33.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Ceprot 001 y Molmar 010.

Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)		Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones			
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo
4	Ceprot 001	624.00	90.35%	A	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	7	1	1	7
				B	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	7	1	1	7
				C	Análisis ferrográfico de aceite cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	7
				D	Megado cada 2880 horas	Técnico electricista	2	2	100%	7	1	1	7
				E	Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Operario mecánico	9	8	89%	7	1	1	7
5	Molmar 010	624.00	90.36%	A	Seleccionar acople con mayor capacidad y análisis vibracional cada 624 horas	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	7
				B	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	8	1	1	8

**Tabla 34.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Quegas 001 y Ventil 025.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)		Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones			
											Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo
160	6	Quegas 001	240.00	90.49%	A	Inspección visual cada 240 horas.	Operario mecánico	24	22	92%	10	1	1	10
280	7	Ventil 025	336.00	90.59%	A	Análisis de vibraciones chumacera cada 480 horas.	Inspector predictivo	17	15	88%	10	1	1	10
180					B	Análisis de vibración estructura cada 480 horas.	Inspector predictivo	17	15	88%	10	1	1	10
162					C	Inspección visual, tensión y alineamiento laser cada 336 horas.	Inspector predictivo	17	15	88%	9	1	1	9
189					D	Análisis vibracional cada 480 horas	Inspector predictivo	17	15	88%	9	1	1	9
168					E	Megado cada 2880 horas	Técnico electricista	2	2	100%	7	1	1	7
189					F	Inspección termográfica.	Inspector predictivo	17	15	88%	9	1	1	9

**Tabla 35.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad – Tolva 001 y Digest 002.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
45	8	Tolva 001	624.00	90.35%	A	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	9	1	1	9
30					B	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	5	1	1	5
16					C	Inspección por UT a carcasa cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	2	1	1	2
90					D	Inspección termográfica bocina cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	6	1	1	6
126					E	Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Operario mecánico	9	8	89%	7	1	1	7
240	9	Digest 002	624.00	90.32%	A	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	10	1	1	10
240					B	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	10	1	1	10
189					C	Análisis vibracional cada 624 horas	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
189					D	Análisis de aceite cada 2000 horas	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
168					E	Megado cada 2880 horas	Técnico electricista	2	2	100%	7	1	1	7
189					F	Análisis vibracional cada 624 horas	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
105	10	Molmar 009	624.00	90.35%	A	Seleccionar acople con mayor capacidad y verificar lubricante cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	7	1	1	7
144					B	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	9	8	89%	8	1	1	8

**Tabla 36.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 020 Y TABLFC 024.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
252	11	TABLFC-020	624.00	90.35%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
180					B	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					C	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	12	TABLFC-022	480.00	90.88%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 480 horas.	Inspector predictivo	12	11	92%	9	1	1	9
180					B	Inspección termográfica cada 480 horas.	Inspector predictivo	12	11	92%	9	1	1	9
350					C	Ajuste de conexiones cada 480 horas.	Técnico electricista	12	11	92%	10	1	1	10
252	13	TABLFC-024	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 480 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10

**Tabla 37.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 025 Y TABLFC 026.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
252	14	TABLFC-025	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	15	TABLFC-026	624.00	90.36%	A	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10

**Tabla 38.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 027 Y TABLFC 031.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
252	16	TABLFC-027	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	17	TABLFC-031	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
180					B	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					C	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	18	TABLFC-032	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10

**Tabla 39.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 033 Y TABLFC 035.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
252	19	TABLFC-033	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	20	TABLFC-035	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10

**Tabla 40.**

Acciones recomendadas y NPR proyectado para partes críticas de equipo con baja confiabilidad –TBLFC 036 Y TABLFC 045.

NPR	Número	Sistema crítico	MTBF planteado	R (MTBF planteado)	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s).	Acciones proyectadas por año	Acciones ejecutadas por año	% de acciones realizadas por año	Resultado de las acciones				
										Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR nuevo	
252	21	TABLFC-036	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	22	TABLFC-043	624.00	90.36%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
42					B	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
196					C	Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	7	1	1	
180					D	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					E	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10
252	23	TABLFC-045	624.00	90.35%	A	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
180					B	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	9	8	89%	9	1	1	9
350					C	Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	9	8	89%	10	1	1	10



### 4.3.3. Programa de mantenimiento predictivo para proceso Rendering

Se procede a implementar el programa de mantenimiento en base a la solución AMFE propuesta.

**Tabla 41.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TOLVA 002 y TRAHHEL 043.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Plumas	Tolva 002	Tornillo helicoidal	Inspección visual de eje cada 560 horas.	Operario mecánico	560.00	REN22-PI-MP-001	10
Plumas			Inspección visual de puntas cada 560 horas.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-002	10
Plumas			Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-003	15
Plumas		Bocina	Inspección termográfica bocina cada 560 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-004	15
Plumas			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-005	30
Plumas	Trahel 043	Tornillo helicoidal	Inspección visual de eje cada 336 horas.	Operario mecánico	336.00	REN22-PI-MP-006	10
Plumas			Inspección visual de puntas cada 336 horas.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-007	10
Plumas			Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-008	15
Plumas		Bocina	Inspección termográfica bocina cada 336 horas	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-009	40
Plumas			Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0010	15
Plumas		Motorreductor	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0011	15
Plumas			Análisis ferrográfico de aceite cada 2000 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0012	30
			Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspector predictivo		REN22--MP-0013	15
Plumas			Megado cada 2880 horas	Técnico electricista		REN22-PI-MP-0014	20

**Tabla 42.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas DIGEST 001, CEPROT 001, MOLMAR 010 Y QUEGAS 001.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Plumas	Digest 001	Junta rotativa	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	Operario mecánico	96.00	REN22-PI-MP-0015	10
Plumas		Compuertas	Inspección visual de empaquetadura cada 96 horas.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0016	10
Plumas		Motorreductor	Análisis vibracional cada 480 horas	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0017	10
Plumas			Análisis de aceite cada 2000 horas	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0018	40
Plumas			Megado cada 2880 horas	Técnico electricista		REN22-PI-MP-0019	15
Plumas	Ceprot 001	Raspadores	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico	624.00	REN22-PI-MP-0020	10
Plumas		Motor	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0021	10
Plumas			Inspección sistema transmisión	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0022	40
			Megado cada 2880 horas	Técnico electricista		REN22--MP-0023	20
Plumas			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento sistema eléctrico	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0024	15
Plumas	Molmar 010	Acoplamiento de malla	Seleccionar acople con mayor capacidad y análisis vibracional cada 624 horas	Inspector predictivo	624.00	REN22-PI-MP-0025	15
Plumas		Criba	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0026	20
Plumas	Quegas 001	Servomotores	Inspección prueba de funcionamiento cada 240 horas.	Operario mecánico	240.00	REN22-PI-MP-0027	20

**Tabla 43.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas VENTIL 025, TOLVA 001, DIGEST 002 y MOLMAR 009.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Plumas	Ventil 025	Chumacera	Análisis de vibraciones chumacera cada 480 horas.	Inspector predictivo	336.00	REN22-PI-MP-0028	15
Plumas		Estructura	Evaluación de estructura cada 480 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0029	15
Plumas		Transmisión	Inspección visual, tensión y alineamiento laser cada 336 horas.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0030	20
Plumas		Motor	Análisis vibracional cada 480 horas	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0031	15
Plumas			Megado cada 2880 horas	Técnico electricista		REN22-PI-MP-0033	20
Plumas			Inspección termográfica.	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0034	15
Visceras	Tolva 001	Tornillo helicoidal	Inspección helicoidal cada 624 horas.	Operario mecánico	624.00	REN22-Ví-MP-0035	5
Visceras			Inspección de pernos de acople cada 624 horas.	Operario mecánico		REN22-Ví-MP-0036	5
Visceras			Inspección por UT a carcaza cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ví-MP-0037	10
Visceras		Bocina	Inspección termográfica bocina cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ví-MP-0038	10
Visceras			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Operario mecánico		REN22-Ví-MP-0039	5
Visceras	Digest 002	Junta rotativa	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 624 horas.	Operario mecánico	624.00	REN22-Ví-MP-0040	5
Visceras		Compuertas	Inspección visual de empaquetadura cada 624 horas.	Operario mecánico		REN22-Ví-MP-0041	5
Visceras		Motorreductor	Análisis vibracional cada 624 horas	Inspector predictivo		REN22-Ví-MP-0042	10
Visceras			Análisis de aceite cada 2000 horas	Inspector predictivo		REN22-Ví-MP-0043	30
Visceras			Megado cada 2880 horas	Técnico electricista		REN22-Ví-MP-0044	20
Visceras			Análisis termográfico cada 624 horas	Inspector predictivo		REN22-Ví-MP-0045	10
Visceras	Molmar 009	Acoplamiento de malla	Seleccionar acople con mayor capacidad y verificar lubricante cada 624 horas.	Operario mecánico	624.00	REN22-Ví-MP-0046	10
Visceras		Criba	Inspección visual cada 624 horas.	Operario mecánico		REN22-Ví-MP-0047	20

**Tabla 44.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 020 y TABLFC 022.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-020	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0048	30
Tableros		Llave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0049	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0050	15
Tableros	TABLFC-022	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 480 horas.	Inspector predictivo	480.00	REN22-Ta-MP-0052	30
Tableros		Llave termomagnética	Inspección termográfica cada 480 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0053	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 480 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0054	15

**Tabla 45.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 024 y TABLFC 025.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-024	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones, pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0056	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0057	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0058	30
Tableros			Llave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.		Inspector predictivo	REN22-Ta-MP-0059
Tableros		Ajuste de conexiones cada 480 horas.		Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0060	15
Tableros	TABLFC-025	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0062	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0063	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0064	30
Tableros			Llave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.		Inspector predictivo	REN22-Ta-MP-0065
Tableros		Ajuste de conexiones cada 624 horas.		Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0066	15

**Tabla 46.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 026 y TABLFC 027.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-026	Llave termomagnética	Inspección termográfica ajustes cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0068	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0069	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0070	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0071	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0072	15
Tableros	TABLFC-027	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0074	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0075	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0076	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0077	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0078	15

**Tabla 47.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 031 y TABLFC 032.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-031	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0080	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0081	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0082	15
Tableros	TABLFC-032	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0084	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0085	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas..	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0086	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0087	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0088	15

**Tabla 48.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 033 y TABLFC 035.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-033	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0090	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0091	10
Tableros			Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas..	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0092	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0093	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-0094	15
Tableros	TABLFC-035	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-0096	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0097	10
Tableros			Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0098	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-0099	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-00100	15



**Tabla 49.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 047 y 43.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-036	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-00102	30
Tableros		Variador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-00103	10
Tableros			Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-00104	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-00105	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-00106	15
Tableros		TABLFC-043	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.		Inspector predictivo	624.00
Tableros	Variador, componentes eléctricos		Inspección termográfica cada 624 Horas.	Inspector predictivo	REN22-Ta-MP-00109	10	
Tableros			Medición de resistencia de aislamiento en puntos críticos cada 624 horas.	Inspector predictivo	REN22-Ta-MP-00110	30	
Tableros	Transformador, componentes eléctricos		Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo	REN22-Ta-MP-00111	10	
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista	REN22-Ta-MP-00112	15	

**Tabla 50.**

Codificación de orden de trabajo y tiempo de actividades predictivas TABLFC 045.

Área	Activo	Parte	Acción	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (min)
Tableros	TABLFC-045	Llave termomagnética	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Inspector predictivo	624.00	REN22-Ta-MP-00114	30
Tableros		Transformador, componentes eléctricos	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspector predictivo		REN22-Ta-MP-00115	10
Tableros			Ajuste de conexiones cada 624 horas.	Técnico electricista		REN22-Ta-MP-00116	15

El cronograma de trabajo se muestra en el anexo A8 al final del informe.

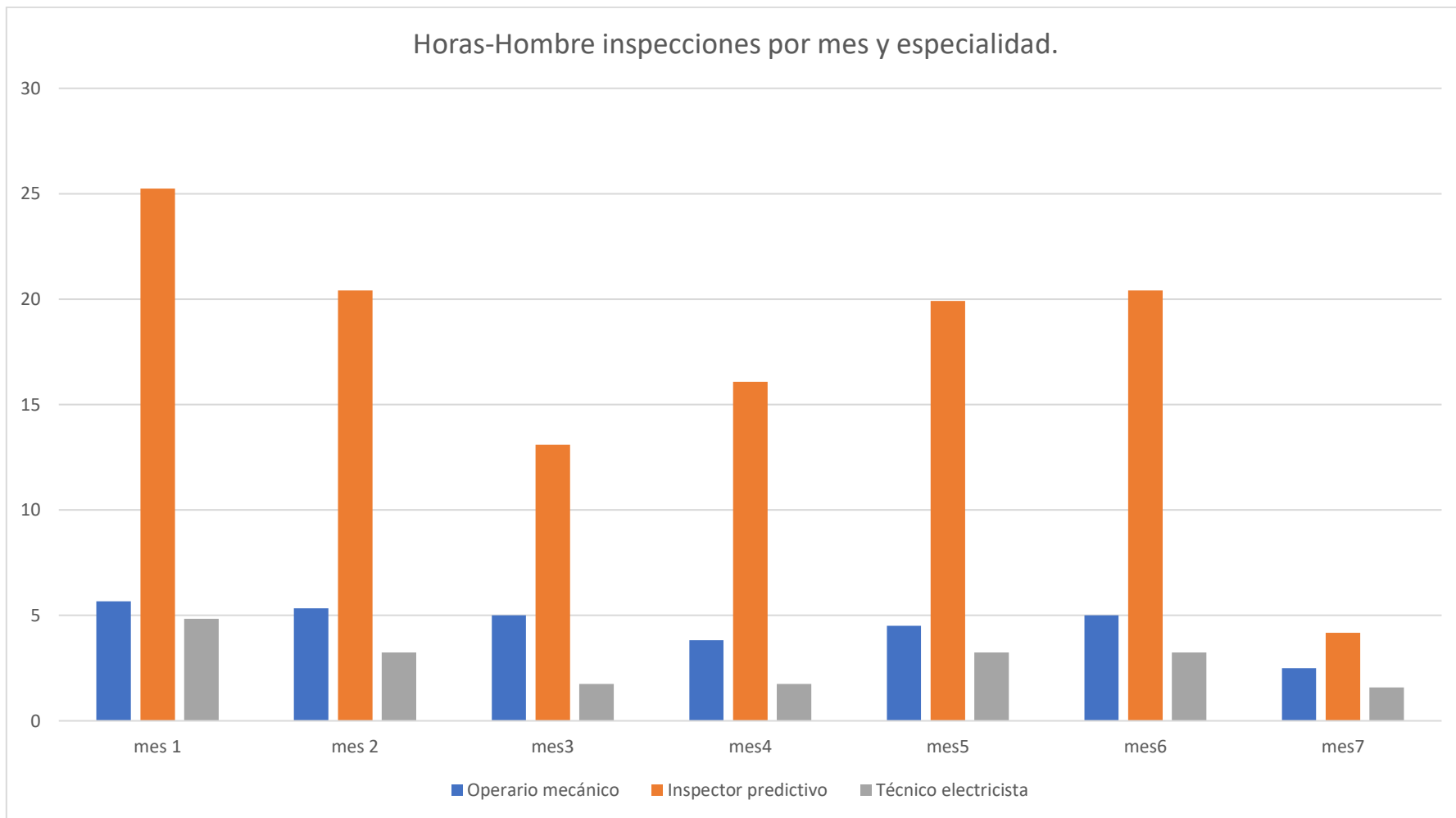


Figura 11. Horas hombre requeridas como mínimo por mes y especialidad para ejecutar actividades predictivas en línea de vísceras.




Figura 12. Uso de técnicas predictivas en el programa de mantenimiento en proceso Rendering.

**4.3.4. Formatos de equipos para registro de mantenimiento**

Se realizaron los siguientes formatos: ficha técnica del equipo y hoja de programa individual de inspección. Para la ficha técnica se consideró información que identifica el equipo, la orden de trabajo predictivo, los parámetros medidos de las acciones predictivas consideradas y una foto referencial. Para la hoja de programa individual de inspección se consideró la información del programa de mantenimiento para el equipo.

El formato de programa individual predictivo, PIP, permite tener un control individual de los equipos donde se reúne la información de tiempos de trabajo de mantenimiento predictivo y el número de órdenes de trabajo cumplidas. En las tablas 123 y 124 se muestran los formatos mencionados para el ejemplo de TRAHÉL 051.

**Tabla 51.**  
Formato ficha técnica – TRAHEL 051.

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA							Formato: UCV22-FT		
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.							Elaborado: 25/06/2022		
Ficha técnica							Revisión: A		
							Actualizado: 25/06/2022		
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>									
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)
			NC	MC	C	AC			
TRANSP. HELICOIDAL HAARLEV	TRAHEL-051	LÍNEA DE PLUMAS	60%	40%	0%	0%	99.70%	336	90.37%
<b>2. ACCESORIOS PRINCIPALES DEL ACTIVO</b>									
ACCESORIOS	CODIGO	MODELO	N° SERIE	HP	KW	VOLT	AMP	RPM	OBSERVACION
Motor	-	MS 100 L1-4	SH 703841-024	3.0	2.2	440	-	1710	Acc Sinfin Helec. Ensaque
Reductor	-	WJRT FAF77 AM100	J2-130724128					1400/17	Acoplamiento directo.
<b>3. PARAMETROS DE CONTROL MTTO PREDICTIVO:</b>									
NIVELES PERMISIBLES DE MONITOREO:									
DATA SHECK:	MON: Inspección Rutinaria	TEC: Severidad-Amplitud-Velocidad1X	Ventana: Baja Frecuencia 10-15Khz	WF: 2040-800 Lineas FFT					
NIVELES PERMISIBLES DE VIBRACIÓN, TEMPERATURA Y HOLGURAS EN EL RODAMIENTO:									
PARTE U OBJETO	VELOCIDAD (mm/s)	ACELERACION (g)	TEMPERATURA (°C)	JUEGO RADIAL MAX. RODAJE (um)					
MOTOR	12 mm/s	0.8 g	65°C						
CHUMACERA / RODAJE	12 mm/s	1.2 g	65 °C						
NIVELES PERMISIBLES DE ALINEACIÓN EJES				NIVELES PERMISIBLES DE ALINEACIÓN POLEAS					
ALINEACION PARALELA	ALINEACIÓN ANGULAR		ALINEACION PARALELA	2°	ALINEACIÓN ANGULAR		2°		
TENSION DE FAJAS									
CANT. FAJAS	20-24 Hz	K:	N:	S:					
<b>4. IMAGEN DE LA MÁQUINA Y SUS PARTES:</b>									
									

**Tabla 52.**


**Formato programa individual predictivo – TRAHHEL 051. (1-2)**

<b>PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA</b> <b>Implementación de un programa de mantenimiento predictivo</b> <b>para equipos industriales críticos en proceso Rendering.</b> Programa individual predictivo										
										Formato: UCV22-PIP
										Elaborado: 25/06/2022
										Revisión: A
										Hoja: 1-2
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO										
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo		R(MTBF)
			NC	MC	C	AC		(Horas)		
TRANSP. HELICOIDAL HAARLEV	TRAHEL-051	LÍNEA DE PLUMAS	60%	40%	0%	0%	99.70%	336	90.37%	
2. PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL										
N°	Acción	Fecha	Técnica	Orden de trabajo	Responsable	Check	Tiempo progr.	Tiempo real	Δt	Observación
1	Inspección visual cada 336 horas.	1/05/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico	Ok	10	8	2	
2	Inspección visual cada 336 horas.	1/05/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico	Ok	10	9	1	
3	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	1/05/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo	Ok	15	14	1	
4	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada	1/05/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo	Ok	40	45	-5	
5	Inspección termográfica cada 336 horas.	1/05/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo	Ok	15	16	-1	
6	Inspección visual de fugas de aceite cada y análisis vibracional cada 336 horas.	1/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo	Ok	15	15	0	
7	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	1/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo	Ok	30	25	5	
8	Inspección termográfica cada 336 horas.	1/05/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo	Ok	15	20	-5	
9	Inspección visual cada 336 horas.	22/05/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico	Ok	10	8	2	
10	Inspección visual cada 336 horas.	22/05/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico	Ok	10	9	1	
11	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	22/05/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo	Ok	15	14	1	
12	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada	22/05/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo	Ok	40	45	-5	
13	Inspección termográfica cada 336 horas.	22/05/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo	Ok	15	16	-1	
14	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	22/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo	Ok	15	15	0	
15	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	22/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo	Ok	30	25	5	
16	Inspección termográfica cada 336 horas.	22/05/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo	Ok	15	20	-5	
17	Inspección visual cada 336 horas.	12/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
18	Inspección visual cada 336 horas.	12/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico	Ok	10	9	1	
19	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	12/06/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo	Ok	15	16	-1	
20	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada	12/06/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo	Ok	40	40	0	
21	Inspección termográfica cada 336 horas.	12/06/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo	Ok	15	14	1	
22	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	12/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo	Ok	15	20	-5	
23	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	12/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo	Ok	30	40	-10	
24	Inspección termográfica cada 336 horas.	12/06/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo	Ok	15	18	-3	
25	Inspección visual cada 336 horas.	3/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico		10		10	
26	Inspección visual cada 336 horas.	3/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico		10		10	
27	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	3/07/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo		15		15	
28	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada 504 horas.	3/07/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo		40		40	
29	Inspección termográfica cada 336 horas.	3/07/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo		15		15	
30	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	3/07/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo		15		15	
31	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	3/07/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo		30		30	
32	Inspección termográfica cada 336 horas.	3/07/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo		15		15	

**Tabla 53.**  
**Formato programa individual predictivo – TRAHEL 051. (2-2)**

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA							Formato: UCV22-PIP																																																																																			
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.							Elaborado: 25/06/2022																																																																																			
Programa individual predictivo							Revisión: A																																																																																			
							Hoja: 2-2																																																																																			
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>																																																																																										
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)																																																																																	
			NC	MC	C	AC																																																																																				
TRANSP. HELICOIDAL HAARLEV	TRAHEL-051	LÍNEA DE PLUMAS	60%	40%	0%	0%	99.70%	336	90.37%																																																																																	
<b>2. PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL</b>																																																																																										
N°	Acción	Fecha	Técnica	Orden de trabajo	Responsable	Check	Tiempo progr.	Tiempo real	Δt	Observación																																																																																
33	Inspección visual cada 336 horas.	24/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico		10		10																																																																																	
34	Inspección visual cada 336 horas.	24/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico		10		10																																																																																	
35	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	24/07/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
36	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada	24/07/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo		40		40																																																																																	
37	Inspección termográfica cada 336 horas.	24/07/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
38	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	24/07/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
39	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	24/07/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo		30		30																																																																																	
40	Inspección termográfica cada 336 horas.	24/07/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
41	Inspección visual cada 336 horas.	21/01/1900	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico		10		10																																																																																	
42	Inspección visual cada 336 horas.	14/08/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-007	Operario mecánico		10		10																																																																																	
43	Inspección por UT a carcaza cada 560 horas.	14/08/2022	UT	REN22-PI-MP-008	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
44	Inspección termográfica bocina cada 336 horas y análisis físico-químico de aceite cada	14/08/2022	Termografía y análisis vibracional	REN22-PI-MP-009	Inspector predictivo		40		40																																																																																	
45	Inspección termográfica cada 336 horas.	14/08/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0010	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
46	Inspección visual de fugas de aceite cada y analisis vibracional cada 336 horas.	14/08/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0011	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
47	Análisis ferrogáfico de aceite cada 504 horas.	14/08/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0012	Inspector predictivo		30		30																																																																																	
48	Inspección termográfica cada 336 horas.	14/08/2022	Termografía	REN22-PI-MP-0013	Inspector predictivo		15		15																																																																																	
49	Inspección visual cada 336 horas.	11/02/1900	Inspección visual.	REN22-PI-MP-006	Operario mecánico		10		10																																																																																	
<b>3. PLANO GENERAL DE EQUIPO</b>																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">PARTS LIST</th> </tr> <tr> <th>ITEM</th> <th>QTY</th> <th>PART NUMBER</th> <th colspan="2">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>1</td> <td>79382</td> <td colspan="2">SCREW 2330 x 3000 HAARLEV RITECH</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1</td> <td>79381</td> <td colspan="2">TRUCK ASSEMBLY Ø230 X 3000</td> </tr> <tr> <td>201</td> <td>1</td> <td>BP232181</td> <td colspan="2">TRANSMISSION FRONTAL PLATE</td> </tr> <tr> <td>202</td> <td>1</td> <td>BP232182</td> <td colspan="2">SUPPORT FRONTAL PLATE</td> </tr> <tr> <td>203</td> <td>28</td> <td>AC120408</td> <td colspan="2">BOLT DIN 933 - M12 x 40 STEEL GRADE 8.8</td> </tr> <tr> <td>204</td> <td>28</td> <td>AG1128</td> <td colspan="2">NUT DIN 934 - M12 STEEL GRADE 8.8</td> </tr> <tr> <td>205</td> <td>80</td> <td>AG1128</td> <td colspan="2">WASHER DIN 124 - Ø12 STEEL GRADE 8.8</td> </tr> <tr> <td>301</td> <td>1</td> <td>BA232000</td> <td colspan="2">STANDARD CO-IBR ASSEMBLY 230 X 1400</td> </tr> <tr> <td>302</td> <td>1</td> <td>BP232000</td> <td colspan="2">STANDARD SAFETY CO-IBR 2330</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>1</td> <td>BA232000</td> <td colspan="2">STANDARD DRUMS FRONTAL ASSEMBLY Ø230 PART</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>1</td> <td>BA232001</td> <td colspan="2">STANDARD SUPPORT FRONTAL ASSEMBLY Ø230</td> </tr> <tr> <td>901</td> <td>1</td> <td>AG1123</td> <td colspan="2">ROTATION DIRECTION PLATE</td> </tr> <tr> <td>902</td> <td>1</td> <td>AG1126</td> <td colspan="2">LSDC DUCTILE</td> </tr> <tr> <td>903</td> <td>1</td> <td>79383</td> <td colspan="2">HAARLEV PLATE ASSEMBLY BRAZIL 150X151</td> </tr> </tbody> </table>											PARTS LIST					ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION		100	1	79382	SCREW 2330 x 3000 HAARLEV RITECH		200	1	79381	TRUCK ASSEMBLY Ø230 X 3000		201	1	BP232181	TRANSMISSION FRONTAL PLATE		202	1	BP232182	SUPPORT FRONTAL PLATE		203	28	AC120408	BOLT DIN 933 - M12 x 40 STEEL GRADE 8.8		204	28	AG1128	NUT DIN 934 - M12 STEEL GRADE 8.8		205	80	AG1128	WASHER DIN 124 - Ø12 STEEL GRADE 8.8		301	1	BA232000	STANDARD CO-IBR ASSEMBLY 230 X 1400		302	1	BP232000	STANDARD SAFETY CO-IBR 2330		400	1	BA232000	STANDARD DRUMS FRONTAL ASSEMBLY Ø230 PART		500	1	BA232001	STANDARD SUPPORT FRONTAL ASSEMBLY Ø230		901	1	AG1123	ROTATION DIRECTION PLATE		902	1	AG1126	LSDC DUCTILE		903	1	79383	HAARLEV PLATE ASSEMBLY BRAZIL 150X151	
PARTS LIST																																																																																										
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION																																																																																							
100	1	79382	SCREW 2330 x 3000 HAARLEV RITECH																																																																																							
200	1	79381	TRUCK ASSEMBLY Ø230 X 3000																																																																																							
201	1	BP232181	TRANSMISSION FRONTAL PLATE																																																																																							
202	1	BP232182	SUPPORT FRONTAL PLATE																																																																																							
203	28	AC120408	BOLT DIN 933 - M12 x 40 STEEL GRADE 8.8																																																																																							
204	28	AG1128	NUT DIN 934 - M12 STEEL GRADE 8.8																																																																																							
205	80	AG1128	WASHER DIN 124 - Ø12 STEEL GRADE 8.8																																																																																							
301	1	BA232000	STANDARD CO-IBR ASSEMBLY 230 X 1400																																																																																							
302	1	BP232000	STANDARD SAFETY CO-IBR 2330																																																																																							
400	1	BA232000	STANDARD DRUMS FRONTAL ASSEMBLY Ø230 PART																																																																																							
500	1	BA232001	STANDARD SUPPORT FRONTAL ASSEMBLY Ø230																																																																																							
901	1	AG1123	ROTATION DIRECTION PLATE																																																																																							
902	1	AG1126	LSDC DUCTILE																																																																																							
903	1	79383	HAARLEV PLATE ASSEMBLY BRAZIL 150X151																																																																																							
<table border="1" style="width: 50%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">TRANSPORT SIZE</th> </tr> <tr> <th>LENGTH</th> <th>WIDTH</th> <th>HEIGHT</th> <th>VOLUME</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3360.0 mm</td> <td>450.0 mm</td> <td>660.0 mm</td> <td>1.0 m³</td> </tr> </tbody> </table>											TRANSPORT SIZE				LENGTH	WIDTH	HEIGHT	VOLUME	3360.0 mm	450.0 mm	660.0 mm	1.0 m³																																																																				
TRANSPORT SIZE																																																																																										
LENGTH	WIDTH	HEIGHT	VOLUME																																																																																							
3360.0 mm	450.0 mm	660.0 mm	1.0 m³																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>                 DRAWING NO: 79380A1.idw                  DATE: 25/06/2022                  SCALE: 1:10                  SHEET: 2 OF 2             </td> <td>                 PART NO: 79380                  DESCRIPTION: SCREW CONVEYOR Ø230x3000mm 1.1kW 8,7rpm - DISCHARGE AIR DRIER             </td> </tr> </table>											DRAWING NO: 79380A1.idw DATE: 25/06/2022 SCALE: 1:10 SHEET: 2 OF 2	PART NO: 79380 DESCRIPTION: SCREW CONVEYOR Ø230x3000mm 1.1kW 8,7rpm - DISCHARGE AIR DRIER																																																																														
DRAWING NO: 79380A1.idw DATE: 25/06/2022 SCALE: 1:10 SHEET: 2 OF 2	PART NO: 79380 DESCRIPTION: SCREW CONVEYOR Ø230x3000mm 1.1kW 8,7rpm - DISCHARGE AIR DRIER																																																																																									

**Tabla 54.**  
**Formato ficha técnica – DIGEST-001.**

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA							Formato:	UCV22-FT	
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.							Elaborado:	25/06/2022	
Ficha técnica							Revisión:	A	
							Actualizado:	25/06/2022	
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>									
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)
			NC	MC	C	AC			
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%
<b>2. ACCESORIOS PRINCIPALES DEL ACTIVO</b>									
ACCESORIOS	MARCA	MODELO	N° SERIE	HP	KW	VOLT	AMP	RPM	OBSERVACION
Motor	HOYER	HMC2 225S-4	SH703871-001	59.0	43.9963	440	-	1770	Acc. Digestor plumas.
Reductor	-	JRH H3HH8-40-A	J2-130427087					1500/38	Acoplamiento polea y faja.
<b>3. PARAMETROS DE CONTROL MTTO PREDICTIVO:</b>									
NIVELES PERMISIBLES DE MONITOREO:									
DATA SHECK:	MON: Inspección Rutinaria	TEC: Severidad-Amplitud-Velocidad1X	Ventana: Baja Frecuencia 10-15Khz	WF: 2040-800 Lineas FFT					
NIVELES PERMISIBLES DE VIBRACIÓN, TEMPERATURA Y HOLGURAS EN EL RODAMIENTO:									
PARTE U OBJETO	VELOCIDAD (mm/s)	ACELERACION (g)	TEMPERATURA (°C)	JUEGO RADIAL MAX. RODAJE (um)					
MOTOR	12 mm/s	0.8 g	65°C						
CHUMACERA / RODAJE	12 mm/s	1.2 g	65 °C						
NIVELES PERMISIBLES DE ALINEACIÓN EJES			NIVELES PERMISIBLES DE ALINEACIÓN POLEAS						
ALINEACION PARALELA	ALINEACIÓN ANGULAR		ALINEACION PARALELA	2°	ALINEACIÓN ANGULAR		2°		
TENSION DE FAJAS									
CANT. FAJAS	20-24 Hz	K:	N:	S:					
<b>4. IMAGEN DE LA MÁQUINA Y SUS PARTES:</b>									
									



**Tabla 55.**

**Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (1-3)**

<b>PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA</b> <b>Implementación de un programa de mantenimiento predictivo</b> <b>para equipos industriales críticos en proceso Rendering.</b> Programa individual predictivo										
Formato: UCV22-PIP										
Elaborado: 25/06/2022										
Revisión: A										
Hoja: 1-3										
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO										
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)	
			NC	MC	C	AC				
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%	
2. PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL										
Nº	Acción	Fecha	Técnica	Orden de trabajo	Responsable	Check	Tiempo progr.	Tiempo real	Δt	Observación
1	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	1/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
2	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	1/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	9	1	
3	Análisis vibracional cada 96 horas	1/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	14	-4	
4	Análisis de aceite cada 288 horas	1/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	45	-5	
5	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	1/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	16	-1	
6	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	7/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	15	-5	
7	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	7/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	25	-15	
8	Análisis vibracional cada 96 horas	7/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	20	-10	
9	Análisis de aceite cada 288 horas	7/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	10	30	
10	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	7/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	9	6	
11	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	13/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	14	-4	
12	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	13/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	45	-35	
13	Análisis vibracional cada 96 horas	13/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	16	-6	
14	Análisis de aceite cada 288 horas	13/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	15	25	
15	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	13/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	25	-10	
16	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	19/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	20	-10	
17	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	19/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
18	Análisis vibracional cada 96 horas	19/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	0	10	
19	Análisis de aceite cada 288 horas	19/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	16	24	
20	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	19/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	40	-25	
21	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	25/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	No	10	0	10	
22	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	25/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	20	-10	
23	Análisis vibracional cada 96 horas	25/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	40	-30	
24	Análisis de aceite cada 288 horas	25/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	18	22	
25	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	25/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	14	1	
26	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	31/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	12	-2	
27	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	31/05/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	No	10	0	10	
28	Análisis vibracional cada 96 horas	31/05/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	15	-5	
29	Análisis de aceite cada 288 horas	31/05/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	50	-10	
30	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	31/05/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	20	-5	
31	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/06/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	15	-5	
32	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/06/2022	Inspección visual.	REN22-PH-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
33	Análisis vibracional cada 96 horas	6/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PH-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	8	2	
34	Análisis de aceite cada 288 horas	6/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PH-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	35	5	
35	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	6/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PH-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	12	3	

**Tabla 56.**

**Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (2-3)**

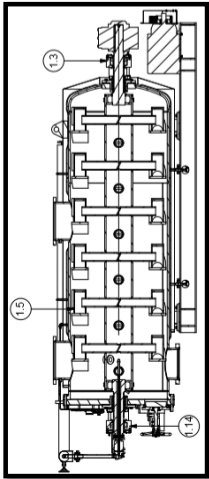
<b>PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA</b> <b>Implementación de un programa de mantenimiento predictivo</b> <b>para equipos industriales críticos en proceso Rendering.</b> Programa individual predictivo							Formato:	UCV22-PIP		
							Elaborado:	25/06/2022		
							Revisión:	A		
							Hoja:	2-3		
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>										
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)	
			NC	MC	C	AC				
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%	
<b>2. PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL</b>										
N°	Acción	Fecha	Técnica	Orden de trabajo	Responsable	Check	Tiempo progr.	Tiempo real	Δt	Observación
36	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	12	-2	
37	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	12	-2	
38	Análisis vibracional cada 96 horas	6/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	15	-5	
39	Análisis de aceite cada 288 horas	6/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	35	5	
40	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	6/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	18	-3	
41	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	12/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
42	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	12/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico	No	10	0	10	
43	Análisis vibracional cada 96 horas	12/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	15	-5	
44	Análisis de aceite cada 288 horas	12/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	35	5	
45	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	12/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	10	5	
46	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	18/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	15	-5	
47	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	18/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	10	0	
48	Análisis vibracional cada 96 horas	18/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	9	1	
49	Análisis de aceite cada 288 horas	18/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	45	-5	
50	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	18/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	14	1	
51	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	24/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico	Ok	10	15	-5	
52	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	24/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico	Ok	10	12	-2	
53	Análisis vibracional cada 96 horas	24/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo	Ok	10	0	10	
54	Análisis de aceite cada 288 horas	24/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo	Ok	40	16	24	
55	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	24/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo	Ok	15	40	-25	
56	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	30/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico		10		10	
57	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	30/06/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico		10		10	
58	Análisis vibracional cada 96 horas	30/06/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo		10		10	
59	Análisis de aceite cada 288 horas	30/06/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo		40		40	
60	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	30/06/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo		15		15	
61	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico		10		10	
62	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	6/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico		10		10	
63	Análisis vibracional cada 96 horas	6/07/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo		10		10	
64	Análisis de aceite cada 288 horas	6/07/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo		40		40	
65	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	6/07/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo		15		15	
66	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	12/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0014	Operario mecánico		10		10	
67	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	12/07/2022	Inspección visual.	REN22-PI-MP-0015	Operario mecánico		10		10	
68	Análisis vibracional cada 96 horas	12/07/2022	Análisis vibracional	REN22-PI-MP-0016	Inspector predictivo		10		10	
69	Análisis de aceite cada 288 horas	12/07/2022	Análisis de aceite	REN22-PI-MP-0017	Inspector predictivo		40		40	
70	Análisis vibracional y termografía cada 96 horas	12/07/2022	Análisis vibracional y termografía	REN22-PI-MP-0018	Inspector predictivo		15		15	

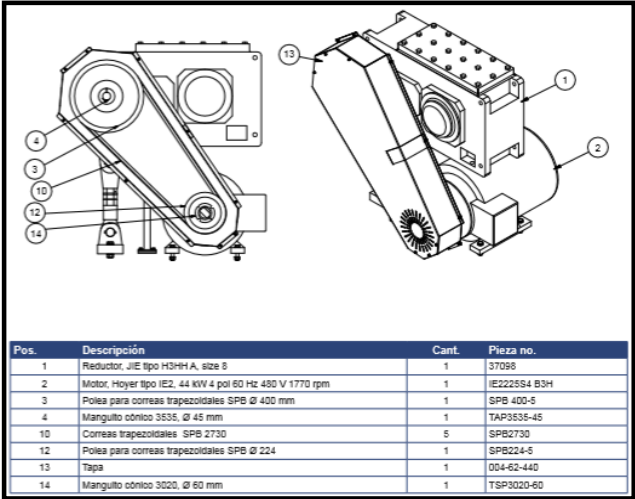
**Tabla 57.**

**Formato programa individual predictivo – DIGEST-001. (3-3)**

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA							Formato: UCV22-PIP			
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.							Elaborado: 25/06/2022			
Programa individual predictivo							Revisión: A			
							Hoja: 1-2			
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>										
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)	
			NC	MC	C	AC				
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%	
<b>2. PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL</b>										
N°	Acción	Fecha	Técnica	Orden de trabajo	Responsable	Check	Tiempo progr.	Tiempo real	Δt	Observación
71		0 18/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	Ok	0	12	-12	
72		0 18/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	Ok	0	12	-12	
73		0 18/07/2022	Análisis vibracional	0	0/01/1900	Ok	0	15	-15	
74		0 18/07/2022	Analisis de aceite	0	0/01/1900	Ok	0	35	-35	
75		0 18/07/2022	Análisis vibracional y termografía	0	0/01/1900	Ok	0	18	-18	
76		0 24/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	Ok	0	10	-10	
77		0 24/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	No	0	0	0	
78		0 24/07/2022	Análisis vibracional	0	0/01/1900	Ok	0	15	-15	
79		0 24/07/2022	Analisis de aceite	0	0/01/1900	Ok	0	35	-35	
80		0 24/07/2022	Análisis vibracional y termografía	0	0/01/1900	Ok	0	10	-10	
81		0 30/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	Ok	0	15	-15	
82		0 30/07/2022	Inspección visual.	0	0/01/1900	Ok	0	10	-10	
83		0 30/07/2022	Análisis vibracional	0	0/01/1900	Ok	0	9	-9	
84		0 30/07/2022	Analisis de aceite	0	0/01/1900	Ok	0	45	-45	
85		0 30/07/2022	Análisis vibracional y termografía	0	0/01/1900	Ok	0	14	-14	


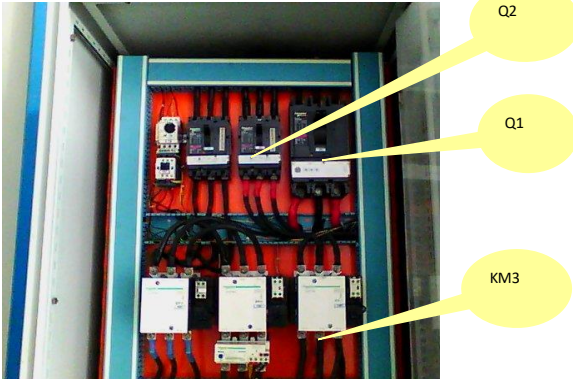
  





Pos.	Descripción	Cant.	Pieza no.
1	Reductor, JIE tipo H3HH A, size 8	1	37098
2	Motor, Hoyer tipo IE2, 44 kW 4 pol 60 Hz 480 V 1770 rpm	1	IE2225S4 B3H
3	Polea para correas trapezoidales SPB Ø 400 mm	1	SPB 400-5
4	Manguito cónico 3535, Ø 45 mm	1	TAP3535-45
10	Correas trapezoidales SPB 2730	5	SPB2730
12	Polea para correas trapezoidales SPB Ø 224	1	SPB224-5
13	Tapa	1	004-62-440
14	Manguito cónico 3020, Ø 60 mm	1	TSP3020-60

**Tabla 58.**  
Formato inspección termográfica propuesta e implementada.

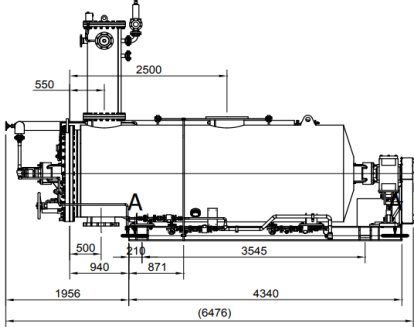
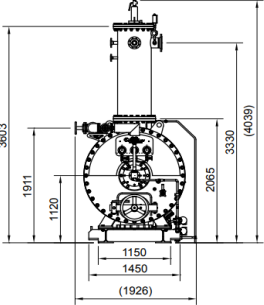
PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA									
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.									
INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA									
								Formato:	UCV22-IT
								Elaborado:	28/06/2022
								Revisión:	A
								Actualizado:	28/06/2022
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO									
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)
			NC	MC	C	AC			
Tablero	TABLFC-20	Sala de tableros	25%	50%	25%	0%	99.97%	624	90.35%
2. INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN									
Equipo	FECHA	CRITERIO	RESPONSABLE			CARGO	OBSERVACION		
Cámara FLIR	SEM 12	ANSI/NETA ATS-2017	Willy Lecca V.			Inspector electricista	Rutina predictiva.		
3. TOMA DE DATOS									
MEDIDAS REALIZADS	VALORES °C			At	20	PARAMETROS RECOMENDADOS DE LA CAMARA			
Q1. I. L1 L2 L3	51.89	52.3	52.5			EMISIVIDAD	0.95		
Q1. S. L1 L2 L4	50.2	46.3	43.5			T° REFLEJADA	20 °C		
Q2. I. L1 L2 L3	41.3	42.9	42.8			DISTANCIA	2 M.		
Q2. I. L1 L2 L3	45.1	46.1	46.3			HUMEDAD RELATIVA	50%		
KM3. I. L1 L2 L3						T°ATMOSFERICA	20		
KM3. S. L1 L2 L3	29.6	46.6	30	9.6	31.89	T° DE VENTANA	20		
				26.6	32.3				
				10	32.5				
CLASIFICACION DE LA FALLA									
Q1 ,	ACEPTABLE								
Q2.	BUENO								
KM3	DEFICIENTE			MONITORIAR HASTA REALIZAR LA MEDIDA CORRECTIVA					
Para efectos de clasificación de fallas se manejan los siguientes criterios, teniendo en cuenta los criterios de la NETA, las condiciones climáticas de la región y los requerimientos del cliente. O/S: Temperatura Over Similar – O/A: Temperatura Over/Ambient									
DIFERENCIAL DE TEMPERATURA	CLASIFICACION	SEVERIDAD							
1°C - 10°C O/A 0< 3°C O/S	En buen estado	BUENO							
11°C-20°C O/A y 3°C a 15°C O/S	Probable deficiencia	ACEPTABLE							
21°C-40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia	PERMISIBLE							
>40°C O/A y >15°C O/S	Deficiencia mayor	DEFICIENTE							
4. IMAGEN TÉRMICA Y VISUAL									
									

**Tabla 59.**

Formato inspección termográfica propuesta e implementada.

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA							Formato:	UCV22-AA						
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.							Elaborado:	28/06/2022						
ANÁLISIS DE ACEITE							Revisión:	A						
							Actualizado:	28/06/2022						
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>														
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)					
			NC	MC	C	AC								
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%					
<b>2. INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN</b>														
EQUIPO	FECHA	TIPO	RESPONSABLE	CARGO	OBSERVACION									
TEMH 1 SKF	SEM 12	Físico-químico	Willy Lecca V.	Inspector electricista	Rutina predictiva.									
<b>3. TOMA DE DATOS</b>														
CONTROLADOR DE ESTADO DE ACEITE														
°C Prueba	Solidos No Metal	Solidos Si Metal	Agua	Deterioro	Arqueo	Utilidad								
23		0 Und x ml	< 5% x ml	2%		98%								
Información Suministrada Usuario <b>Aceite Base Original Muestra</b> SHELL OMALA 220 <b>Cambio Aceite x Mto</b> No <b>Cambio Tipo Aceite Anterior</b> No		<p style="text-align: center;">Tendencia % Utilidad Lubricante</p> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico de Tendencia</caption> <thead> <tr> <th>Utilidad (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>98</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>							Utilidad (%)	98	0	0	0	0
Utilidad (%)														
98														
0														
0														
0														
0														
<b>Resultado Analisis</b> 														
<b>4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>														
1 Muestra no presenta solidos no metalicos.														
2 Muestra no presenta solidos metalicos.														
3 Muestra no presenta humedad considerable x ml medido.														
<b>5. RECOMENDACIONES</b>														
1 Se puede seguir utilizando el aceite actual, se recomienda nuevo analisis del estado fisico-quimico en overhall del aceite en 90 dias.														
2														
3														
<b>6. REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>														

**Tabla 60.**  
**Formato inspección visual para digestor.**

<b>PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA</b> <b>Implementación de un programa de mantenimiento predictivo</b> <b>para equipos industriales críticos en proceso Rendering.</b>							Formato: UCV22-IV		
							Elaborado: 28/06/2022		
							Revisión: A		
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>							Actualizado: 28/06/2022		
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO</b>									
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)
			NC	MC	C	AC			
DIGESTOR HOYER	DIGEST-001	LÍNEA DE PLUMAS	50%	17%	17%	17%	98.76%	96	90.21%
<b>2. INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN</b>									
EQUIPO	FECHA	TIPO	RESPONSABLE	CARGO	OBSERVACION				
Formato genérico	SEM 1	VISUAL	Willy Lecca V.	Inspector mecánico	Rutina predictiva.				
<b>3. TOMA DE DATOS</b>									
			CHECK	OK	OBSERVACIÓN				
1 AJUSTAR PRENSAESTOPA ROTOR									
2 INSPECCIONAR OPERACIÓN MANÓMETROS									
3 INSPECCIONAR FUGAS VAPOR									
4 INSPECCIONAR FUGAS CONDENSADO									
5 INSPECCIONAR SISTEM PURGA CONDENSADO									
6 INSPECC FUGAS ACEITE DE BBS HIDRÁULICAS									
7 REVISAR ESTADO DE MANGUERAS Y CONECTORES									
8 INSPECCIONAR COBERTURA ENCHAQUETADA									
9 INSPECCIONAR SISTEMA TRANSMISIÓN									
10 EVALUAR AMPERAJE CONSUMO MOTOR PRINC.									
11 EVALUAR AMP CONSUMO MOTOR COMP CARGA									
12 EVALUAR AMP CONSUMO MOTOR COMP DESCARGA									
13 EVALUAR AMP CONSUMO MOTOR COMP VAHOS									
14 INSPECCIONAR OPERACIÓN SENSORES COMPUERT									
15 INSPECCIÓN VÁLVULA ALIVIO GASES REDUCTOR									
16 INSPECCIONAR OPERACIÓN SENSOR TEMPERATUR									
17 INSPECCIONAR SISTEMA PESAJE									
18 AJUSTAR TERMINALES CONTROLES SEGURIDAD									
<b>4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>									
1									
2									
3									
<b>5. RECOMENDACIONES</b>									
1									
2									
3									
<b>6. REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>									
									

**Tabla 61.**  
**Formato inspección visual para ventilador.**

PLANTA RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA									
Implementación de un programa de mantenimiento predictivo para equipos industriales críticos en proceso Rendering.									
INSPECCIÓN VISUAL									
						Formato: UCV22-IV			
						Elaborado: 28/06/2022			
						Revisión: A			
						Actualizado: 28/06/2022			
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ACTIVO									
NOMBRE	CODIGO	AREA U PROCESO	CRITICIDAD				DISPONIBILIDAD	MTBF predictivo (Horas)	R(MTBF)
			NC	MC	C	AC			
VENTILADOR AIRTEC	VENTIL 025	LÍNEA DE PLUMAS	20%	60%	20%	0%	99.58%	336	90.59%
2. INFORMACIÓN DE LA INSPECCIÓN									
EQUIPO	FECHA	TIPO	RESPONSABLE	CARGO	OBSERVACION				
Formato genérico	SEM 1	VISUAL	Willy Lecca V.	Inspector mecánico	Rutina predictiva.				
3. TOMA DE DATOS									
			CHECK	OK	OBSERVACIÓN				
1	INSPECCIONAR FIJACIÓN Y SOPORTES		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
2	LIMPIAR HELICE DE VENTILADOR		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
3	EVALUAR AMPERAJE CONSUMO MOTOR		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
4	INSPECCIONAR SONIDO INUSUAL		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
5	INSPECCIONAR SISTEMA TRANSMISIÓN		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
6	AJUSTE DE TERMINALES ELECTRICOS		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
7	MEGADO DE MOTOR VENTILADOR		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
8	TEMPERATURA DE EQUIPO EN FUNCIONAMIENTO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
9	VIBRACION ANORMALES DE EQUIPO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
10	INSPECCION DE RODAMIENTO CON ESTETOSCOPIO		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
11			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
12			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
13			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
14			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
15			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
16			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
17			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
18			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES									
1	_____								
2	_____								
3	_____								
5. RECOMENDACIONES									
1	_____								
2	_____								
3	_____								
6. REGISTRO FOTOGRÁFICO									

### 4.3.5. Resultados de mediciones

En las figuras 19 hasta el 21, se muestran las lecturas del digestor DIGEST 001 antes del programa de mantenimiento predictivo.

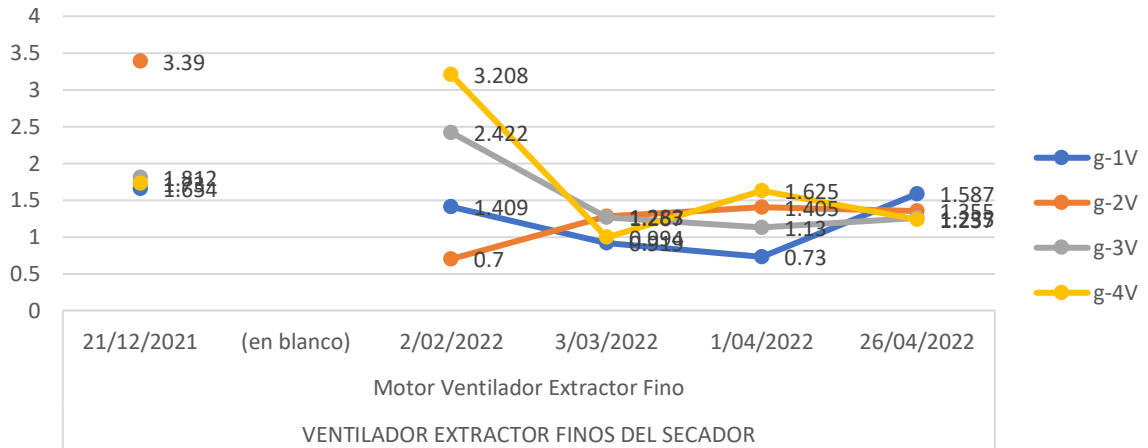


Figura 13. Pico de energía – Digest 001.

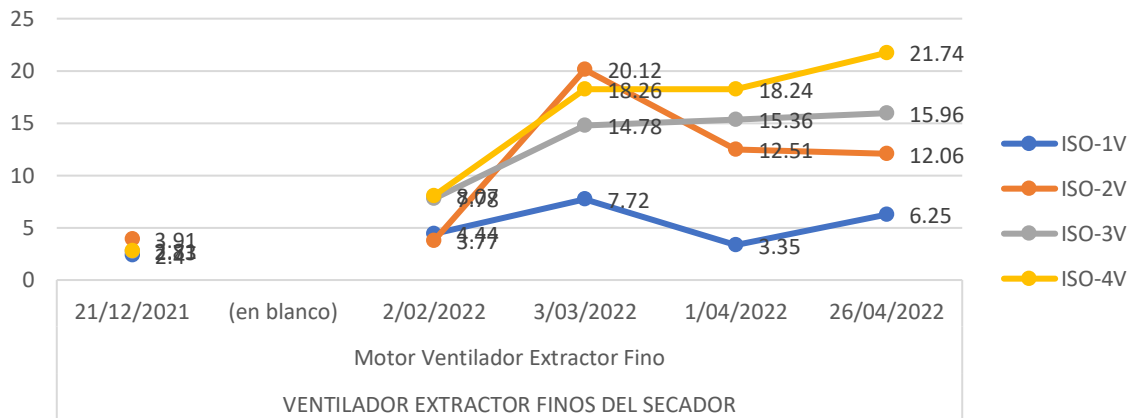


Figura 14. ISO – Digest 001.

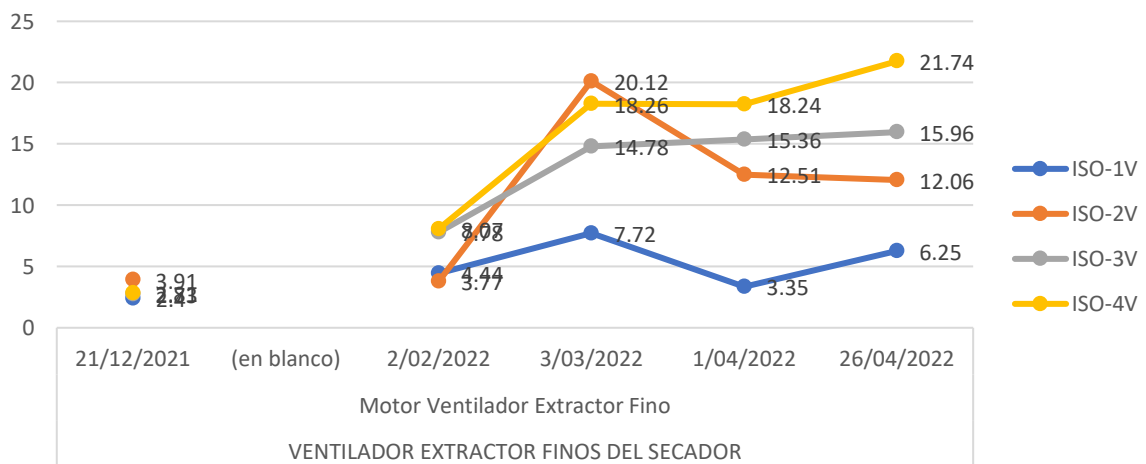


Figura 15. Velocidad horizontal – Digest 001.



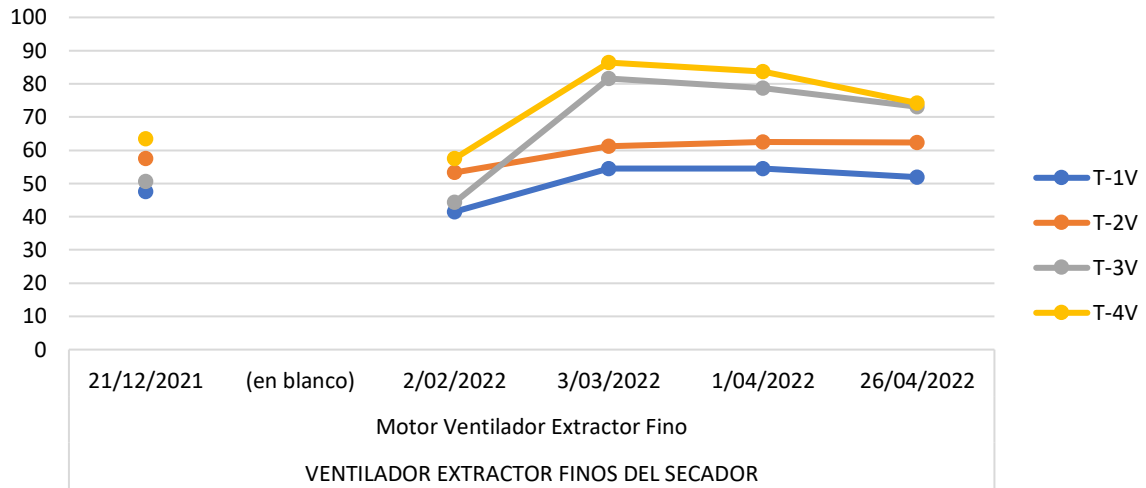


Figura 16. Lectura de temperatura – Digest 001.

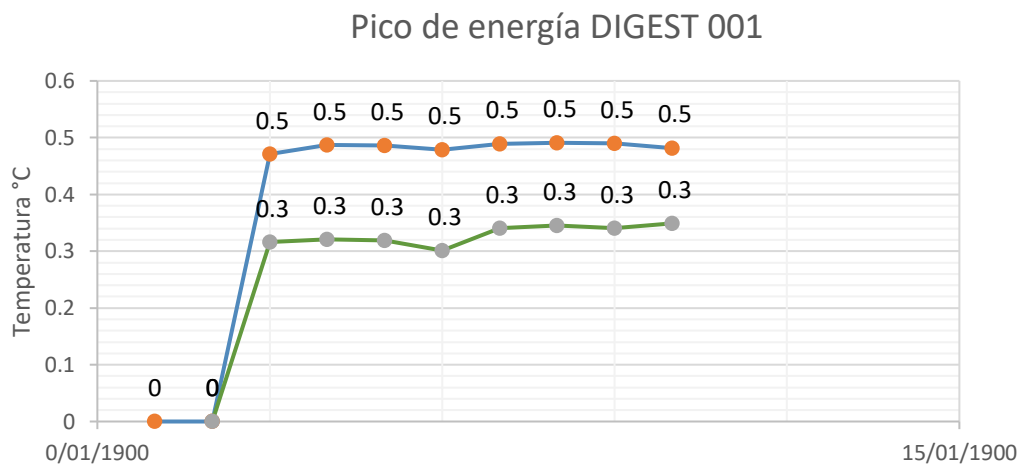


Figura 17. Pico de energía – Digest 001.

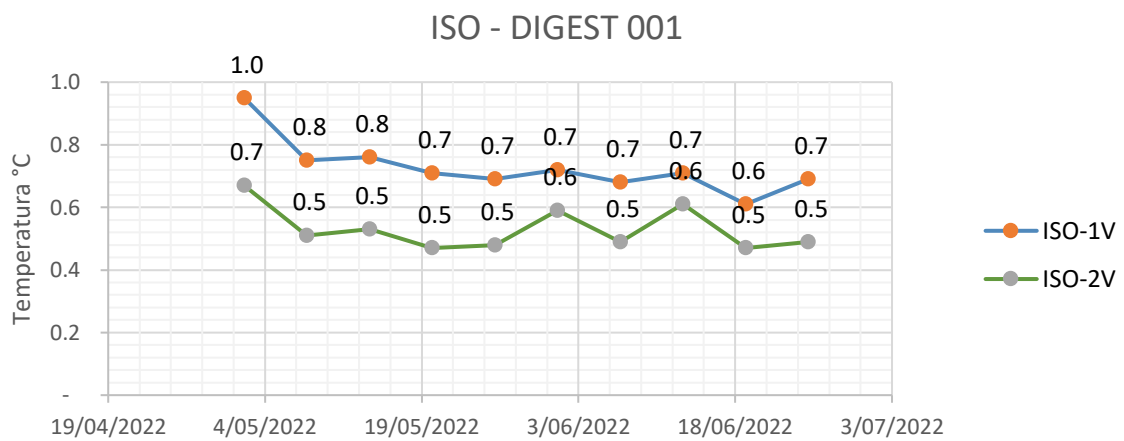


Figura 18. Velocidad horizontal – Digest 001.

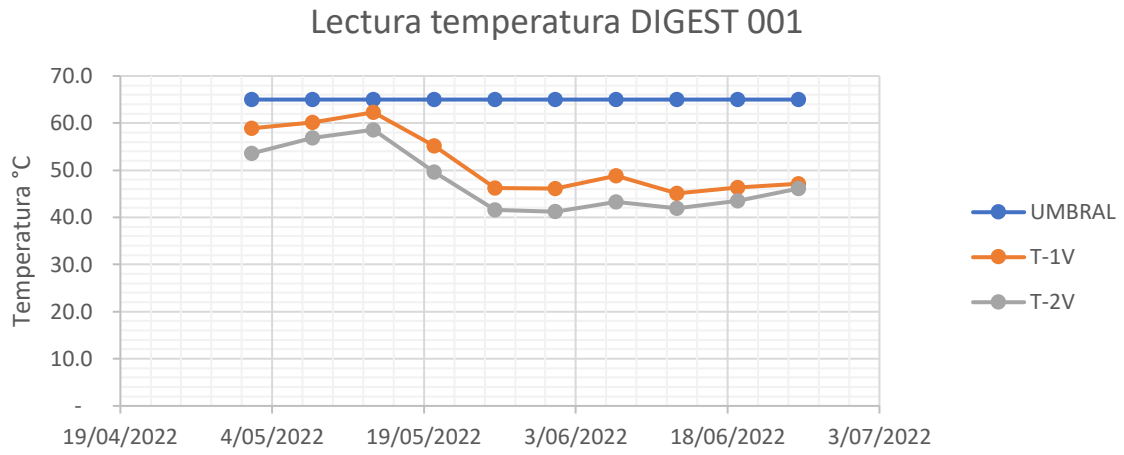


Figura 19. Lectura de temperatura – Digest 001.

Las lecturas del digestor en la implementación del programa de mantenimiento predictivo permitieron aumentar el tiempo entre fallas. Se ha alcanzado un tiempo desde el último fallo, de 1440 horas.

#### 4.3.6. Implementación de indicador de gestión

Se implementó el indicador de cumplimiento de órdenes de trabajo luego de la implementación del programa predictivo. Solo se tuvo información de 2 meses, por lo tanto, se proyectó con los mismos valores para los meses siguientes. Se utilizó el T-student hizo determinó que si es posible lograr un cumplimiento de órdenes de trabajo mayor al 90% con un 90 % de confiabilidad.

### CUMPLIMIENTO DE ORDENES DE TRABAJO

#### Línea de plumas

Mes	Órdenes de trabajo ejecutadas	Órdenes de trabajo planeadas	COT	Di	Di <sup>2</sup>
1	65	76	85.53%	-0.0401	0.0016
2	51	60	85.00%	-0.0454	0.0021
3	65	54	120.37%	0.3083	0.0950
4	51	69	73.91%	-0.1563	0.0244
5	65	55	118.18%	0.2864	0.0820
6	51	94	54.26%	-0.3529	0.1245
	348	408	537.25%	0.00000	0.3297
<b>Media</b>	89.54%	<b>Desv. Est.</b>	0.25678	<b>tc</b>	0.0400
<b>Confiabilidad</b>	90%	<b>alfa</b>	10%	<b>Alfa/2</b>	0.05
<b>Grados de libertad</b>	5	<b>T-student tabular</b>	2.01504837	-	

Como el valor t-student calculado es menor que el tabulado, la hipótesis de lograr un 90% de cumplimiento de órdenes de trabajo es aceptada.

#### 4.3.7. Pretest y post test de aceptación del programa

Se aplicó encuesta de ponderación a 5 trabajadores en el área de mantenimiento, antes de la implementación del programa de mantenimiento predictivo.

**Tabla 62.**

Pre test de la implementación del programa de mantenimiento predictivo.  
(Elaboración propia)

Pre test		PROCESO RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA					Puntaje total	Puntaje promedio	Puntaje ideal
N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena			
		AP	AS	DI	DS	DP			
		5	4	3	2	1			
1	¿Se realizan técnicas predictivas a los equipos en las líneas de procesos y tableros?	0	2	2	1	0	<b>16</b>	<b>3.20</b>	5
2	¿Se realiza análisis de criticidad de los equipos en las líneas de procesos y tableros?	0	3	1	1	0	<b>17</b>	<b>3.40</b>	5
3	¿Se calcula la confiabilidad de los equipos?	0	1	2	1	1	<b>13</b>	<b>2.60</b>	5
4	¿Hay un programa de mantenimiento basado en los equipos críticos y la confiabilidad?	0	0	2	2	1	<b>11</b>	<b>2.20</b>	5
5	¿Cree usted que los equipos tienen una alta disponibilidad?	1	2	1	1	0	<b>18</b>	<b>3.60</b>	5
6	¿Cree usted que los equipos tienen una alta confiabilidad?	0	0	1	3	1	<b>10</b>	<b>2.00</b>	5
7	¿Usted cree que el sistema de mantenimiento actual es eficiente?	0	1	2	1	0	<b>12</b>	<b>3.00</b>	5

Se aplicó la misma encuesta después de la implementación del sistema de gestión de mantenimiento.

**Tabla 63.**

Post test de la implementación del programa de mantenimiento predictivo.  
(Elaboración propia)

Pre test		PROCESO RENDERING - CHIMÚ AGROPECUARIA					Puntaje total	Puntaje promedio	Puntaje ideal
N°	Pregunta	Aprobación plena		Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple				
		Aprobación simple			Desaprobación plena				
		AP	AS		DI	DS			
		5	4	3	2	1			
1	¿Se realizan técnicas predictivas a los equipos en las líneas de procesos y tableros?	2	3	0	0	0	<b>22</b>	<b>4.40</b>	5
2	¿Se realiza análisis de criticidad de los equipos en las líneas de procesos y tableros?	2	3	0	0	0	<b>22</b>	<b>4.40</b>	5
3	¿Se calcula la confiabilidad de los equipos?	2	2	1	0	0	<b>21</b>	<b>4.20</b>	5
4	¿Hay un programa de mantenimiento basado en los equipos críticos y la confiabilidad?	3	2	0	0	0	<b>23</b>	<b>4.60</b>	5
5	¿Cree usted que los equipos tienen una alta disponibilidad?	1	2	2	0	0	<b>19</b>	<b>3.80</b>	5
6	¿Cree usted que los equipos tienen una alta confiabilidad?	0	2	2	1	0	<b>16</b>	<b>3.20</b>	5
7	¿Usted cree que el sistema de mantenimiento actual es eficiente?	1	2	2	0	0	<b>19</b>	<b>3.80</b>	5

Se realizó la contrastación del pretest y el posttest para identificar la mejora.

**Tabla 64.**

Contrastación del pretest y postest. (Elaboración propia)

**CONTRASTACIÓN PRE Y POST TEST**

<b>Pregunta</b>	<b>Pre Test</b>	<b>Post Test</b>	<b>D<sub>i</sub></b>	<b>D<sub>i</sub><sup>2</sup></b>
1	3.20	4.40	-1.20	1.44
2	3.40	4.40	-1.00	1
3	2.60	4.20	-1.60	2.56
4	2.20	4.60	-2.40	5.76
5	3.60	3.80	-0.20	0.04
6	2.00	3.20	-1.20	1.44
7	3.00	3.80	-0.80	0.64
<b>Totales</b>	<b>20.00</b>	<b>28.40</b>	<b>-16.34</b>	<b>12.88</b>

Cálculo de promedios para contrastar los resultados, y verificar que el programa implementado tendrá un impacto positivo sobre los indicadores de disponibilidad y confiabilidad.

$$Promedio\ actual = \frac{20}{7}$$

$$P(sistema\ actual) = 2.86$$

$$(sistema\ actual) = 28.40/7$$

$$P(sistema\ actual) = 4.05$$

Por lo tanto, el programa de mantenimiento predictivo impacta de manera positiva en el sistema de mantenimiento de línea de plumas, vísceras y tableros.

**4.4. Confiabilidad post implementación de programa predictivo**

Se determinó la confiabilidad de los equipos posterior a la implementación del programa de mantenimiento predictivo. En la tabla 133 y 134 se muestran los resultados.

**Tabla 65.**

Confiabilidad en línea de plumas y vísceras luego de implementación de programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia)

N°	Área	Código	Sistema	MTBF mín(h)	R(MTBF mínimo)
1	Plumas	TOLVAA 002	Recepción	560.00	92.61%
2	Plumas	TRAHEL 043	Transportador	336.00	90.37%
3	Plumas	DIGEST 001	Digestor	96.00	90.21%
4	Plumas	TOLVAA 004	Tolva	1440.00	98.27%
5	Plumas	TRAHEL 049	Transportador	1440.00	98.27%
6	Plumas	SECHAR 001	Secador	1440.00	98.27%
7	Plumas	TRAHEL 045	Transportador	1440.00	98.27%
8	Plumas	CEPROT 001	Cernidor	624.00	90.35%
9	Plumas	TRAHEL 050	Transportador	1440.00	98.27%
10	Plumas	MOLMAR 010	Molino	624.00	90.36%
11	Plumas	TRAHEL 053	Transportador	1440.00	98.27%
12	Plumas	MEZCLA 008	Mezcladora	1440.00	98.27%
13	Plumas	TRAHEL 051	Transportador	1440.00	98.27%
14	Plumas	ENSAC 001	Ensacado	1440.00	98.27%
15	Plumas	QUEGAS 001	Quemador	240.00	90.49%
16	Plumas	VENTIL 032	Ventilador	1440.00	98.27%
17	Plumas	VENTIL 025	Ventilador	336.00	90.59%
18	Vísceras	TOLVAA 001	Recepción	624.00	90.35%
19	Vísceras	TRAHEL 044	Transportador	1440.00	98.27%
20	Vísceras	DIGEST 002	Digestor	624.00	90.32%
21	Vísceras	TOLVAA 003	Tolva	1440.00	98.27%
22	Vísceras	TRAHEL 046	Transportador	1440.00	98.27%
23	Vísceras	PREHAR 001	Prensado	1440.00	98.27%
24	Vísceras	TRAHEL 047	Transportador	1440.00	98.27%
25	Vísceras	MOLMAR 009	Molino	624.00	90.35%
26	Vísceras	MEZCLA 008	Mezcladora	1440.00	98.27%
27	Vísceras	TRAHEL 052	Transportador	1440.00	98.27%
28	Vísceras	ENSAC 001	Ensacado	1440.00	98.27%
29	Vísceras	VENTIL 026	Ventilador	1440.00	98.27%

**Tabla 66.**

Confiabilidad en tableros luego de implementación de programa de mantenimiento predictivo. (Elaboración propia)

N°	Área	Código	Sistema	MTBF mín(h)	R(MTBF minimo)
30	Tableros	TABLFU-045	Tablero general	1440.00	98.27%
31	Tableros	TABLFC-019	Tablero de distribución	1440.00	98.27%
32	Tableros	TABLFC-021	Tablero contra-incendio	1440.00	98.27%
33	Tableros	TABLFC-041	Tablero de distribución N°2	1440.00	98.27%
34	Tableros	TABLFC-020	Tablero control torre vahos	624.00	90.35%
35	Tableros	TABLFC-042	Tablero distribución N°3	1440.00	98.27%
36	Tableros	TABLFC-022	Tablero A1 producción línea plumas	480.00	90.88%
37	Tableros	TABLFC-023	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	1440.00	98.27%
38	Tableros	TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	624.00	90.36%
39	Tableros	TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	624.00	90.36%
40	Tableros	TABLFC-026	TableroA4-1 Equipos Plumas	624.00	90.36%
41	Tableros	TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	624.00	90.36%
42	Tableros	TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	1440.00	98.27%
43	Tableros	TABLFC-029	Tablero A5-2 UPS línea Plumas	1440.00	98.27%
44	Tableros	TABLFC-030	Tablero A6 PLC línea Plumas	1440.00	98.27%
45	Tableros	TABLFC-031	Tablero A1 Principal línea viseras	624.00	90.36%
46	Tableros	TABLFC-032	TableroA2-1 Digestor Viseras	624.00	90.36%
47	Tableros	TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	624.00	90.36%
48	Tableros	TABLFC-034	TableroA3-1 Molino Viseras	1440.00	98.27%
49	Tableros	TABLFC-035	TableroA3-2 Equipos viseras	624.00	90.36%
50	Tableros	TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	624.00	90.36%
51	Tableros	TABLFC-043	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	624.00	90.36%
52	Tableros	TABLFC-044	Tablero A5-2 UPS línea viseras	1440.00	98.27%
53	Tableros	TABLFC-046	Tablero A6 PLC línea viseras	1440.00	98.27%
54	Tableros	TABLFC-037	Tablero Decanter	1440.00	98.27%
55	Tableros	TABLFC-045	Tablero Caldero	624.00	90.35%
56	Tableros	TABLFC-046	Tablero Sala de Tratamiento de agua	1440.00	98.27%
57	Tableros	TABLFC-047	Tablero Quemador	1440.00	98.27%



#### 4.5. Costos y beneficio económico

Se evaluó los costos y el beneficio económico de la implementación del programa de mantenimiento predictivo.

##### 4.5.1. Costo de implementación de programa predictivo

Se considera las horas hombres requeridas para realizar las acciones predictivas, el costo de los equipos predictivos es referencial y su valor puede fluctuar.

**Tabla 67.**

Egresos asociados a la implementación del programa de mantenimiento.  
(Elaboración propia)

1	MANO DE OBRA	H-H / AÑO	COSTO H-H	COSTO ANUAL
1.1	Operario mecánico	64	S/ 18.00	S/ 1,146.00
1.2	Inspector predictivo	239	S/ 25.00	S/ 5,966.67
1.3	Técnico electricista	39	S/ 19.00	S/ 747.33
1.4	Planner de predictivo	1440	S/ 19.00	S/ 27,360.00
				<b>S/ 35,220.00</b>

2	EQUIPOS	CANT.	COSTO UNIT	SUB TOTAL
2.1	Analizador de vibraciones	1	S/ 2,273.00	S/ 2,273.00
2.2	Cámara termográfica	1	S/ 4,625.00	S/ 4,625.00
2.3	Analizador de aceite	1	S/ 7,008.00	S/ 7,008.00
2.4	Megómetro	1	S/ 3,722.00	S/ 3,722.00
2.5	Medidor de espesor UT	1	S/ 450.00	S/ 450.00
				<b>S/ 18,078.00</b>

3	CAPACITACION	CANT.	COSTO UNIT	SUB TOTAL
3.1	Capacitación termográfica	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
3.2	Capacitación de análisis de vibración	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
3.3	Capacitación de análisis de aceite	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
3.4	Capacitación por ultrasonido	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
3.5	Capacitación para megados	1	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
				<b>S/ 10,000.00</b>

3	MANTENIMIENTO	CANT.	COSTO UNIT	SUB TOTAL
3.1	Calibración de equipos	1	S/ 903.90	S/ 903.90
				<b>S/ 903.90</b>

##### 4.5.2. Beneficio de implementación de programa predictivo

En base al historial de costo de mantenimiento mensual en proceso Rendering hasta junio. Por ello se proyectó los meses posteriores usando los mismos costos de mayo y junio, que son los meses afectados por el programa implementado. Se obtuvo un ahorro de S/ 62,246.82 anual.

**Tabla 68.**

Ingresos asociados a la implementación del programa de mantenimiento.  
(Elaboración propia)

Costos antes del programa de mantenimiento predictivo							
1	Costos mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Subtotal	proyección aritmética anual
1.1	Mano de Obra	S/ 9,566.45	S/ 12,149.79	S/ 7,259.99	S/ 12,152.44	<b>S/ 41,128.67</b>	S/ 123,386.01
1.2	Materiales	S/ 3,632.14	S/ 8,825.80	S/ 6,754.65	S/ 15,616.93	<b>S/ 34,829.52</b>	S/ 104,488.56
1.3	Servicios	-S/ 612.04	S/ 6,853.35			<b>S/ 6,241.31</b>	S/ 18,723.93
	<b>Total</b>	<b>S/ 13,810.63</b>	<b>S/ 27,828.94</b>	<b>S/ 14,014.64</b>	<b>S/ 27,769.37</b>	<b>S/ 83,423.58</b>	S/ 250,270.74
Costos durante el programa de mantenimiento predictivo							
2	Costos mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Subtotal	proyección aritmética anual
2.1	Mano de Obra	S/ 9,000.00	S/ 9,000.00	S/ 9,000.00	S/ 9,000.00	<b>S/ 36,000.00</b>	S/ 108,000.00
2.2	Materiales	S/ 4,245.11	S/ 6,524.54	S/ 5,642.25	S/ 6,000.00	<b>S/ 22,411.90</b>	S/ 67,235.70
2.3	Servicios	S/ 997.87	S/ 633.50	S/ 997.87	S/ 633.50	<b>S/ 3,262.74</b>	S/ 9,788.22
		<b>S/ 14,242.98</b>	<b>S/ 16,158.04</b>	<b>S/ 15,640.12</b>	<b>S/ 16,633.50</b>	<b>S/ 62,674.64</b>	S/ 188,023.92
3	Ingreso						
3.1	Disminución de egresos						<b>S/ 62,246.92</b>

**Tabla 69.**

Flujo de caja proyectado a 10 años. (Elaboración propia)

FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 10 AÑOS											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EGRESO 1 (S/)	28078										
EGRESO 2 (S/)		904	904	904	904	904	904	904	904	904	904
EGRESO 3 (S/)		35220	35220	35220	35220	35220	35220	35220	35220	35220	35220
EGRESO TOTAL	<b>28078</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>	<b>36124</b>
INGRESO (S/)		65247	65247	65247	65247	65247	65247	65247	65247	65247	65247
SALDO (S/)	-28078	29123	29123	29123	29123	29123	29123	29123	29123	29123	29123

#### 4.5.3. Valor actual neto y TIR del proyecto de mantenimiento predictivo.

Se calculó el valor actual neto y la tasa interna de retorno. Se encontró que el mantenimiento predictivo al ser implementado su retorno es en aproximadamente 1 año. La curva de la TIR se muestra en la figura

VNA

S/.19,877.56

**Tabla 70.**  
VAN y TIR proyectado a 10 años. (Elaboración propia)

		14%	n	10
ITEM	AÑO	FLUJO (US\$)		TIR (%)
1	0	\$	-28,078.00	0.00%
2	1	\$	29,122.92	3.72%
3	2	\$	29,122.92	66.15%
4	3	\$	29,122.92	88.15%
5	4	\$	29,122.92	96.81%
6	5	\$	29,122.92	100.52%
7	6	\$	29,122.92	102.20%
8	7	\$	29,122.92	102.99%
9	8	\$	29,122.92	103.37%
10	9	\$	29,122.92	103.55%
11	10	\$	29,122.92	103.64%
<b>VPN (US\$)</b>		<b>\$19,877.56</b>		<b>TIR (%)</b>
				<b>103.64%</b>

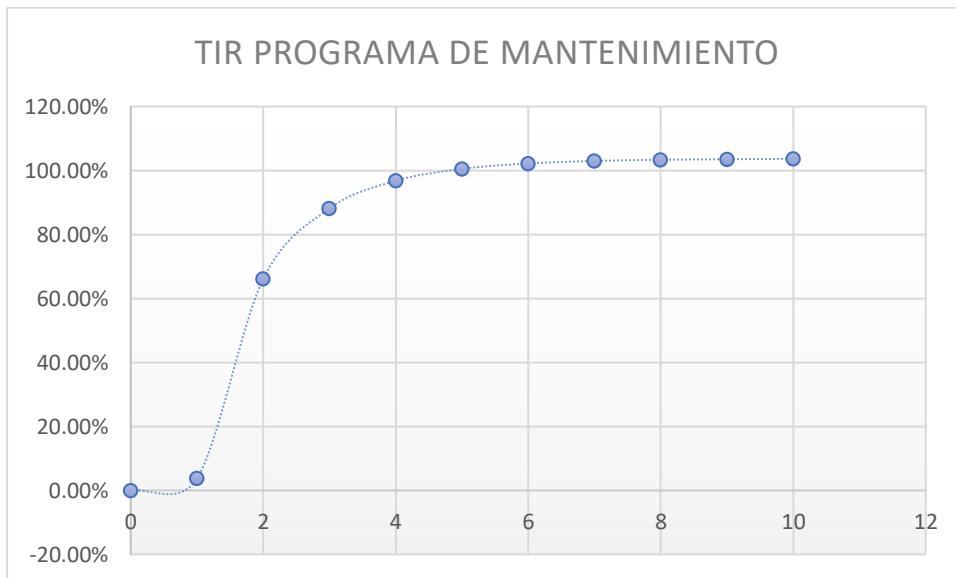


Figura 20. TIR programa de mantenimiento predictivo proceso Rendering.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 El análisis de criticidad representa una metodología importante para la priorización de equipos en planta. Si bien es cierto el proceso rendering cuenta con líneas únicas de procesamiento, priorizar los equipos críticos no significa dejar de lado los otros equipos. La categorización en no críticos, medianamente críticos, críticos y altamente críticos se realizó por componentes, con lo cual se pudo visualizar con mayor claridad la criticidad de las líneas de procesamiento y tableros. La criticidad del equipo se definió en función al resultado de mayor valor de uno de los componentes. Se plasmó la criticidad de los componentes en una matriz para identificar este valor en función de sus factores frecuencia y consecuencia, dando así más información para la toma de decisiones técnicas. Miranda también optó por el análisis de criticidad previo a la implementación de un plan predictivo de mantenimiento. Por otra parte, Torres, utilizó el análisis de índices de riesgo como metodología de categorización de equipos para la evaluación de la gestión del mantenimiento. Se observa similitud en los resultados de Miranda Salinas, ya que encontró como equipos críticos a los motores, bombas y ventiladores. De esta manera, podemos observar que los motores eléctricos en otras plantas, también tienen una criticidad alta.

5.2 Los indicadores disponibilidad y confiabilidad, son instrumentos de medición de la gestión del mantenimiento implementados en el proceso rendering para medir el estado actual del mantenimiento y el impacto posterior a la implementación del programa predictivo. La disponibilidad del año 2021, tuvo valores altos debido a que algunos equipos son nuevos y como se pudo observar en el historial no han ocurrido muchas fallas, esto debido a que se tiene implementado un plan de mantenimiento preventivo. Con esto podemos deducir que el mantenimiento preventivo provee al proceso rendering una disponibilidad alta, pero una confiabilidad baja en los equipos críticos y altamente críticos. Miranda también implemento estos indicadores en el sistema gestión de mantenimiento de motores. Torres igualmente realizó la medición de estos indicadores previo a la implementación de su programa predictivo con termografía. Miranda Salinas también midió estos indicadores solo a los motores, bombas y ventiladores de una termoeléctrica. De este modo se observa que la

aplicación de estos indicadores es independiente del sistema y que su medición se debe hacer antes y después de la implementación.

5.3 La implementación del programa predictivo se logró mediante la aplicación del análisis de modo de falla y efecto. A su vez, el agregar la confiabilidad del equipo en la tabla AMFE permite relacionar el NPR con la confiabilidad y determinando así la confiabilidad esperada en base a una frecuencia de acciones predictivas descritas en la solución del AMFE. Sembiring también hizo uso del AMFE en la implementación de un programa predictivo, pero solo con inspección termográfica. Con esto se puede observar la importancia de la inclusión del AMFE en la disciplina predictiva del mantenimiento.

En este informe, se han propuesto e implementado 5 instrumentos predictivos: ultrasonido para medición de espesores, análisis vibracional, termografía, análisis de aceite y medición de resistencia eléctrica. Pablo Venegas realizó un estudio respecto a la termografía y su versatilidad para diagnosticar fallos, lo cual se ha corroborado en este informe usando un 17% de las inspecciones predictivas con termografía industrial. Bebars por otra parte hace uso de un analizador vibracional para identificar fallas en un motor de inducción de un generador. Igualmente, en esta tesis se ha determinado que es importante este instrumento, por lo que se ha utilizado un 12% del tiempo de inspección predictiva para análisis vibracional. Torres da prioridad a la termografía y Miranda Salinas al análisis vibracional. Roja también enfoca el estudio predictivo con el uso de análisis vibracional.

5.4 Se calculó la confiabilidad luego de la implementación del programa. Se obtuvo valores por encima del 90% y esto debido a que la frecuencia de inspección proyectó dichos valores y se tuvo un cumplimiento de órdenes de trabajo cercanos al 90%. La confiabilidad aumentó desde 16% en el digestor hasta un 90.32%. En el caso de Miranda pasó de un 79% a 94%. Sembiring obtuvo mejoras en la disponibilidad la cual se mejoró del 80.9% al 90.1. A diferencia del proceso rendering que ya contaba con una alta disponibilidad por encima del 90%. Torres en confiabilidad tuvo un aumento de 82.35% a 93.23% y, la disponibilidad de 84.5% a 91.3%. Altamirano alcanzó a ascender a 91.55% la disponibilidad.

5.5 Los resultados obtenidos del análisis de costos y beneficios hacen que la implementación de un programa predictivo sea beneficioso para el proceso rendering por la reducción de gastos en mantenimiento correctivo con un VAN y TIR alto. Al igual que los investigadores citados, como Miranda que obtuvo una utilidad de 121,568.00 S/año. Sembiring de 67,455.00 soles/año. Torres, calculó un beneficio 165,000.00 soles/año. Miranda Salinas obtuvo un VAN de S/ 681,312.00 y una TIR de 226%. Valor similar obtenido en esta tesis. Roja (2019), Asencio obtuvo un beneficio económico de 619,200 soles al año, inversión de 80,400 soles, lo que deriva en obtener el retorno de la inversión sólo en 2 meses.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se implementó el programa de mantenimiento predictivo y se evaluaron la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en proceso rendering. Se priorizaron los equipos críticos con baja confiabilidad de las líneas de plumas, vísceras y del área de tableros.

6.1 Se determinó la criticidad de los equipos, categorizándolos como no críticos, medianamente críticos, críticos y altamente críticos. La criticidad de los equipos fue determinada por la mayor criticidad de uno de sus componentes; donde se evaluaron 57 equipos de los cuales, 53 equipos tienen una criticidad por encima de medianamente crítico, esto es aproximadamente el 93% de los equipos en línea de plumas, vísceras y tableros.

6.2 Se determinó la disponibilidad y confiabilidad, mediante la recolección y procesamiento del historial de mantenimiento del año 2021, el cual se agrupo por conveniencia en trimestres. La disponibilidad en proceso rendering en general tiene un valor alto, con un valor de disponibilidad mínima alcanzada en 2021, igual a 98.76%. Por otro lado, la confiabilidad de los equipos críticos y altamente críticos alcanzaron valores por debajo del 50%, donde el digestor de la línea de plumas DIGEST 002 y el ventilador VENTIL 025 de la misma área, alcanzaron valores de 16.61% y 48.42% respectivamente. En Tableros la mayor parte de los equipos son críticos, pero con una confiabilidad entre el 60% y 90%.

6.3 Se implementó el programa de mantenimiento y los indicadores de gestión en base a la criticidad y los resultados AMFE. El análisis AMFE se aplicó a los componentes críticos de los equipos con baja confiabilidad, obteniendo así las fallas prioritarias en los equipos y las acciones predictivas para mejorar la confiabilidad. Asimismo, en el AMFE se indicó el personal necesario y se proyectó la disminución del NPR. La frecuencia de inspección del programa se definió por el tiempo requerido para aumentar la confiabilidad. En el programa se indicó el tiempo planeado para llevar a cabo la actividad predictiva. La solución del AMFE indicó que se debe contar con: inspección visual (16%), ultrasonido (2%), análisis vibracional (12%), termografía (17%), análisis de aceite (14%), megado (14%) y acciones preventivas (25%).

6.4. Se recalculó la confiabilidad, luego de la implementación, precisando que el plan de mantenimiento tiene dos meses de implementado y estimando la confiabilidad por el resto del año en base de proyecciones aritméticas, considerando la frecuencia de las actividades predictivas se determinó considerando el MTBF histórico y el tiempo requerido para aumentar la confiabilidad, con lo cual se obtuvo confiabilidades mayores a 90% luego de la implementación.

6.5 Finalmente, se realizó el cálculo de los costos asociados a la implementación del programa de mantenimiento predictivo, considerando las horas hombre calculadas en el programa por cada especialidad, las especialidades consideradas fueron: técnico electricista, operario mecánico y inspector predictivo. Asimismo, se pudo observar que la inversión es retribuida por el descenso en el registro de fallos inesperados. El VAN proyectado a 10 años considerando el ahorro anual en mantenimiento, da un valor positivo igual a S/19,877.56 nuevos soles y un TIR de 103.64%.



## **VII. Recomendaciones**

El presente trabajo generó las siguientes recomendaciones:

- Aplicar un estudio de mantenimiento proactivo con la información del predictivo implementado en este informe y el preventivo de la empresa.
- Extender el estudio para los equipos periféricos y al área de generación de vapor que cuenta con una caldera pirotubular de 300 BHP que alimenta de vapor a los digestores de las dos líneas de procesamiento.
- Determinar la confiabilidad de los equipos altamente críticos, por medio de la distribución de Weibull y sus parámetros de forma.
- Estudio de tiempos y rutas de trabajo para optimizar la productividad de la ejecución del mantenimiento predictivo y el preventivo en proceso rendering.

## Referencias

1. ALBAN SALAZAR, N. E. (2017). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD DE LAS MAQUINARIAS EN LA EMPRESA CONSTRUCCIONES REYES S.R.L. PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD*. Chiclayo: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.
2. API 580. (2016). *Análisis basado en riesgo*. EE.UU: American Petroleum Company.
3. Asencio Altamirano, J. G. (2020). *Mantenimiento predictivo mediante análisis termográfico en equipos eléctricos de centrífugas de Ingenio Azucarero*.
4. Ávila, M. (2015). *La Termografía en Mantenimiento Predictivo*.
5. Baca Urbina, G. (2010). *Fundamentos de ingeniería económica*. Mexico D.F: McGRAW-HILL.
6. Bebars, A. D., Eladl, A. A., Abdulsalam, G. M., & Badran, E. A. (2022). *Internal electrical fault detection techniques in DFIG-based wind turbines: a review*. Egipto: Scopus.
7. BERNAL NÚÑEZ, C. A. (2017). *DISEÑO Y EVALUACIÓN ECÓNOMICA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA SISTEMA DE PUERTAS DE TREN NS93*. Santiago de Chile: Universidad técnica Federico Santa María.
8. Bravo Díaz, V., & Muñoz Huamán, M. (2021). *DISEÑO DE MEJORA EN EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS TERROT, ORIZZIO Y MAYER DE LA EMPRESA TEXTIL CAYSALU S.A.C*. Trujillo: UPN.

9. CALLOMAMANI YUNCA, E. (2021). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DE LA PLANTA PRE CONCENTRADO ORE SORTING DE LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR*. Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
10. CHANG NIETO, E. (2008). *PROPUESTA DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PEQUEÑA EMPRESA DEL RUBRO DE MINERÍA PARA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL SERVICIO DE ALQUILER*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
11. Coelho da Silva, J. (2020). *Termografia aplicada a manutencao industrial*.
12. Departamento de Mantenimiento de Rendering. (2020). Trujillo: Rendering.
13. Dounce. (2017).
14. Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Dixon Campbell, J. (2009). *Sistemas de mantenimiento*. México: Limusa Wiley.
15. García Garrido, S. (2006). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.
16. García, M. (2017). *El uso de herramientas predictivas en Mantenimiento*.
17. Gudadhe, A. y. (2016). *Implementación de un diseño de mantenimiento RCM con aplicación de tecnología predictiva*.
18. IEEE Latin America. (2020). *Predictive Maintenance Plan for Switched Reluctance Motor Drives*. IEEE.
19. Kumer. (2017). *Plan de Mantenimiento fundado en el riesgo mediante el ACR en motores eléctricos*.
20. Levitt, J. (2011). *Complete Guide to Preventive and Predictive Maintenance*, 2da. Ed. Industrial Press.

21. Loya Ñato, D. R. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el área de abastecimiento corte térmico de la empresa SEDEMI*. Quito: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA.
22. Martín, M. R., López, S. L., Aguilera, D. G., & Vilariño, L. D. (2015). TERMOGRAFÍA ACTIVA PARTE 2: DESARROLLO Y APLICACIONES EN INGENIERÍA E INDUSTRIA. *Dyna*, 90(6), 568-572. Recuperado el 17 de 5 de 2022, de <https://revistadyna.com/busqueda/termografia-activa-parte-2-desarrollo-y-aplicaciones-en-ingenieria-e-industria>
23. Medina Lozano, R. D. (2022). *ESTRATÉGIAS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LOS INDICADORES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE*. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola.
24. Miranda. (2018). *Uso y aplicación de la termografía para mejoramiento de disponibilidad de Motores Scania*.
25. Miranda Salinas, Y. R. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR ANÁLISIS DE VIBRACIONES EN EQUIPOS ROTATIVOS CRÍTICOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTO DOMINGO DE LOS OLLEROS*. Lima: Universidad Privada del Norte.
26. Mora Gutiérrez, A. (2016). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.
27. Moreno Arango, M. F., & Torres Gómez, J. (2022). *Propuesta para la implementación del método de diagnóstico de medición de espesores por ultrasonido para la mejora de la disponibilidad en el mantenimiento de una flota de camiones mezcladores*. Medellín: Universidad de Antioquia.
28. RAMIREZ, J. C., & MORENO, H. F. (2017). *ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y DISPONIBILIDAD PARA LA ATRACCIÓN X-TREME DEL PARQUE MUNDO AVENTURA, TOMANDO COMO REFERENCIA LAS NORMAS, SAE JA1011 Y SAE JA1012*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.

29. Raposo, H., Torres Farinha, J., Fonseca, I., & Galar, D. (2019). Predicting condition based on oil analysis – A case study. *Elsevier*, 1.
30. Rey Sacristán, F. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. Madrid: FC Editorial.
31. Rojas Melgarejo, D. N. (2019). *Elaboración de un Plan de mantenimiento predictivo de motores asíncronos para motoventiladores centrífugos en la Planta Fidería Lima Alicorp S.A.* Lima: Universidad Tecnológica del Perú.
32. Sánchez, J., Andrada, P., Blanqué, B., & Torrent, M. (2022). Plan de mantenimiento predictivo para accionamientos de motor de reluctancia conmutada. *Elsevier*, 67-74.
33. Sembiring. (2018). *Mantenimiento predictivo basado en termografía en excavadoras de cadena*.
34. Shao, Y., Kang, R., & Liu, J. (2020). Rolling Bearing Fault Diagnosis Based on the Coherent Demodulation Model. *IEEE Access*, 2.
35. Shirish, N., Vishnu, G., & Khizar, P. (2021). Experimental Vibrational Analysis of Antifriction Bearing. *SSRG International Journal of Recent Engineering Science*, 14.
36. Sols, A. (2000). *Fiabilidad, mantenibilidad, efectividad un enfoque sistemático*. Madrid: Universidad Pontificia de Madrid.
37. SZCZESNY, S., GOLIJANEK-JĘDRZEJCZYK, A., & ŚWISULSKI, D. (2019). Influence of wrongly assumed probability distribution on the uncertainty of resistance measurement by technical method. *POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS*, 4.
38. Tlaxcla Martinez, L. L. (2018). *Proyecto de estadía realizado en la empresa PROENERMEX S.A. de C.V.* Cuitláhuac: Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.
39. Torres, C. (2018). *Mejoramiento de la disponibilidad operacional en máquinas eléctricas*.

40. Venegas , P., Ivorra , E., Ortega, M., & Sáez de Ocáriz, I. (2022). *Towards the Automation of Infrared Thermography Inspections for Industrial Maintenance Applications*. Scopus.

# ANEXOS

## Anexo 1.

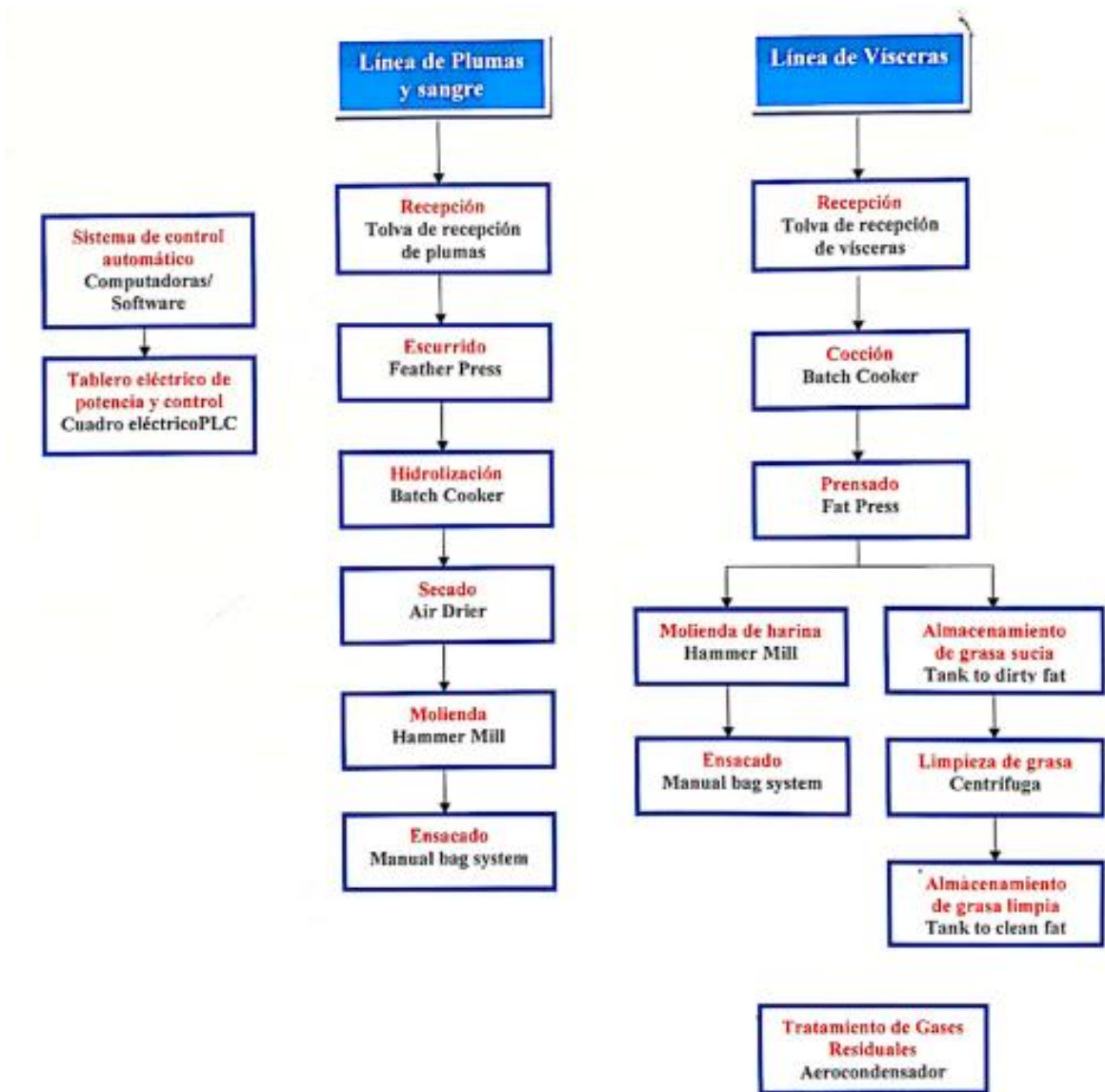


Diagrama de Flujo Proceso Rendering

## Anexo 2.

<b>Gravedad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>Muy baja repercusiones imperceptibles</b>	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema, probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
<b>Baja repercusiones irrelevantes apenas perceptibles</b>	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente, probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. es fácilmente subsanable	2
<b>Moderada defectos de relativa importancia</b>	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. el cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	3
<b>Alta</b>	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. produce un grado de insatisfacción elevado	4
<b>Muy alta</b>	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	5



### Anexo 3.

<b>Frecuencia</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>Muy Baja Improbable</b>	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
<b>Baja</b>	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda	2
<b>Moderada</b>	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema	3
<b>Alta</b>	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	4
<b>Muy Alta</b>	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	5

<b>Detectabilidad</b>	<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>
<b>Muy Alta</b>	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
<b>Alta</b>	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2
<b>Mediana</b>	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	3
<b>Pequeña</b>	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento	4
<b>Improbable</b>	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	5

#### Anexo 4.

#### Gráficos de criticidad y riesgo referenciales

Cuando se trata de criticidad, se utiliza la matriz de criticidad de la figura 3.

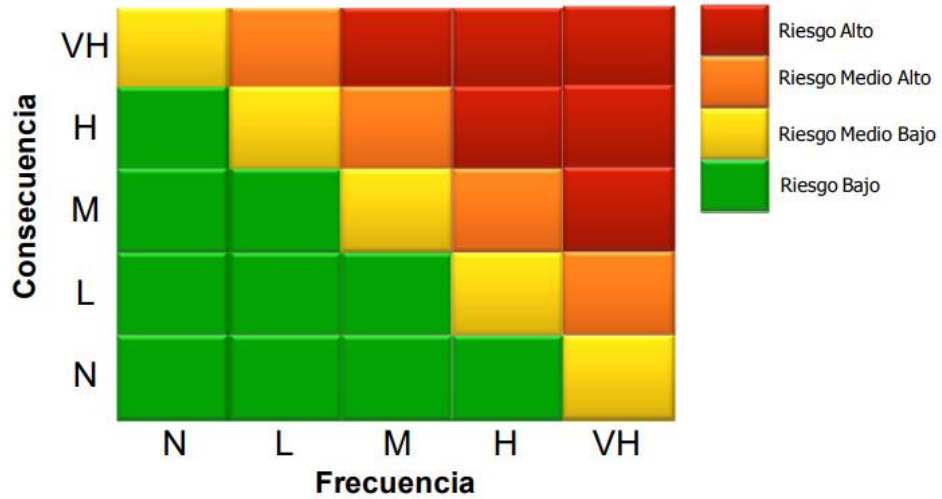


Figura 21. Matriz de criticidad.

Para el análisis de riesgo, se utiliza la matriz de riesgo de la figura 4.

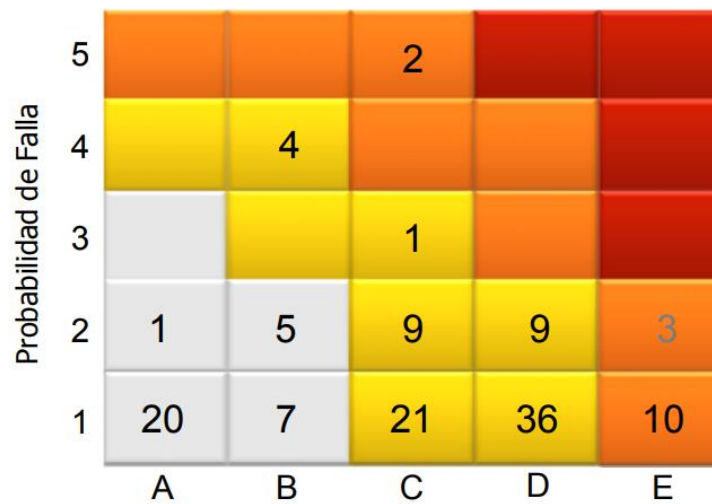


Figura 22. Matriz de riesgo.

## Anexo 5.

### Criterios para valoración de fallas en AMFE.

Criterio	Valor de GRAVEDAD
<b>Ínfima.</b> El defeco sería imperceptible por el usuario.	1
<b>Escasa.</b> El usuario puede notar un fallo menor, pero solo provoca una ligera molestia.	2 a 3
<b>Baja.</b> El usuario nota el fallo y afecta la producción	4 a 5
<b>Moderada.</b> El fallo produce que el sistema se detenga para ser inspeccionado y solucionado por el usuario de la unidad.	6 a 7
<b>Elevada.</b> El fallo produce un paro inesperado y requiere la presencia de un operario de manteniendo de la especialidad.	8 a 9
<b>Muy elevada.</b> El fallo implica problema de seguridad del producto, usuario y el medio ambiente. Paro prolongado de la producción.	10

Criterio	Valor de OCURRENCIA
<b>Muy escasa probabilidad de ocurrencia.</b> No se ha registrado un fallo en el pasado.	1
<b>Escasa probabilidad de ocurrencia.</b> Muy pocos fallos o circunstancias similares en el pasado.	2 a 3
<b>Moderada probabilidad de ocurrencia.</b> Defecto aparecido ocasionalmente.	4 a 5
<b>Frecuente probabilidad de ocurrencia.</b> Se ha presentado en circunstancias similares en varias ocasiones.	6 a 7
<b>Elevada probabilidad de ocurrencia.</b> El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8 a 9
<b>Muy elevada probabilidad de fallo.</b> Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	10

Criterio	Valor de DETECCIÓN
<b>Muy escasa.</b> El defecto es obvio.	1
<b>Escasa.</b> El defecto fácilmente se detecta o sería posteriormente detectado.	2 a 3
<b>Moderada.</b> El defecto es una característica de fácil detección.	4 a 5
<b>Frecuente.</b> Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia producen paradas.	6 a 7
<b>Elevada.</b> La detección del defecto es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales.	8 a 9
<b>Muy elevada.</b> El defecto es de difícil detección que toma más tiempo de lo normal para ser detectado.	10

## Anexo 6.

### Análisis de criticidad

Las tabla 5, 6 y 7 contienen la puntuación para el análisis de criticidad de las líneas de procesamiento y tableros.

#### Tabla 71.

Aspectos y puntuación para cálculo de la consecuencia.

Impacto operacional		Flexibilidad operacional		Costo de mantenimiento		Impacto a seguridad		Impacto ambiente	
IO		FO		CM		IS		IA	
Se detiene el funcionamiento	3-4	No existe uno igual o similar en planta	3	Más de S/40,000.00	3	Daño al personal y a la propiedad.	3	Si afecta	2
Funciona pero a baja productividad	1-2	Sistema puede seguir funcionando	1	Promedio de S/20,000.00	2	Daño al equipo.	1-2	No afecta	0
No detiene el funcionamiento	0	Existe otro igual y similar en planta	0	Más de S/5,000.00	1	No afecta.	0		

Se ha considerado un nivel de puntuación distinto para los equipos mecánicos y los eléctricos. En las tablas 8 y 9.

#### Tabla 72.

Puntuación frecuencia de falla equipos mecánicos.

Frecuencia de falla (F)	Puntuación
Más de 5 fallas anuales	5
De 3 a 5 fallas por año.	3-4
Menos de 2 fallas por año.	1-2

#### Tabla 73.

Puntuación frecuencia de falla equipos eléctricos.

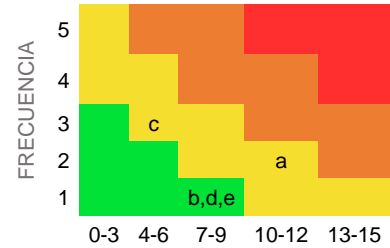
Frecuencia de falla (F)	Puntuación	Nivel
Más de 5 fallas anuales	5	A
De 3 a 5 fallas por año.	4	B
De 2 a 3 fallas por año.	3	C
Menos de 2 fallas cada 3 años.	2	D
Menos de 2 falla cada 5 años	0-1	E

Se ha identificado las partes principales de cada equipo y se ha calculado la criticidad para separado, para obtener más información respecto a la falla.

**Tabla 74.**

Resultados criticidad TOLVAA 002.

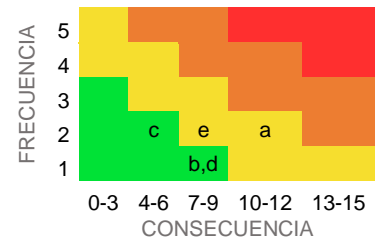
TOLVAA 002	Recepción	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	3	2	0	1	1	0	4	12
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Soportería	1	2	0	1	3	2	8	8



**Tabla 75.**

Resultados criticidad TRAHEL 043.

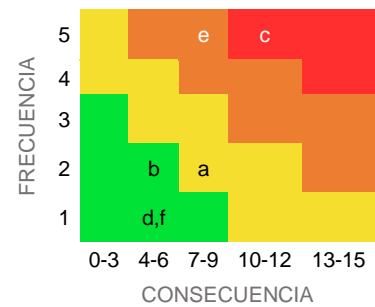
TRAHEL 043	Transp.	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Soportería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 76.**

Resultados criticidad DIGEST 001.

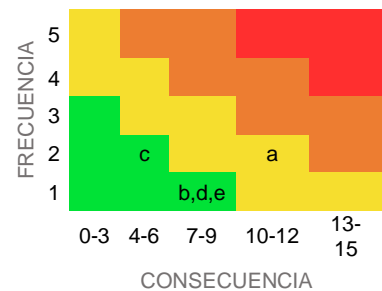
DIGEST 001	Digestor	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	2	2	2	3	2	0	9	18
b	Transmisión fajas	2	4	0	1	0	0	5	10
c	Compuertas de carga	5	4	2	2	2	2	12	60
d	Hélice de agitador	1	2	1	2	0	0	5	5
e	Junta rotativa	5	4	2	1	2	0	9	45
f	Soportería	1	0	1	1	1	2	5	5



**Tabla 77.**

Resultados criticidad TOLVAA 004.

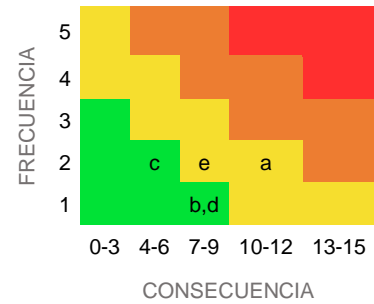
TOLVAA 004	Tolva	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Soportería	1	2	0	1	3	2	8	8



**Tabla 78.**

Resultados criticidad TRAHEL 049.

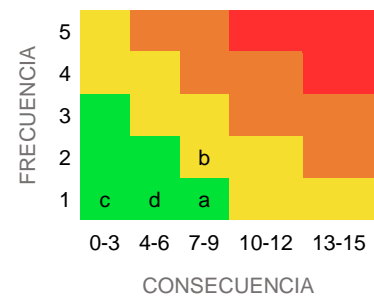
TRAHEL 049	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 79.**

Resultados criticidad SECHAR 001.

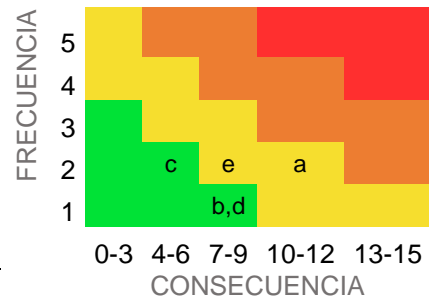
SECHAR 001	Secador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	1	2	2	3	2	0	9	9
b	Hélice de agitador	2	2	2	2	2	0	8	16
c	Damper	1	0	1	1	1	0	3	3
d	Sopotería	1	0	1	2	1	0	4	4



**Tabla 80.**

Resultados criticidad TRAHEL 045.

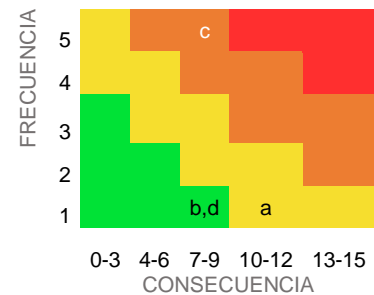
TRAHEL 045	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 81.**

Resultados criticidad CEPROT 001

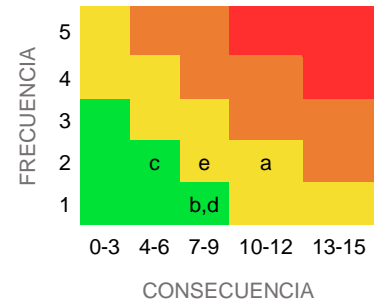
CEPROT 001	Cernidor	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	4	2	2	2	0	10	10
b	Sistema de transmisión	1	2	2	2	2	0	8	8
c	Raspadores	5	2	2	1	2	0	7	35
d	Sopotería	1	2	1	2	2	0	7	7



**Tabla 82.**

Resultados criticidad TRAHEL 050.

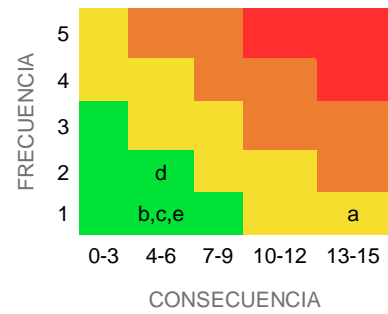
TRAHEL 050	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 83.**

Resultados criticidad MOLMAR 010.

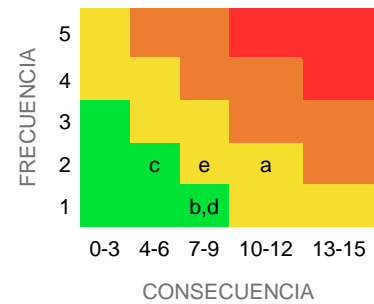
MOLMAR 010	Molino	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	4	2	3	2	2	13	13
b	Acoplamiento de malla	1	2	2	1	0	0	5	5
c	Martillos	1	2	1	1	0	0	4	4
d	Cribas	2	2	1	1	0	0	4	8
e	Sopotería	1	0	2	2	0	0	4	4



**Tabla 84.**

Resultados criticidad TRAHEL 053.

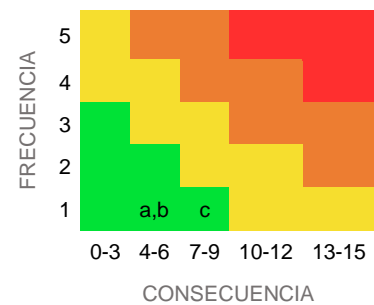
TRAHEL 053	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 85.**

Resultados criticidad MEZCLA 008.

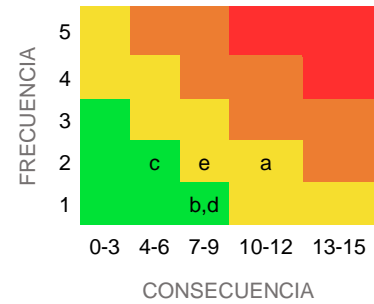
MEZCLA 008	Mezcladora	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	1	2	1	2	1	0	6	6
b	Agitador	1	2	1	2	1	0	6	6
c	Sopotería	1	1	1	2	1	2	7	7



**Tabla 86.**

Resultados criticidad TRAHEL 051.

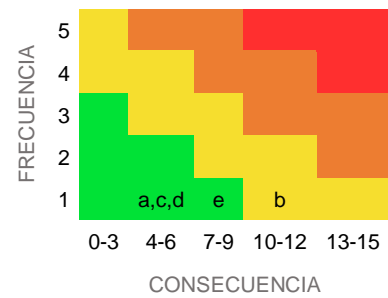
TRAHEL 051	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 87.**

Resultados criticidad ENSAC 001.

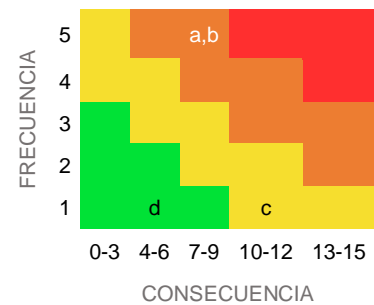
ENSAC 001	Ensacado	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	1	2	3	1	0	0	6	6
b	Helicoidal	1	2	2	2	2	2	10	10
c	Bocina	1	2	0	1	1	0	4	4
d	Chute	1	1	1	1	1	1	5	5
e	Sopotería	1	2	0	1	3	2	8	8



**Tabla 88.**

Resultados criticidad QUEGAS 001.

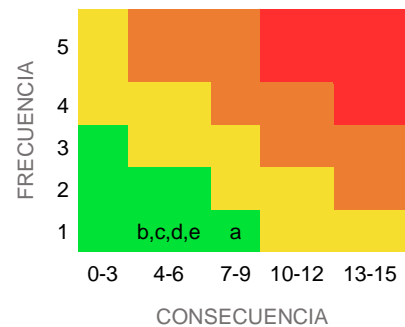
QUEGAS 001	Quemador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Servomotores	5	4	2	1	0	0	7	35
b	Chispero	5	4	2	1	0	0	7	35
c	Ingreso de gas	1	4	2	1	2	2	11	11
d	Sopotería	1	2	1	2	0	0	5	5



**Tabla 89.**

Resultados criticidad VENTIL 032.

VENTIL 032 (026 visceras)	Ventilador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	2	2	2	2	0	8	8
b	Transmisión fajas	1	2	2	1	0	0	5	5
c	Chumaceras	1	2	2	1	0	0	5	5
d	Rodete	1	2	2	1	0	0	5	5
e	Sopotería	1	2	2	1	0	0	5	5

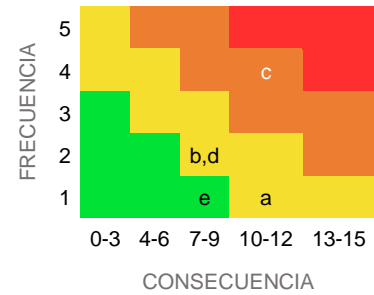




**Tabla 90.**

Resultados criticidad VENTIL 032.

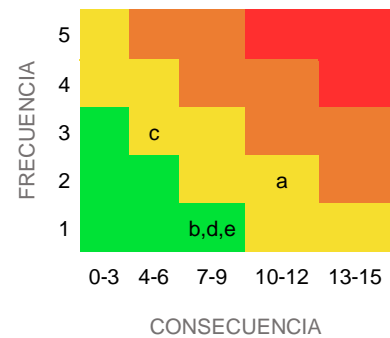
VENTIL 025	Ventilador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	4	2	3	2	0	11	11
b	Transmisión fajas	2	4	2	1	2	0	9	18
c	Chumaceras	4	4	2	2	2	0	10	40
d	Rodete	2	4	2	1	2	0	9	18
e	Soportería	1	4	2	1	2	0	9	9



**Tabla 91.**

Resultados criticidad TOLVAA 001.

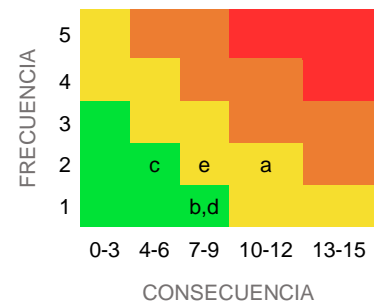
TOLVAA 001	Recepción	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	3	2	0	1	1	0	4	12
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Soportería	1	2	0	1	3	2	8	8



**Tabla 92.**

Resultados criticidad TRAHEL 044.

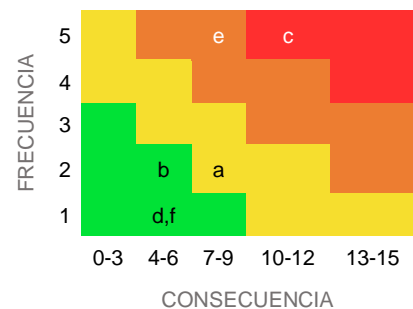
TRAHEL 044	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Soportería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 93.**

Resultados criticidad DIGEST 002.

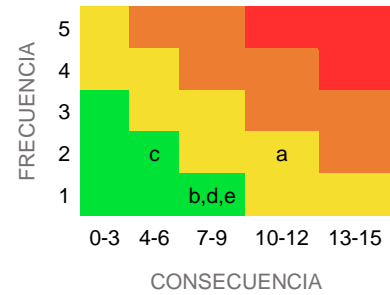
DIGEST 002	Digestor	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	2	2	2	3	2	0	9	18
b	Transmisión fajas	2	4	0	1	0	0	5	10
c	Compuertas de carga	5	4	2	2	2	2	12	60
d	Hélice de agitador	1	2	1	2	0	0	5	5
e	Junta rotativa	5	4	2	1	2	0	9	45
f	Soportería	1	0	1	1	1	2	5	5



**Tabla 94.**

Resultados criticidad TOLVAA 003.

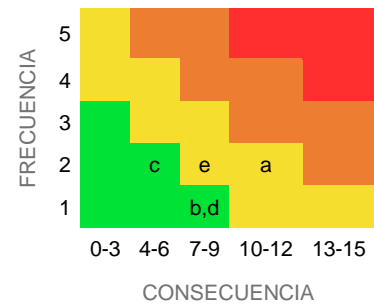
TOLVAA 003	Tolva	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	<b>20</b>
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	<b>8</b>
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	<b>8</b>
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	<b>7</b>
e	Sopotería	1	2	0	1	3	2	8	<b>8</b>



**Tabla 95.**

Resultados criticidad TRAHEL 046.

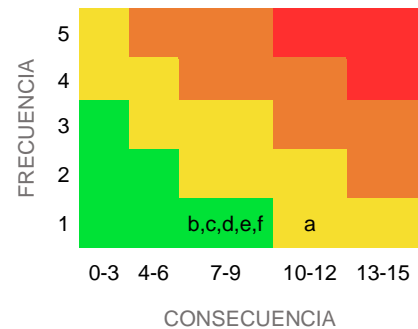
TRAHEL 046	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	<b>20</b>
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	<b>8</b>
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	<b>8</b>
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	<b>7</b>
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	<b>16</b>



**Tabla 96.**

Resultados criticidad PREHAR 001.

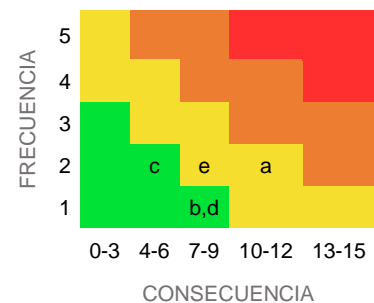
PREHAR 001	Prensado	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	4	3	3	2	0	12	<b>12</b>
b	Costillas de prensado	1	4	2	2	0	0	8	<b>8</b>
c	Conos de prensado	1	4	2	1	0	0	7	<b>7</b>
d	Sistema hidráulico	1	4	2	1	0	0	7	<b>7</b>
e	Helicoidal de conos	1	4	2	1	0	0	7	<b>7</b>
f	Sopotería	1	2	2	2	0	2	8	<b>8</b>



**Tabla 97.**

Resultados criticidad TRAHEL 047.

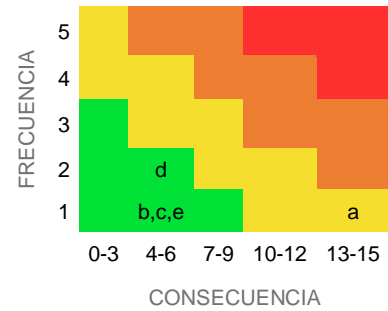
TRAHEL 047	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	<b>20</b>
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	<b>8</b>
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	<b>8</b>
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	<b>7</b>
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	<b>16</b>



**Tabla 98.**

Resultados criticidad MOLMAR 009.

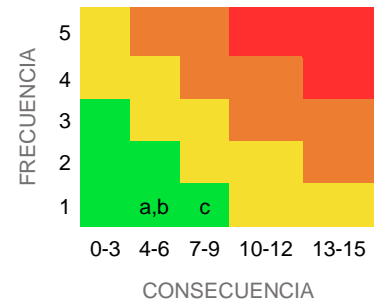
MOLMAR 009	Molino	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	4	2	3	2	2	13	13
b	Acoplamiento de malla	1	2	2	1	0	0	5	5
c	Martillos	1	2	1	1	0	0	4	4
d	Cribas	2	2	1	1	0	0	4	8
e	Sopotería	1	0	2	2	0	0	4	4



**Tabla 99.**

Resultados criticidad MEZCLA 008.

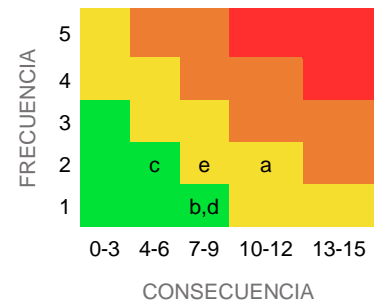
MEZCLA 008	Mezcladora	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	1	2	1	2	1	0	6	6
b	Agitador	1	2	1	2	1	0	6	6
c	Sopotería	1	1	1	2	1	2	7	7



**Tabla 100.**

Resultados criticidad TRAHEL 052.

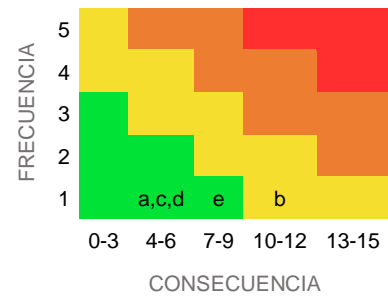
TRAHEL 052	Transportador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Tornillo helicoidal	2	2	2	2	2	2	10	20
b	Motorreductor	1	4	2	1	1	0	8	8
c	Bocina	2	2	0	1	1	0	4	8
d	Acople	1	2	1	1	3	0	7	7
e	Sopotería	2	2	0	1	3	2	8	16



**Tabla 101.**

Resultados criticidad ENSAC 001.

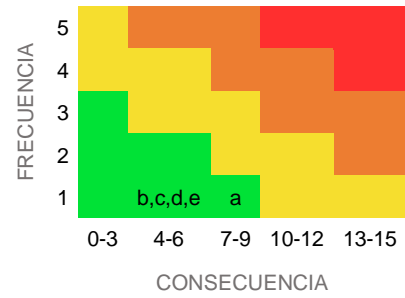
ENSAC 001	Ensacado	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motorreductor	1	2	3	1	0	0	6	6
b	Helicoidal	1	2	2	2	2	2	10	10
c	Bocina	1	2	0	1	1	0	4	4
d	Chute	1	1	1	1	1	1	5	5
e	Sopotería	1	2	0	1	3	2	8	8



**Tabla 102.**

Resultados criticidad VENTIL 026.

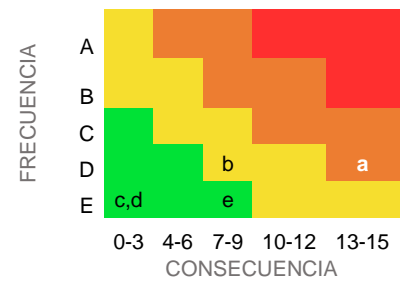
VENTIL 026	Ventilador	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Motor	1	2	2	2	2	0	8	<b>8</b>
b	Transmisión fajas	1	2	2	1	0	0	5	<b>5</b>
c	Chumaceras	1	2	2	1	0	0	5	<b>5</b>
d	Rodete	1	2	2	1	0	0	5	<b>5</b>
e	Sopotería	1	2	2	1	0	0	5	<b>5</b>



**Tabla 103.**

Resultados criticidad TABFLU-045.

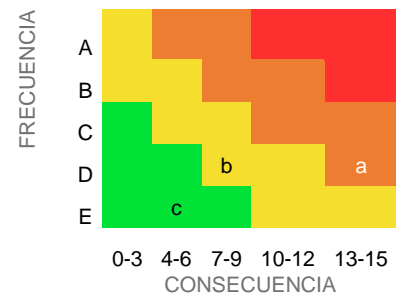
TABFLU-045	Tablero general	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnéticas	2	4	4	1	3	2	14	<b>D-14</b>
b	Cableados	2	3	1	1	1	2	8	<b>D-8</b>
c	Barras de cobre	0	1	0	1	1	0	3	<b>E-3</b>
d	Medidor	1	0	1	1	1	0	3	<b>E-3</b>
e	Gabinete	0	0	1	2	2	0	5	<b>E-5</b>



**Tabla 104.**

Resultados criticidad TABLFC-019.

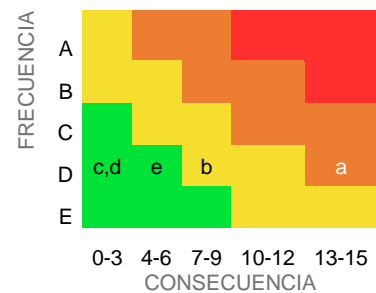
TABLFC-019	Tablero de distribución	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llaves termomagnéticas	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Cableados	2	3	1	1	1	2	8	<b>D-8</b>
c	Gabinete	0	0	1	2	2	0	5	<b>E-5</b>



**Tabla 105.**

Resultados criticidad TABLFC-021.

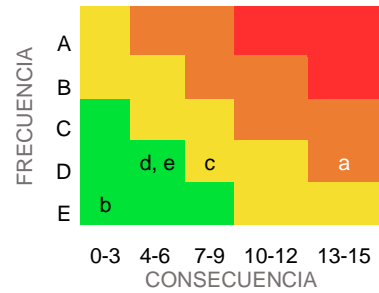
TABLFC-021	Tablero contra incendios	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Relés	2	0	1	1	1	0	3	<b>D-3</b>
d	Diferencial	2	0	1	1	1	0	3	<b>D-3</b>
e	Cableados	2	3	0	1	0	1	5	<b>D-5</b>



**Tabla 106.**

Resultados criticidad TABLFC-041.

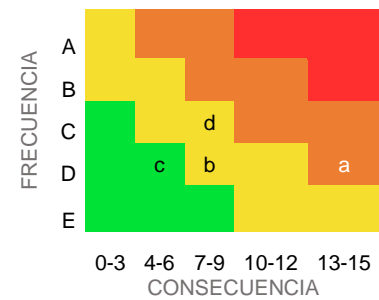
TABLFC-041	Tablero de distribución N°2	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Barras de cobre	1	1	0	1	1	0	3	<b>E-3</b>
c	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
d	Contactora, rele	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
e	Conexiones	2	3	0	1	1	0	5	<b>D-5</b>



**Tabla 107.**

Resultados criticidad TABLFC-020.

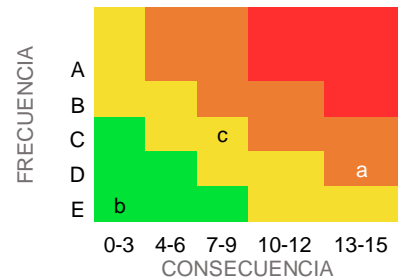
TABLFC-020	Tablero control torre vahos	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Contactora, rele	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
e								0	<b>E-0</b>



**Tabla 108.**

Resultados criticidad TABLFC-042.

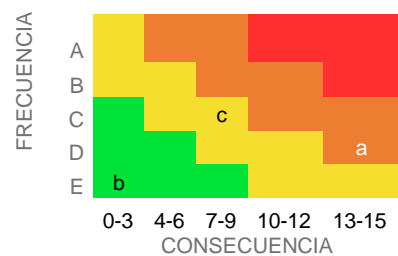
TABLFC-042	Tablero distribución N°3	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Barras de cobre	1	1	0	1	1	0	3	<b>E-3</b>
c	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



**Tabla 109.**

Resultados criticidad TABLFC-022.

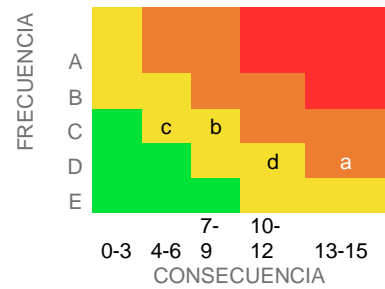
TABLFC-022	Tablero A1 produccion linea plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Barras de cobre	0	1	0	1	1	0	3	<b>E-3</b>
c	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



**Tabla 110.**

Resultados criticidad TABLFC-023.

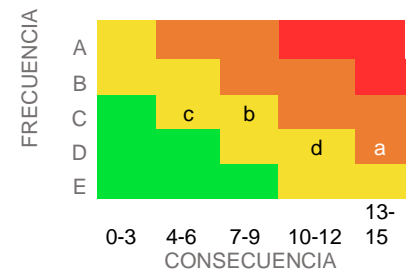
TABLFC-023	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	<b>D-11</b>



**Tabla 111.**

Resultados criticidad TABLFC-024.

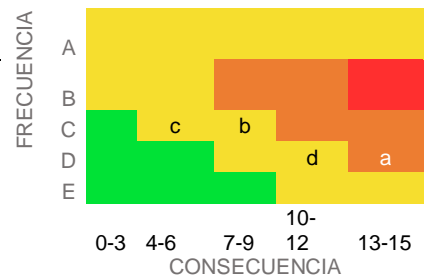
TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	1	2	0	10	<b>D-10</b>
e								0	<b>E-0</b>



**Tabla 112.**

Resultados criticidad TABLFC-025.

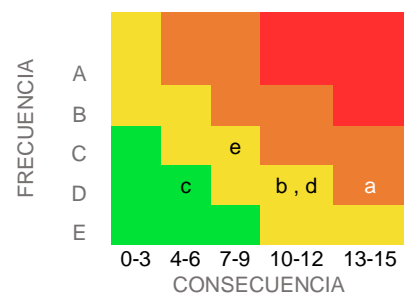
TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	1	2	0	10	<b>D-10</b>



**Tabla 113.**

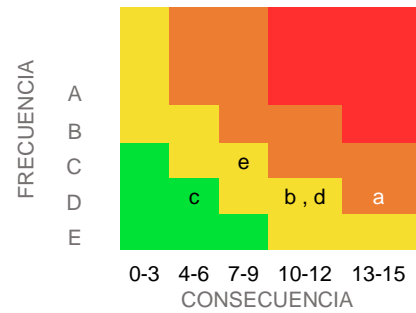
Resultados criticidad TABLFC-026.

TABLFC-026	TableroA4- 1 Equipos Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	1	2	0	10	<b>D-10</b>
e	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



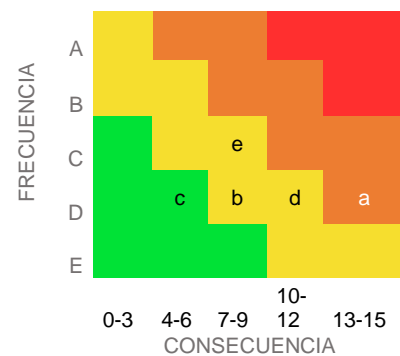
**Tabla 114.**  
Resultados criticidad TABLFC-027.

TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Contactador, rele	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	1	2	0	10	<b>D-10</b>
e	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



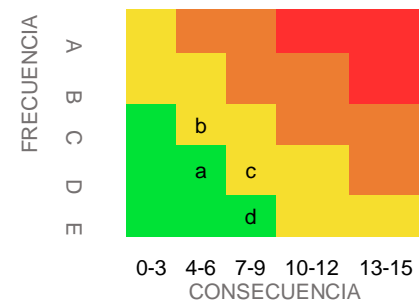
**Tabla 115.**  
Resultados criticidad TABLFC-028.

TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Contactador, rele	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Transformadores	2	4	3	1	2	0	10	<b>D-10</b>
e	Conexiones	3	3	0	1	1	2	7	<b>C-7</b>



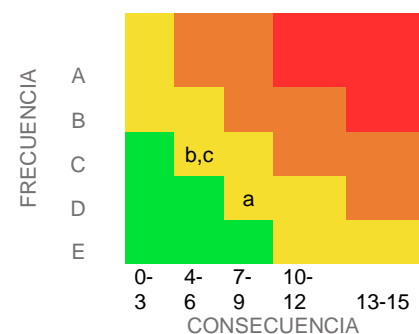
**Tabla 116.**  
Resultados criticidad TABLFC-029.

TABLFC-029	Tablero A5-2 UPS Linea Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnetica	2	4	0	1	0	0	5	<b>D-5</b>
b	UPS	3	2	1	1	2	0	6	<b>C-6</b>
c	Fuente de alimentacion	2	3	3	1	2	0	9	<b>D-9</b>
d	Conexiones	3	3	0	1	1	2	7	<b>C-7</b>



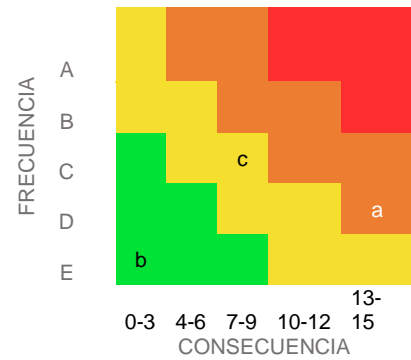
**Tabla 117.**  
Resultados criticidad TABLFC-030.

TABLFC-030	Tablero A6 PLC Linea Plumas	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	PLC	2	4	3	1	0	0	8	<b>D-8</b>
b	Fusibles	3	4	0	1	0	0	5	<b>C-5</b>
c	Conexiones	3	3	0	1	1	0	5	<b>C-5</b>



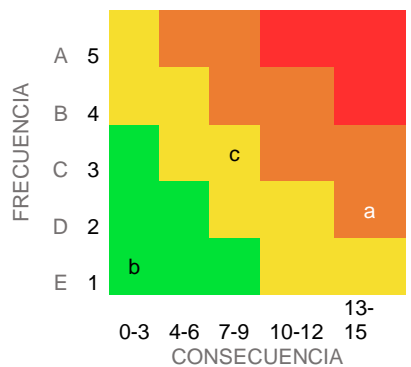
**Tabla 118.**  
Resultados criticidad TABLFC-031.

TABLFC-031	Tablero A1 Principal Línea Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Barras de cobre	1	1	0	1	1	0	3	<b>E-3</b>
c	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



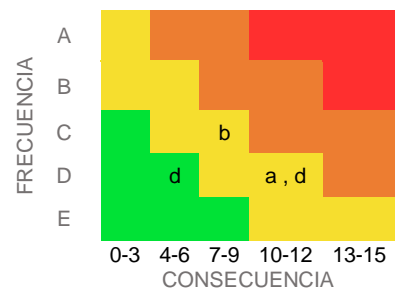
**Tabla 119.**  
Resultados criticidad TABLFC-032.

TABLFC-032	Tablero A2-1 Digestor Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	3	2	13	<b>D-13</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	<b>D-11</b>
e		x						0	<b>A-0</b>



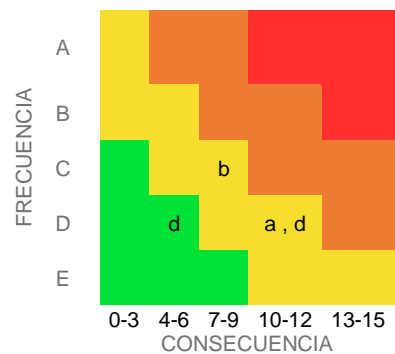
**Tabla 120.**  
Resultados criticidad TABLFC-033.

TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	2	2	12	<b>D-12</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	<b>D-11</b>
e		x						0	<b>A-0</b>
		x							<b>A-</b>



**Tabla 121.**  
Resultados criticidad TABLFC-034.

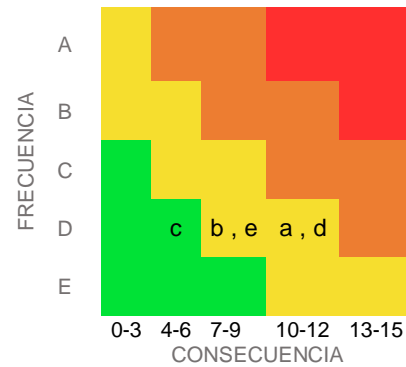
TABLFC-034	Tablero A3-1 Molino Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	2	2	12	<b>D-12</b>
b	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
c	Contactador	2	3	1	1	0	0	5	<b>D-5</b>
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	<b>D-11</b>
e									





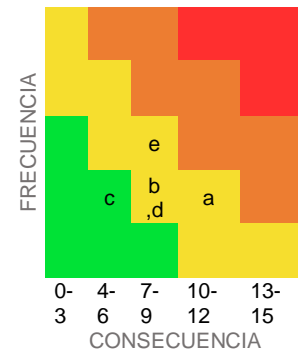
**Tabla 122.**  
Resultados criticidad TABLFC-035.

TABLFC-035	TableroA3-1 Molino Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	2	2	12	D-12
b	Conexiones	2	4	3	1	1	0	9	D-9
c	Contactador	2	3	0	1	0	0	4	D-4
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	D-11
		3	4	0	1	1	2	8	C-8



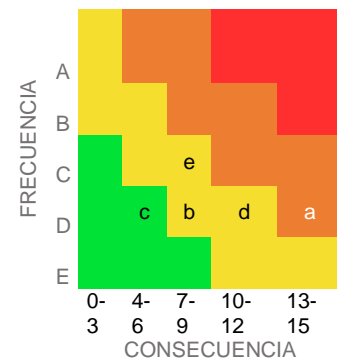
**Tabla 123.**  
Resultados criticidad TABLFC-036.

TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	2	2	12	D-12
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	D-9
c	Contactador, rele	2	3	0	1	0	0	4	D-4
d	Variador	2	3	3	1	1	0	8	D-8
e	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	C-8



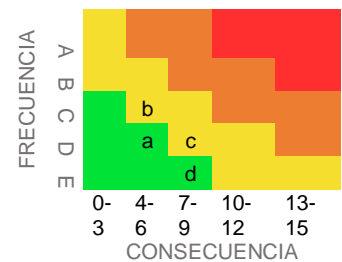
**Tabla 124.**  
Resultados criticidad TABLFC-043.

TABLFC-043	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	3	2	13	D-13
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	D-9
c	Contactador, rele	2	3	1	1	0	0	5	D-5
d	Transformadores	2	4	3	1	2	0	10	D-10
e	Conexiones	3	3	0	1	1	2	7	C-7



**Tabla 125.**  
Resultados criticidad TABLFC-044.

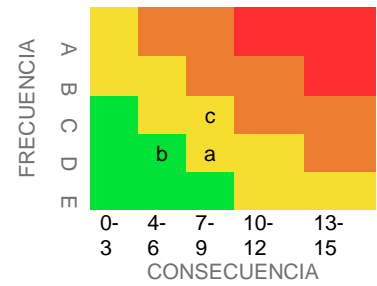
TABLFC-044	Tablero A5-2 UPS Línea Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR	
a	Llave termomagnética		2	4	0	1	0	0	5	D-5
b	UPS		3	2	1	1	2	0	6	C-6
c	Fuente de alimentación		2	3	3	1	2	0	9	D-9
d	Conexiones		3	3	0	1	1	2	7	C-7



**Tabla 126.**

Resultados criticidad TABLFC-046.

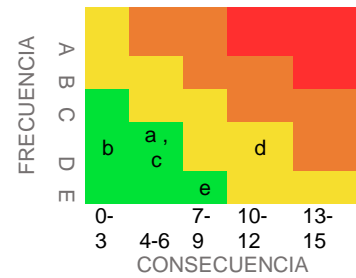
TABLFC-046	Tablero A6 PLC Línea Viseras	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	PLC	2	4	3	1	0	0	8	<b>D-8</b>
b	Fusibles	2	3	0	1	0	0	4	<b>D-4</b>
c	Conexiones	3	3	0	1	1	2	7	<b>C-7</b>



**Tabla 127.**

Resultados criticidad TABLFC-037.

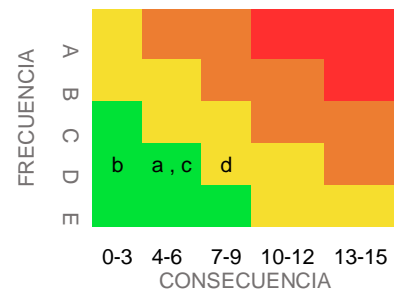
TABLFC-037	Tablero Decanter	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	0	1	1	0	6	<b>D-6</b>
b	Guarda motor	2	2	0	1	0	0	3	<b>D-3</b>
c	Contactador, relé	2	3	0	1	0	0	4	<b>D-4</b>
d	Variador	2	4	3	2	2	0	11	<b>D-11</b>
e	Conexiones	3	3	0	1	1	2	7	<b>C-7</b>



**Tabla 128.**

Resultados criticidad TABLFC-045.

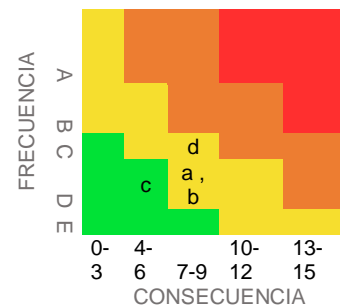
TABLFC-045	Tablero Caldero	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	0	1	1	0	6	<b>D-6</b>
b	Guarda motor	2	2	0	1	0	0	3	<b>D-3</b>
c	Contactador, relé	2	3	0	1	0	0	4	<b>D-4</b>
d	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>
e									



**Tabla 129.**

Resultados criticidad TABLFC-046.

TABLFC-046	Tablero Sala de Tratamiento de agua	F	IO	FO	CM	IS	IA	C	CTR
a	Llave termomagnética	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
b	Guarda motor	2	4	3	1	1	0	9	<b>D-9</b>
c	Contactador, relé	2	2	1	1	1	0	5	<b>D-5</b>
d	Conexiones	3	4	0	1	1	2	8	<b>C-8</b>



## Anexo 7.

### Historial de mantenimiento en 2021.

**Tabla 130.**  
Historial de mantenimiento 2021 – Plumas.

N <sup>o</sup>	Parte	Código	Sistema	Tiempo de operación (horas)				Cantidad de fallas				Tiempo de fallas (horas)			
				2021				2021				2021			
				1 trimes tre	2 trimes tre	3 trimes tre	4 trimes tre	1 trimes tre	2 trimes tre	3 trimes tre	4 trimes tre	1 trimes tre	2 trimes tre	3 trimes tre	4 trimes tre
1	Plumas	TOLVA A 002	Recepción	1440	1456	1472	1472	1	0	0	0	4	0	0	0
2	Plumas	TRAHEL 043	Transportador	1440	1456	1472	1472	4	0	0	0	17	0	0	0
3	Plumas	DIGEST 001	Digestor	1440	1456	1472	1472	10	4	4	7	31	8	8	25
4	Plumas	TOLVA A 004	Tolva	1440	1456	1472	1472								
5	Plumas	TRAHEL 049	Transportador	1440	1456	1472	1472								
6	Plumas	SECHAR 001	Secador	1440	1456	1472	1472								
7	Plumas	TRAHEL 045	Transportador	1440	1456	1472	1472								
8	Plumas	CEPROT 001	Cernidor	1440	1456	1472	1472	1	0	0	0	3	0	0	0
9	Plumas	TRAHEL 050	Transportador	1440	1456	1472	1472								
10	Plumas	MOLMAR 010	Molino	1440	1456	1472	1472	1	0	0	0	1	0	0	0
11	Plumas	TRAHEL 053	Transportador	1440	1456	1472	1472								
12	Plumas	MEZCLA 008	Mezcladora	1440	1456	1472	1472								
13	Plumas	TRAHEL 051	Transportador	1440	1456	1472	1472								
14	Plumas	ENSAC 001	Ensacado	1440	1456	1472	1472								
15	Plumas	QUEGAS 001	Quemador	1440	1456	1472	1472	1	0	1	6	1	0	1	53
16	Plumas	VENTIL 032	Ventilador	1440	1456	1472	1472								
17	Plumas	VENTIL 025	Ventilador	1440	1456	1472	1472	0	0	3	2	0	0	19	6





## Anexo 8.

### Tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparar en 2021.

**Tabla 134.**

MTBF y MTTR proceso plumas– 2021.

N°	Parte	Código	Sistema	MTBF				MTTR			
				2021				2021			
				1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre
1	Plumas	TOLVAA 002	Recepción	1436.00	1456.00	1472.00	1472.00	4.00	0.00	0.00	0.00
2	Plumas	TRAHEL 043	Transportador	355.75	1456.00	1472.00	1472.00	4.25	0.00	0.00	0.00
3	Plumas	DIGEST 001	Digestor	140.90	362.00	366.00	206.71	3.10	2.00	2.00	3.57
4	Plumas	TOLVAA 004	Tolva	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Plumas	TRAHEL 049	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Plumas	SECHAR 001	Secador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Plumas	TRAHEL 045	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Plumas	CEPROT 001	Cernidor	1437.00	1456.00	1472.00	1472.00	3.00	0.00	0.00	0.00
9	Plumas	TRAHEL 050	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Plumas	MOLMAR 010	Molino	1439.00	1456.00	1472.00	1472.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	Plumas	TRAHEL 053	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Plumas	MEZCLA 008	Mezcladora	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	Plumas	TRAHEL 051	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14	Plumas	ENSAC 001	Ensacado	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Plumas	QUEGAS 001	Quemador	1439.00	1456.00	1471.00	236.50	1.00	0.00	1.00	8.83
16	Plumas	VENTIL 032	Ventilador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	Plumas	VENTIL 025	Ventilador	1440.00	1456.00	484.33	733.00	0.00	0.00	6.33	3.00

**Tabla 135.**

MTBF y MTTR proceso vísceras – 2021.

N°	Parte	Código	Sistema	MTBF				MTTR			
				2021				2021			
				1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre
18	Vísceras	TOLVAA 001	Recepción	1438.00	1456.00	1472.00	1472.00	2.00	0.00	0.00	0.00
19	Vísceras	TRAHEL 044	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	Vísceras	DIGEST 002	Digestor	1440.00	1456.00	1465.00	1469.00	0.00	0.00	7.00	3.00
21	Vísceras	TOLVAA 003	Tolva	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	Vísceras	TRAHEL 046	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23	Vísceras	PREHAR 001	Prensado	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	Vísceras	TRAHEL 047	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25	Vísceras	MOLMAR 009	Molino	1440.00	1456.00	1470.00	1472.00	0.00	0.00	2.00	0.00
26	Vísceras	MEZCLA 008	Mezcladora	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	Vísceras	TRAHEL 052	Transportador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	Vísceras	ENSAC 001	Ensacado	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29	Vísceras	VENTIL 026	Ventilador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tabla 136.**  
**MTBF y MTTR en tableros – 2021.**

N <sup>o</sup>	Parte	Código	Sistema	MTBF				MTTR			
				2021				2021			
				1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre	1 trimestre	2 trimestre	3 trimestre	4 trimestre
30	Tableros	TABLFU-045	Tablero general	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31	Tableros	TABLFC-019	Tablero de distribución	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32	Tableros	TABLFC-021	Tablero contra-incendio	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
33	Tableros	TABLFC-041	Tablero de distribución N°2	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34	Tableros	TABLFC-020	Tablero control torre vahos	1440.00	1454.00	1472.00	1472.00	0.00	2.00	0.00	0.00
35	Tableros	TABLFC-042	Tablero distribución N°3	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
36	Tableros	TABLFC-022	Tablero A1 producción línea plumas	719.00	1456.00	1472.00	1472.00	1.00	0.00	0.00	0.00
37	Tableros	TABLFC-023	Tablero A2-1 Ventilador Secador Plumas	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
38	Tableros	TABLFC-024	Tablero A2-2 Digestor Plumas	1440.00	1455.00	1472.00	1472.00	0.00	1.00	0.00	0.00
39	Tableros	TABLFC-025	Tablero A3 Molino Plumas	1440.00	1455.00	1472.00	1472.00	0.00	1.00	0.00	0.00
40	Tableros	TABLFC-026	TableroA4-1 Equipos Plumas	1440.00	1456.00	1471.00	1472.00	0.00	0.00	1.00	0.00
41	Tableros	TABLFC-027	Tablero A4-2 Equipos Plumas	1440.00	1456.00	1471.00	1472.00	0.00	0.00	1.00	0.00
42	Tableros	TABLFC-028	Tablero A5-1 traffo Sist. Pesaje	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
43	Tableros	TABLFC-029	Tablero A5-2 UPS Línea Plumas	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
44	Tableros	TABLFC-030	Tablero A6 PLC Línea Plumas	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	Tableros	TABLFC-031	Tablero A1 Principal Línea Viseras	1440.00	1456.00	1471.00	1472.00	0.00	0.00	1.00	0.00
46	Tableros	TABLFC-032	TableroA2-1 Digestor Viseras	1440.00	1456.00	1472.00	1471.00	0.00	0.00	0.00	1.00
47	Tableros	TABLFC-033	Tablero A2-2 Motor Prensa	1440.00	1456.00	1472.00	1471.00	0.00	0.00	0.00	1.00
48	Tableros	TABLFC-034	TableroA3-1 Molino Viseras	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
49	Tableros	TABLFC-035	TableroA3-2 Equipos Visceras	1440.00	1456.00	1471.00	1472.00	0.00	0.00	1.00	0.00
50	Tableros	TABLFC-036	Tablero A4 Equipos Viseras	1439.00	1456.00	1472.00	1472.00	1.00	0.00	0.00	0.00
51	Tableros	TABLFC-043	TableroA5-1 traffo Sist. Pesaje	1440.00	1455.00	1472.00	1472.00	0.00	1.00	0.00	0.00
52	Tableros	TABLFC-044	Tablero A5-2 UPS Línea Viseras	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	Tableros	TABLFC-046	Tablero A6 PLC Línea Viseras	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
54	Tableros	TABLFC-037	Tablero Decanter	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
55	Tableros	TABLFC-045	Tablero Caldero	1440.00	1454.00	1470.00	1472.00	0.00	2.00	2.00	0.00
56	Tableros	TABLFC-046	Tablero Sala de Tratamiento de agua	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00
57	Tableros	TABLFC-047	Tablero Quemador	1440.00	1456.00	1472.00	1472.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anexo 9.

Programa de mantenimiento predictivo proceso rendering.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PROCESO RENDERING.

Área	Activo	Parte	Acción	Técnica	Responsable	MTBF	N° Orden de trabajo	Tiempo planeado (m)		
Plumas	Tolva 002	Tornillo helicoidal	Inspección visual de eje cada 560 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	560.00	REN22-PI-MP-001	10		
Plumas			Inspección visual de puntas cada 560 horas.	Inspección visual	Operario mecánico		REN22-PI-MP-002	10		
Plumas			Inspección por UT a carcasa cada 560 horas.	Inspección por UT	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-003	15		
Plumas		Bocina	Inspección termográfica bocina cada 560 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-004	15		
Plumas			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Revisión de ajuste	Operario mecánico		REN22-PI-MP-005	30		
Plumas	Trahel 043	Tornillo helicoidal	Inspección visual de eje cada 336 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	336.00	REN22-PI-MP-006	10		
Plumas			Inspección visual de puntas cada 336 horas.	Inspección visual	Operario mecánico		REN22-PI-MP-007	10		
Plumas			Inspección por UT a carcasa cada 560 horas.	Inspección por UT	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-008	15		
Plumas		Bocina	Inspección termográfica bocina cada 336 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-009	40		
Plumas			Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-010	15		
Plumas		Motorreductor	Inspección visual de fugas de aceite cada y análisis vibracional cada 336 horas.	Inspección visual	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-011	15		
Plumas			Análisis ferográfico de aceite cada 2000 horas.	Análisis ferográf	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-012	30		
Plumas			Inspección termográfica cada 336 horas.	Inspección	Inspector predictivo		REN22-MP-0013	15		
Plumas			Megado cada 2880 horas	Megado cada 2880 h	Técnico electricista		REN22-PI-MP-0014	20		
Plumas		Digest 001	Junta rotativa	Inspección visual de empaquetadura cada 96 horas.	Inspección visual		Operario mecánico	96.00	REN22-PI-MP-0015	10
Plumas	Compuertas		Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 96 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-PI-MP-0016	10			
Plumas	Motorreductor		Análisis vibracional cada 480 horas	Análisis vibracion	Inspector predictivo	REN22-PI-MP-0017	10			
Plumas			Análisis de aceite cada 2000 horas	Análisis de aceite	Inspector predictivo	REN22-PI-MP-0018	40			
Plumas			Megado cada 2880 horas	Megado cada 2880 h	Técnico electricista	REN22-PI-MP-0019	15			
Plumas	Ceprot 001	Raspadores	Inspección visual cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	624.00	REN22-PI-MP-0020	10		
Plumas		Motor	Inspección visual cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0021	10		
Plumas			Inspección sistema transmisión	Inspección sistema	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0022	40		
Plumas			Megado cada 2880 horas	Megado cada 2880 h	Técnico electricista		REN22-MP-0023	20		
Plumas			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento sistema eléctrico	Revisión de ajuste	Operario mecánico		REN22-PI-MP-0024	15		
Plumas	Molnar 010	Acoplamiento de malla	Seleccionar acople con mayor capacidad y análisis vibracional cada 624 horas.	Seleccionar acople	Inspector predictivo	624.00	REN22-PI-MP-0025	15		
Plumas		Criba	Inspección visual cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-PI-MP-0026	20			
Plumas	Quegas 001	Servomotores	Inspección visual cada 240 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	240.00	REN22-PI-MP-0027	20		
Plumas		Chumacera	Análisis de vibraciones chumacera cada 480 horas.	Análisis de vibrac	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0028	15		
Plumas		Estructura	Evaluación de estructura cada 480 horas.	Evaluación de est	Inspector predictivo		REN22-PI-MP-0029	15		
Plumas		Ventil 025	Transmisión	Inspección visual, tensión y alineamiento laser cada 336 horas.	Inspección visual,		Inspector predictivo	336.00	REN22-PI-MP-0030	20
Plumas			Motor	Análisis vibracional cada 480 horas	Análisis vibracion		Inspector predictivo	REN22-PI-MP-0031	15	
Plumas	Viseras	Tornillo helicoidal	Megado cada 2880 horas	Megado cada 2880 h	Técnico electricista	REN22-PI-MP-0032	20			
Plumas			Inspección termográfica.	Inspección termogr	Inspector predictivo	REN22-PI-MP-0033	15			
Viseras			Inspección visual cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0035	5			
Viseras		Bocina	Inspección de pernos de acople /x4x 624 horas.	Inspección de pern	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0036	5			
Viseras			Inspección por UT a carcasa cada 624 horas.	Inspección por UT	Inspector predictivo	REN22-VI-MP-0037	10			
Viseras			Inspección termográfica bocina cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo	REN22-VI-MP-0038	10			
Viseras			Revisión de ajustes de parámetros de funcionamiento.	Revisión de ajuste	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0039	5			
Viseras		Digest 002	Junta rotativa	Inspección visual de empaquetadura de rotor cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0040	5		
Viseras			Compuertas	Inspección visual de empaquetadura cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0041	5		
Viseras			Motorreductor	Análisis vibracional cada 624 horas	Análisis vibracion	Inspector predictivo	624.00	REN22-VI-MP-0042	10	
Viseras	Análisis de aceite cada 2000 horas	Análisis de aceite		Inspector predictivo	REN22-VI-MP-0043	30				
Viseras	Megado cada 2880 horas	Megado cada 2880 h		Técnico electricista	REN22-VI-MP-0044	20				
Viseras	Análisis vibracional cada 624 horas	Análisis vibracion		Inspector predictivo	REN22-VI-MP-0045	10				
Viseras	Molnar 009	Acoplamiento de malla	Seleccionar acople con mayor capacidad y verificar lubricante cada 624 horas.	Seleccionar acople	Operario mecánico	624.00	REN22-VI-MP-0046	10		
Viseras		Criba	Inspección visual cada 624 horas.	Inspección visual	Operario mecánico	REN22-VI-MP-0047	20			



## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PROCESO RENDERING.

Área	Activo	Parte	Acción	Técnica	Responsable	MTBF	Nº Orden de trabajo	Tiempo planeado (m)														
Tableros	TABLFC-020	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0048	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0049	10														
Tableros	TABLFC-022	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 480 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	480.00	REN2-Ta-MP-0050	15														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 480 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0053	10														
Tableros	TABLFC-024	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0052	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0054	15														
Tableros	TABLFC-025	Variador, componentes eléctricos	Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Medición de paráme	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0056	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0057	10														
Tableros	TABLFC-026	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0058	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0059	10														
Tableros	TABLFC-027	Variador, componentes eléctricos	Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Medición de paráme	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0060	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0062	10														
Tableros	TABLFC-031	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0063	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0064	10														
Tableros	TABLFC-032	Variador, componentes eléctricos	Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Medición de paráme	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0065	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0066	10														
Tableros	TABLFC-033	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0068	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0069	10														
Tableros	TABLFC-035	Variador, componentes eléctricos	Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Medición de paráme	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0070	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0071	10														
Tableros	TABLFC-036	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0072	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0073	10														
Tableros	TABLFC-043	Variador, componentes eléctricos	Medición de parámetros de funcionamiento y puntos críticos cada 624 horas.	Medición de paráme	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0074	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0075	10														
Tableros	TABLFC-045	Transformador, componentes eléctricos	Mediciones , pruebas de funcionamiento y ajuste cada 624 horas.	Mediciones , prueba	Inspector predictivo	624.00	REN2-Ta-MP-0076	30														
Tableros		Uave termomagnética	Inspección termográfica cada 624 horas.	Inspección termogr	Inspector predictivo		REN2-Ta-MP-0077	10														


**Anexo 10.**

**Operacionalización de variables**

<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Programa de mantenimiento predictivo.	V.I	Es la organización de las actividades, recursos y tiempos fundamentados en un conjunto de valoraciones por experimentos o ensayos no invasivos a través de técnicas predictivas (Loya Ñato, 2020).	Es un documento donde se indica la frecuencia con la que se realizan actividades predictivas, el personal y mediante una de las técnicas predictivas.	Equipos críticos	Frecuencia de falla	Razón
					Consecuencia	Razón
				Fallas críticas	Nivel de prioridad de riesgo de falla (NPR)	Razón
				Frecuencia de inspección predictiva	Inspecciones/semana	Razón
Indicadores de mantenimiento.	V.D	Son relaciones numéricas que expresan el estado del mantenimiento, son: disponibilidad, es una medida de tiempo de operación. (Duffuaa, Raouf, & Dixon Campbell, 2009) y confiabilidad, es la probabilidad de que una máquina opere satisfactoriamente durante un tiempo determinado y bajo condiciones normales (Mora Gutiérrez, 2016).	Es un valor que indica el estado de un equipo o del avance de la gestión de los equipos.	Disponibilidad	Cantidad de fallas/año	Razón
				Confiabilidad	MTBF	Razón
				Beneficio	VAN	Razón
					TIR	Razón

**Anexo 11.**

**FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS JUICIO DE EXPERTO**

Nombre	Ficha de registro de observaciones y datos
Objetivo	Evaluar el impacto de la implementación de un programa de mantenimiento predictivo en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales en el proceso rendering.
Nombres y apellidos del experto	Manuel Junnior Nerio Diaz
Documento de identidad	46501249
Años de experiencia en el área	1
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Eléctrico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Ingenacc S.R.L.
Cargo	Jefe de Producción
Número telefónico	958163694
Firma y Sello	 ----- MANUEL JUNNIOR NERIO DIAZ Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 278190
Fecha	20 /07 / 2022


## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad y confiabilidad
Nombres y apellidos del experto	Manuel Junnior Nerio Diaz
Documento de identidad	46501249
Años de experiencia en el área	1
Máximo Grado Académico	Ingeniero Mecánico Eléctrico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Ingenacc S.R.L.
Cargo	Jefe de Producción
Número telefónico	958163694
Firma	 ----- MANUEL JUNNIOR NERIO DIAZ Ingeniero Mecánico Electricista CIP N° 278190
Fecha	20 /07 / 2022


## FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS JUICIO DE EXPERTO

Nombre	Ficha de registro de observaciones y datos
Objetivo	Evaluar el impacto de la implementación de un programa de mantenimiento predictivo en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales en el proceso rendering.
Nombres y apellidos del experto	Jorge Adalberto Junior Colan Prieto
Documento de identidad	46538990
Años de experiencia en el área	8
Máximo Grado Académico	Ing. Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Tecnomin
Cargo	Supervisor de Mantenimiento
Número telefónico	943650568
Firma	 JORGE ADALBERTO JUNIOR COLAN PRIETO INGENIERO MECATRONICO Reg. CIP Nº 184627
Fecha	19 /07 / 2022


## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad y confiabilidad
Nombres y apellidos del experto	Jorge Adalberto Junior Colan Prieto
Documento de identidad	46538990
Años de experiencia en el área	8
Máximo Grado Académico	Ing. Mecatrónico
Nacionalidad	Peruano
Institución	Tecnomin
Cargo	Supervisor de Mantenimiento
Número telefónico	943650568
Firma	 JORGE ADALBERTO JUNIOR COLAN PRIETO INGENIERO MECATRONICO Reg. CIP Nº 184627
Fecha	19 /07 / 2022

## FICHA DE VALIDACIÓN DE DATOS JUICIO DE EXPERTO

Nombre	Ficha de registro de observaciones y datos
Objetivo	Evaluar el impacto de la implementación de un programa de mantenimiento predictivo en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos industriales en el proceso rendering.
Nombres y apellidos del experto	Tantaleán Rodríguez Roberto Manuel
Documento de identidad	73788110
Años de experiencia en el área	5
Máximo Grado Académico	Ingeniero mecánico- CIP 213036
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad nacional de Trujillo
Cargo	Ingeniero de mantenimiento
Número telefónico	922059553
Firma	
Fecha	19 /07 / 2022

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos
Objetivo del instrumento	Medir la disponibilidad y confiabilidad
Nombres y apellidos del experto	Tantaleán Rodríguez Roberto Manuel
Documento de identidad	73788110
Años de experiencia en el área	5
Máximo Grado Académico	Ingeniero mecánico- CIP 213036
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad nacional de Trujillo
Cargo	Ingeniero de mantenimiento
Número telefónico	922059553
Firma	
Fecha	19 /07 / 2022





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Programa de mantenimiento predictivo, confiabilidad y disponibilidad de equipos industriales en procesos rendering.", cuyo autor es LECCA VENAUTE WILLY ALONSO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 09 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO <b>DNI:</b> 17897692 <b>ORCID</b> 0000-0003-1208-1242	Firmado digitalmente por: JLUJAN el 22-07-2022 11:00:20

Código documento Trilce: TRI - 0331224