UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Propuesta de optimización del plan de mantenimiento para la planta de la empresa Atlantica S.R.L.

AUTOR:

Bachiller Mick Anthony Ricardinho Vásquez Salas

ASESOR:

Msc. Oscar Méndez Cruz

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

Propuesta de optimización del plan de mantenimiento para la planta de la empresa Atlantica S.R.L.

AUTOR:

Bachiller Mick Anthony Ricardinho Vásquez Salas

APROBADO POR EL JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE : Msc. Norman Osvaldo Aguirre Zaquinaula

SECRETARIO : Ing. Nestor Daniel Puyen Mateo

MIEMBRO : Ing. Teobaldo Oscar Julca Orozco

ASESOR : Msc. Oscar Méndez Cruz

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres, el SOS. PNP. Richard Benjamín Vásquez Santacruz y la Sra. María Antonieta Salas Salazar, por haberme apoyado e inculcado los valores que me permitieron llegar hasta este punto de mi vida profesional.

A mis abuelos maternos y paternos, el Sr. Santos Salas y Sra. María Salazar, Sr. Félix Vásquez y Sra. Luz Santa Cruz, por el cariño, ánimos y confianza que siempre tuvieron en el cumplimiento de mis objetivos.

A mi hermano Rick Vásquez Salas y a toda mi familia por siempre estar conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la brindarme la bendición de tener una salud adecuada y aptitudes para realizar el presente trabajo.

A mi familia y seres queridos que siempre estuvieron para apoyarme.

Agradecer también al Ing. Méndez Cruz Óscar, mi asesor, por tomarse el tiempo en darme los consejos, orientación y ayuda para la realización de la presente investigación.

Así mismo, agradecer al Ing. Emiliano Estela por facilitarme el permiso para obtener datos de la empresa Atlántica S.R.L. y al personal completo que conforma el área de mantenimiento por haber colaborado conmigo.

RESUMEN

Esta fundamental pesquisa constó en proponer un plan de mantenimiento óptimo y centrado en la confiabilidad para los chillers Piovan CA1922S y Piovan CH900S, compresores SULLAIR LS100, ADEKOM KB2208, SULLAIR 3009 y SULLAIR ES-8 con respecto al que tenía la empresa Atlántica S.R.L, con la finalidad principal de incrementar su disponibilidad debido al número de mantenimientos no programados y disminuir considerablemente el elevado costo de reparación que conllevaban, lo que afectaba los tiempos de producción e insatisfacción en los clientes y partes interesadas.

Primero, se analizó cada estado actual de los 02 chillers y 04 compresores, para lo que se necesitó describir cada modo de falla presente en ellos. Se calculó la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad al inicio del estudio, lo que se logró con los índices de mantenimiento iniciales, obtenidos de la experiencia de los técnicos del área de la empresa.

Tras los cálculos realizados se ejecutó un “Análisis de modo y efecto de fallas” (AMEF), describiendo en hojas de información, hojas de decisión y hojas del índice de prioridad de riesgo los datos de las máquinas, dándole prioridad a las más críticas y planteando tareas en las hojas de decisiones que colaboren a eludir los modos de falla de las hojas de información.

Después, se describió y comparó los costos del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad propuesto con los costos previos a este, lo que lo que generó un beneficio de S/ 73,286.97 para los mantenimientos por realizar para todas las máquinas por el resto de vida útil que indicaron los proveedores de estas, solo considerando las fallas que se presentaron durante el estudio.

Al final de la investigación, se determinó y comprobó que se influyó positivamente en estas máquinas; mejorando de un promedio de disponibilidad inicial del 97.93% a un promedio de 99.57% final, de un promedio de confiabilidad inicial del 96.19% a un promedio de 98.67% final y de un promedio de mantenibilidad inicial del 85.97% a un promedio de 92.94% final.

Además, se logró un aumento en la producción gracias a la reducción en el número de mantenimientos no programados de las enfriadoras y compresores, con un porcentaje de disminución del 68% de fallas totales, generando sobre todo mayor seguridad y confianza para las diferentes partes interesadas que forman parte de la empresa y en sus clientes en general. Se actualizó el plan de mantenimiento preventivo deficiente que usaban y se creó un formato de registro de mantenimiento preventivo para guardar los datos obtenidos de los próximos mantenimientos y la planeación de una futura implementación de nuevos indicadores como proceso de mejora continua.

***Palabras clave*:** Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad, Costos, Hojas de información, Hojas de decisión, Hojas del índice de prioridad de riesgo.

ABSTRACT

This fundamental research consisted in proposing an optimal maintenance plan focused on reliability for the Piovan CA1922S and Piovan CH900S chillers, SULLAIR LS100, ADEKOM KB2208, SULLAIR 3009 and SULLAIR ES-8 compressors with respect to what the company Atlántica S.R.L had, with the main purpose of increasing its availability due to the number of unscheduled maintenance and severely reducing the high cost of repair that it entails, which affected production times and dissatisfaction in customers and interested parties.

First, each current state of the 02 chillers and 04 compressors was analyzed, for which it is necessary to describe each failure mode present in them. Availability, reliability and maintainability were calculated at the beginning of the study, which was modified with the initial maintenance rates, obtaining the experience of the technicians in the company's area.

After the procedures carried out, a "Failure Mode and Effect Analysis" (FMEA) was executed, describing in information sheets, decision sheets and the risk priority index sheets of the data of the machines, presenting priority to the most critical and posing tasks on the decision sheets that help circumvent the failure modes on the data sheets.

Then, the costs of the proposed reliability-focused maintenance plan were described and compared with the costs prior to it, which resumed a benefit of S/ 73,286.97 for the maintenance to be performed for all the machines for the rest of their useful life. indicated by their suppliers, only considering the failures that occurred during the study.

At the end of the investigation, it was accelerated and found that these machines were positively influenced; improving from an average initial availability of 97.93% to an average

of 99.57% final, from an average initial reliability of 96.19% to an average of 98.67% final, and from an average initial maintainability of 85.97% to an average of 92.94% final.

In addition, an increase in production will be improved thanks to the reduction in the number of unscheduled maintenance of chillers and compressors, with a percentage decrease of 68% of total failures, showing above all greater safety and confidence for the different parts that are part of the company and its customers in general. The poor preventive maintenance plan they used was updated and a preventive maintenance record format was created to save the data obtained from the next maintenance and the planning of a future implementation of new indicators as a process of continuous improvement.

Keywords: Maintenance, Reliability, Availability, Maintainability, Costs, Information Sheets, Decision Sheets, Risk Priority Index Sheets.

ÍNDICE

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
RESUMEN iii
ABSTRACT v
ÍNDICE vii
ÍNDICE DE FIGURAS xiv
ÍNDICE DE TABLAS xv
INTRODUCCIÓN xvii
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN 1
1.1. Realidad Problemática 1
1.2. Formulación del Problema 1
1.3. Delimitación de la Investigación 1
1.3.1. Ubicación Geográfica 1
1.3.2. Duración 3
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación 3
1.5. Limitaciones de la Investigación 4
1.6. Objetivos de la Investigación 5
1.6.1. Objetivo General 5
1.6.2. Objetivos Específicos 5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes del Estudio 7
2.2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema de Investigación 8
2.2.1. Definición de mantenimiento 8
2.2.2. Objetivos del Mantenimiento 8
2.3. Tipos de Mantenimiento 9
2.3.1. Mantenimiento Preventivo 9
2.3.2. Mantenimiento Predictivo 9
2.3.3. Mantenimiento Correctivo 10
2.4. Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad 10
2.4.1. Confiabilidad 10
2.4.2. Disponibilidad 11

2.4.3. Mantenibilidad 11
2.5. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) 11
2.5.1. Las siete preguntas de la metodología RCM 12
2.5.2. Funciones y Parámetros de Funcionamiento 13
2.5.2.1. Funciones Primarias 13
2.5.2.2. Funciones Secundarias 13
2.5.3. Fallas Funcionales 14
2.5.4. Modos de Fallas 14
2.5.5. Efectos de Falla 15
2.5.6. Consecuencias de Falla 15
2.5.6.1. Consecuencias de Fallas Ocultas 16
2.5.6.2. Consecuencias Ambientales y para la Seguridad 16
2.5.6.3. Consecuencias Operacionales 16
2.5.6.4. Consecuencias no operacionales 16
2.5.7. Tareas Proactivas 17
2.5.7.1. Mantenimiento Predictivo o “a Condición” 17
2.5.7.1.1. Inspecciones 17
2.5.7.1.2. Monitoreos 17
2.5.7.1.3. Chequeos 17
2.5.7.2. Mantenimiento Preventivo 18
2.5.7.2.1. Actividades de Sustitución Cíclica 18
2.5.7.2.2. Actividades de Reacondicionamiento Cíclico 18
2.5.8. Acciones a Falla 18
2.5.8.1. Mantenimiento Detectivo o de Búsqueda de Fallas 18
2.5.8.2. Rediseño 18
2.5.8.3. Ningún Mantenimiento Programado 18
2.6. Beneficios del MCC 19
2.7. Indicadores de Gestión de Mantenimiento 19
2.7.1. Confiabilidad (R(t)) 19
2.7.1.1. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) 20
2.7.1.2. Tiempo Entre Fallas (TEF) 20
2.7.1.3. Tasa de Fallas (λ) 20

2.7.2. Mantenibilidad 20
2.7.2.1. Tiempo Medio de Reparación (MTTR) 21
2.7.2.2. Tiempo de Reparación (TTR) 21
2.7.2.3. Tasa de Reparaciones ($\boldsymbol{\mu}$) 21
2.7.3. Disponibilidad ($\boldsymbol{Dt}$) 21
2.8. Proceso de Decisión RCM 22
2.8.1. Hoja de Trabajo de Información 22
2.8.2. Diagrama de Decisión RCM 23
2.8.3. Hoja de Trabajo de Decisión RCM 25
2.9. Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE) 26
2.9.1. Gravedad 26
2.9.2. Frecuencia 28
2.9.3. Detectabilidad 29
2.9.4. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) 29
2.10. Descripción de los Chillers y Compresores 30
2.10.1. Chiller PIOVAN CA1922 S 30
2.10.1.1. Especificaciones Técnicas 31
2.10.1.2. Características dimensionales 33
2.10.1.3. Funcionamiento 34
2.10.1.3.1. Circuito de proceso hidráulico 34
2.10.1.3.2. Circuito frigorífico 34
2.10.2. Sistema de Compresor de aire de tornillo montado sobre patines 34
2.10.2.1. Características 35
2.10.2.2. Especificaciones técnicas 35
2.10.2.3. Compresor de aire de tornillo 36
2.10.2.4. Secador de aire refrigerado 40
2.10.3. Compresor SULLAIR LS100-30H 44
2.10.3.1. Especificaciones Técnicas 45
2.10.4. Chiller PIOVAN CH900 S 46
2.10.5. Compresor SULLAIR 3009 49
2.10.5.1. Especificaciones técnicas 49
2.10.5.2. Secador de aire refrigerado SULLAIR RN200 50

2.10.6. Compresor SULLAIR ES-8 54
2.11. Definición Conceptual de la Terminología 54
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 56
3.1. Tipo y diseño de investigación 56
3.2. Población y muestra 56
3.2.1. Población 56
3.2.2. Muestra 56
3.3. Hipótesis 56
3.4. Variables – Operacionalización 56
3.4.1. Variable Independiente 56
3.4.2. Variable Dependiente 57
3.5. Métodos y Técnicas de investigación 57
3.6. Descripción de los Instrumentos Utilizados 58
3.6.1. Bibliográfico 58
3.6.2. Software 58
3.6.3. Material y Equipos 58
3.7. Análisis Estadísticos e Interpretación de Datos 59
CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN 60
4.1. Contexto Operacional 60
4.2. Propuesta de Investigación 60
4.3. Cálculo de los Índices de Mantenimiento Iniciales 61
4.3.1. Cálculo de la Disponibilidad Inicial 61
4.3.1.1. Disponibilidad inicial del chiller CA1922S 61
4.3.1.2. Disponibilidad Inicial del chiller CH900 S 62
4.3.1.3. Disponibilidad inicial del compresor SULLAIR LS100 64
4.3.1.4. Disponibilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208 65
4.3.1.5. Disponibilidad inicial del compresor Sullair 3009 66
4.3.1.6. Disponibilidad inicial del compresor Sullair ES-8 68
4.3.2. Análisis de la Confiabilidad Inicial 69
4.3.2.1. Confiabilidad inicial del chiller PIOVAN CA1922 S 69
4.3.2.2. Confiabilidad inicial del chiller CH900 S 69
4.3.2.3. Confiabilidad inicial del compresor Sullair LS100 70

4.3.2.4. Confiabilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208 70
4.3.2.5. Confiabilidad inicial del compresor Sullair 3009 71
4.3.2.6. Confiabilidad de inicial del compresor Sullair ES-8 71
4.3.3. Análisis de la Mantenibilidad Inicial 72
4.3.3.1. Mantenibilidad inicial del chiller PIOVAN CA1922 S 72
4.3.3.2. Mantenibilidad inicial del chiller CH900 S 72
4.3.3.3. Mantenibilidad inicial del compresor SULLAIR LS100 73
4.3.3.4. Mantenibilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208 73
4.3.3.5. Mantenibilidad inicial del compresor SULLAIR 3009 74
4.3.3.6. Mantenibilidad del compresor SULLAIR ES-8 74
4.4. Resultados de los Indicadores Iniciales de Mantenimiento 75
4.5. Cálculo de los Índices de Mantenimiento Actuales 76
4.5.1. Cálculo de la Disponibilidad Final 76
4.5.1.1. Disponibilidad final del chiller PIOVAN CA1922 S 77
4.5.1.2. Disponibilidad final del chiller PIOVAN CH900 S 78
4.5.1.3. Disponibilidad final del compresor SULLAIR LS100 79
4.5.1.4. Disponibilidad final del compresor ADEKOM KB2208 80
4.5.1.5. Disponibilidad final del compresor SULLAIR 3009 81
4.5.1.6. Disponibilidad final del compresor SULLAIR ES-8 82
4.5.2. Cálculo de Confiabilidad Final 83
4.5.2.1. Confiabilidad final del chiller CA1922 S 83
4.5.2.2. Confiabilidad final del chiller CH900 S 84
4.5.2.3. Confiabilidad final del compresor SULLAIR LS100 84
4.5.2.4. Confiabilidad final del compresor ADEKOM KB2208 85
4.5.2.5. Confiabilidad final del compresor SULLAIR 3009 85
4.5.2.6. Confiabilidad final del compresor SULLAIR ES-8 85
4.5.3. Cálculo de la Mantenibilidad Final 86
4.5.3.1. Mantenibilidad final del chiller PIOVAN CA1922 S 86
4.5.3.2. Mantenibilidad final del chiller PIOVAN CH900 S 87
4.5.3.3. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR LS100 87
4.5.3.4. Mantenibilidad final del compresor ADEKOM KB2208 87
4.5.3.5. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR 3009 88

4.5.3.6. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR ES-8 88
4.6. Resultado de los Indicadores Finales de Mantenimiento 89
4.7. Comparación Entre los Indicadores de Mantenimiento 91
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 94
5.1. Resultados en Tablas 94
5.1.1. Hojas de Información 94
5.1.1.1. Hoja de Trabajo de Información del Chiller CA1922 S 94
5.1.1.2. Hoja de Trabajo de Información del Chiller CH900S 95
5.1.1.3. Hoja de Trabajo de Información del Compresor LS100 96
5.1.1.4. Hoja de Trabajo de Información del Compresor ADEKOM KB2208 97
5.1.1.5. Hoja de Trabajo de Información del Compresor Sullair 3009 98
5.1.1.6. Hoja de Trabajo de Información del Compresor Sullair ES-8 99
5.1.2. Hojas de Decisiones 100
5.1.2.1. Hoja de Decisión del Chiller CA1922 S 100
5.1.2.2. Hoja de Decisión del Chiller CH900 S 101
5.1.2.3. Hoja de Decisión del Compresor LS100 102
5.1.2.4. Hoja de Decisión del Compresor ADEKOM KB2208 103
5.1.2.5. Hoja de Decisión del Compresor Sullair 3009 104
5.1.2.6. Hoja de Decisión del Compresor ES-8 105
5.1.3. Hoja de Información del Índice de Prioridad de Riesgo 106
5.1.3.1. Hoja de Información del IPR del Chiller CA1922 S 106
5.1.3.2. Hoja de Información del IPR del Chiller CH900 S 107
5.1.3.3. Hoja de Información del IPR del Compresor LS100 108
5.1.3.4. Hoja De Información del IPR del Compresor KB2208 109
5.1.3.5. Hoja de Información del IPR del Compresor Sullair 3009 110
5.1.3.6. Hoja de Información del IPR del Compresor ES-8 111
5.1.4. Inversión del MCC 112
5.1.4.1. Inversión antes del MCC para el Chiller PIOVAN CA1922 S 112
5.1.4.2. Inversión antes del MCC para Chiller PIOVAN CH900 S 113
5.1.4.3. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR LS100 113
5.1.4.4. Inversión antes del MCC para el Compresor ADEKOM KB2208 114
5.1.4.5. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR 3009 114

5.1.4.6. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR ES-8 115
5.1.4.7. Inversión total antes del MCC 115
5.1.4.8. Inversión total después del MCC 116
5.1.4.9. Evaluación económica y vida útil de los equipos y componentes 117
5.2. Discusión de Resultados 120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 121
Conclusiones 121
Recomendaciones 124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 125
ANEXOS 127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Atlántica S.R.L. 2
Figura 2 Atlántica S.R.L. Vista Satelital 2
Figura 3 Atlántica S.R.L. Vista Frontal 3
Figura 4 Atlántica S.R.L. Entrada Principal 3
Figura 5 Esquema de consecuencias de falla 17
Figura 6 Hoja de trabajo de información 22
Figura 7 Diagrama de Decisión RCM (1) 23
Figura 8 Diagrama de Decisión RCM (2) 24
Figura 9 Hoja de Trabajo de Decisión RCM 25
Figura 10 Proceso de Decisión RCM 26
Figura 11 Chiller PIOVAN CA1431 32
Figura 12 Placa del Chiller PIOVAN CA19922 S 33
Figura 13 Dimensiones del Chiller CA1431 33
Figura 14 Placa del compresor ADEKOM KB2208 39
Figura 15 Compresor de aire de tornillo KB2208 40
Figura 16 Placa del secador de aire refrigerado KAD60AS+ 43
Figura 17 Secador de aire refrigerado KAD60AS+ 43
Figura 18 Placa del compresor SULLAIR LS100 45
Figura 19 Compresor de tornillo rotativo lubricado 46
Figura 20 Chiller PIOVAN CH900 S 48
Figura 21 Placa del Chiller PIOVAN CH900 S 48
Figura 22 Placa del compresor SULLAIR 3009 AC 50
Figura 23 Compresor SULLAIR 3009 AC 50
Figura 24 Placa del secador de aire refrigerado Sullair RN200 53
Figura 25 Secador de aire refrigerado Sullair RN200 53
Figura 26 Compresor Sullair ES-8 54
Figura 27 Pinza Amperimétrica FLUKE 375 FC 58
Figura 28 Termómetro infrarojo VICTOR 365B 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el usuario 27
Tabla 2 Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo 28
Tabla 3 Clasificación de la facilidad de la detección del modo de falla..... 29
Tabla 4 Índice de prioridad de riesgo 30
Tabla 5 Datos técnicos del chiller PIOVAN CA1922 S 31
Tabla 6 Especificaciones técnicas del Sistema de compresor de aire de tornillo montado sobre patines. 35
Tabla 7 Datos técnicos del compresor de aire de tornillo KB2208 38
Tabla 8 Especificaciones del secador de aire refrigerado 42
Tabla 9 Datos técnicos del compresor SULLAIR LS100..... 45
Tabla 10 Datos técnicos del chiller PIOVAN CH900 S 46
Tabla 11 Datos técnicos del compresor SULLAIR 3009 49
Tabla 12 Especificaciones del secador de aire refrigerado SULLAIR RN200 52
Tabla 13 Datos técnicos del compresor SULLAIR ES-8 54
Tabla 14 TTR y TEF iniciales del chiller Piovan CA1922 S 61
Tabla 15 TTR y TEF iniciales del chiller Piovan CH900 S 62
Tabla 16 TTR y TEF iniciales del compresor Sullair LS100 64
Tabla 17 TTR y TEF iniciales del compresor ADEKOM KB2208..... 65
Tabla 18 TTR y TEF iniciales del compresor SULLAIR 3009..... 66
Tabla 19 TTR y TEF iniciales del compresor SULLAIR ES-8..... 68
Tabla 20 Indicadores iniciales de mantenimiento del chiller PIOVAN CA1922 S..... 75
Tabla 21 Indicadores iniciales de mantenimiento del chiller PIOVAN CH900 S..... 75
Tabla 22 Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR LS100 75
Tabla 23 Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor ADEKOM KB2208..... 75
Tabla 24 Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009..... 76
Tabla 25 Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8..... 76
Tabla 26 TTR y TEF finales del chiller PIOVAN CA1922 S 77
Tabla 27 TTR y TEF finales del chiller PIOVAN CH900 S 78
Tabla 28 TTR y TEF finales del compresor SULLAIR LS100..... 79
Tabla 29 TTR y TEF finales del compresor ADEKOM KB2208 80
Tabla 30 TTR y TEF finales del compresor SULLAIR 3009 81
Tabla 31 TTR y TEF finales del compresor SULLAIR ES-8 82
Tabla 32 Indicadores finales de mantenimiento del chiller PIOVAN CA1922 S 89
Tabla 33 Indicadores finales de mantenimiento del chiller CH900 S 89
Tabla 34 Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR LS100..... 90
Tabla 35 Indicadores finales de mantenimiento del compresor ADEKOM KB2208 90
Tabla 36 Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009..... 90
Tabla 37 Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8..... 91
Tabla 38 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del chiller CA1922 S 91
Tabla 39 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del chiller CH900 S 91

Tabla 40 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor LS100 92
Tabla 41 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor KB2208 92
Tabla 42 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009 92
Tabla 43 Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8 93
Tabla 44 Hoja de trabajo de información del chiller PIOVAN CA1922 S 94
Tabla 45 Hoja de trabajo de información del chiller PIOVAN CH900 S 95
Tabla 46 Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR LS100 96
Tabla 47 Hoja de trabajo de información del compresor ADEKOM KB2208 97
Tabla 48 Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR 3009 98
Tabla 49 Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR ES-8 99
Tabla 50 Hoja de decisión MCC del chiller CA1922 S 100
Tabla 51 Hoja de decisión MCC del chiller CH900 S 101
Tabla 52 Hoja de decisión MCC del compresor SULLAIR LS100 102
Tabla 53 Hoja de decisión del compresor ADEKOM KB2208 103
Tabla 54 Hoja de decisión del compresor SULLAIR 3009 104
Tabla 55 Hoja de decisión del compresor SULLAIR ES-8 105
Tabla 56 Hoja de información del IPR del chiller PIOVAN CA1922 S 106
Tabla 57 Hoja de información del IPR del chiller PIOVAN CH900 S 107
Tabla 58 Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR LS100 108
Tabla 59 Hoja de información del IPR del compresor ADEKOM KB2208 109
Tabla 60 Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR 3009 110
Tabla 61 Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR ES-8 111
Tabla 62 Inversión antes del MCC para el chiller PIOVAN CA1922 S 112
Tabla 63 Inversión antes del MCC para el chiller PIOVAN CH900 S 113
Tabla 64 Inversión antes del MCC para el compresor SULLAIR LS100 113
Tabla 65 Inversión del MCC para el compresor ADEKOM KB2208 114
Tabla 66 Inversión del MCC para el compresor SULLAIR 3009 114
Tabla 67 Inversión del compresor SULLAIR ES-8 115
Tabla 68 Inversión total antes del MCC 115
Tabla 69 Inversión Total luego del MCC 116

INTRODUCCIÓN

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC o RCM es un procedimiento que la mayoría de las empresas usan eficientemente ya que está basado en un análisis más profundo, objetivo, sistemático y documentado que se consigue aplicar a prácticamente todo tipo de instalación, provechoso para el continuo progreso de un plan de mantenimiento competente. La noción central e innovadora de este método se trata de mantener los activos físicos en condiciones de realizar bien su función. También el de conocer a detalle estas condiciones y más aún las condiciones que interrumpen o dificultan, siendo estas las fallas. Así pues, el MCC permitirá optimizar su plan de mantenimiento, incluidos sus índices de mantenimiento, con un mayor nivel de seguridad y a un menor costo que es lo que las empresas buscan.

La empresa ATLANTICA S.R.L, dedicada a la fabricación de sacos de polipropileno cuenta con el uso de 02 Chillers de la marca PIOVAN y 04 Compresores, 01 de la marca ADEKOM y 03 de la marca SULLAIR, que precisan de un plan de mantenimiento confiable, que cuide de los equipos de tal manera que alargue su vida útil reduciendo a la vez costos de mantenimientos no programados.

La presente investigación consta de cinco capítulos, en el primero se presenta a la empresa que se le aplicará el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los 02 Chillers y 04 Compresores. Es así como se llega a la interrogante ¿Influirá en la disponibilidad de los 02 chillers y 04 compresores de planta de la empresa Atlántica S.R.L. el mantenimiento centrado en la confiabilidad?

En el segundo capítulo presentamos antecedentes del estudio, la base teórica en la que se basa esta investigación, una descripción de los equipos que son objeto de estudio y finaliza con la definición de algunos términos importantes mencionados.

Siguiendo con el tercer capítulo en la que se señala que la investigación se llevó a cabo dentro del entorno habitual de la empresa, buscando darle solución al problema planteado, recogiendo datos de las máquinas mencionadas a través de informes, encuestas, manuales y la observación.

En el cuarto capítulo comenzamos con el desarrollo de esta metodología que consiste primero en calcular los índices de mantenimiento iniciales para poder compararlos con los índices de mantenimiento finales luego de haber aplicado el MCC.

Por último, en el quinto capítulo, describimos en hojas de información los modos de falla de cada máquina mencionada con la referencia de los índices hallados, aplicamos el MCC radicado de un AMEF otorgándole la prioridad a los equipos críticos y la consecuencia que podría ocasionar la falla, así pues, se determina previamente los IPR con el objetivo de plantear tareas, indicadas en hojas de decisiones, que faciliten soslayar los modos de falla. Además, los costos de inversión de la aplicación del MCC serán mencionados y comparados con los iniciales, conociendo así cómo y cuánto influirá en los 02 chiller y 04 compresores de la empresa.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre la investigación realizada.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

Atlántica S.R.L. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de sacos de polipropileno, laminados, tejidos con/sin impresión, mallas y arpilleras que cuenta con un amplio número de máquinas a su disposición distribuidas en distintos sectores tales como extrusión, embobinado, telares, conversión, laminado, impresión y peletizado.

El área de mantenimiento se encarga de lograr la máxima disponibilidad y eficiencia de todas las máquinas, de las cuales los chillers y compresores cuentan con el mayor índice de criticidad de toda la empresa. Debido a eso esta investigación está basada en proponer un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para sus 02 Chillers PIOVAN, 01 Compresor ADEKOM y 03 Compresores SULLAIR.

1.2. Formulación del Problema

¿Influirá en la disponibilidad de los 02 chillers y 04 compresores de planta de la empresa Atlántica S.R.L. el mantenimiento centrado en la confiabilidad?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Ubicación Geográfica

Toda la indagación se ejecutó en la empresa ATLÁNTICA S.R.L. ubicada en la carretera Panamericana Nte. 1885, Vía de Evitamiento Km. 3, distrito de La Victoria, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Coordenadas:

6°48'00.5"S 79°51'19.4"W

-6.800149, -79.855381

Figura 1 Ubicación de Atlántica S.R.L.

Figura 2 Atlántica S.R.L. Vista Satelital

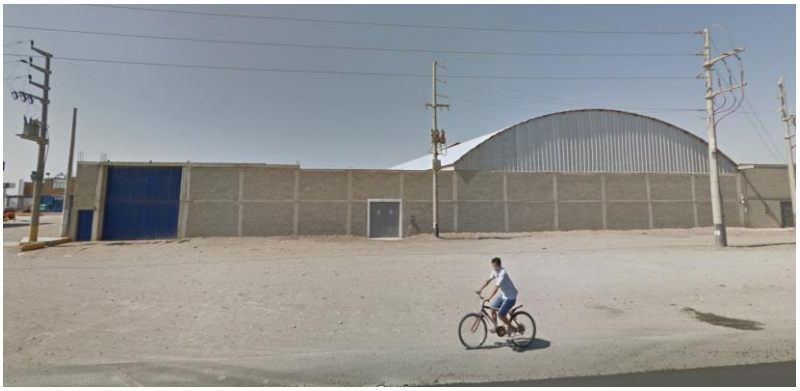


Figura 3 Atlántica S.R.L. Vista Frontal

Figura 4 Atlántica S.R.L. Entrada Principal

1.3.2. Duración

Se comenzó a indagar desde el mes de Julio del 2020 y concluirá el mes de diciembre del 2020.

1.4. Justificación e Importancia de la Investigación

Se puede definir al mantenimiento como el conjunto de actividades que se realizan con cierto periodo de tiempo para garantizar un eficiente rendimiento de maquinaria e

instalaciones. La importancia del mantenimiento que lleva cada máquina debe ser esencial y más aún cuando estas llevan consigo precios elevados de reparación o sustitución, lo que promueve a mejorar cada vez más el plan de mantenimiento para cada una de ellas evitando lo más posible el número de fallas que existan sin afectar otros aspectos de la empresa como la producción, costos, etc. Además, al contar con un plan de mantenimiento mejor elaborado permitirá dentro de la empresa realizar las labores de una manera más organizada y bien programada asegurando un óptimo desempeño y buena calidad de trabajo.

Otros de los puntos a favor de contar con un mejor plan de mantenimiento es la prevención de accidentes, tanto para operarios como para los técnicos encargados del MTTO. También impide o reduce la posibilidad de daños irreparables aumentando el ciclo de vida de los equipos y mejorando la calidad de actividad.

Actualmente el Chiller 01 y dos compresores trabajan junto a las dos extrusoras que posee la empresa, con las que comienza todo el proceso de producción, ahí radica la criticidad de estas máquinas, además del Chiller 02 y otros dos compresores que trabajan con los telares, la convertidora, las laminadoras y las impresoras que son la parte final del proceso de producción, así que en este proyecto se investigará a fondo sobre el correcto mantenimiento que deben llevar estos 02 Chillers y 04 compresores para evitar fallas futuras y todos los problemas que causa consigo

1.5. Limitaciones de la Investigación

Esta investigación se desarrolla en los 02 Chillers y 04 Compresores de planta de la empresa ATLÁNTICA S.R.L. ubicada en el distrito de La Victoria, Chiclayo.

La investigación está enfocada en Chillers de la marca PIOVAN y Compresores de la marca ADEKOM y SULLAIR.

En la presente investigación encontramos las siguientes limitaciones:

Carencia de formatos y registros de las máquinas que dificulta el conocimiento de la situación actual de estas.

Inexistencia de la programación de un plan de mantenimiento preventivo adecuado para cada tipo de máquina y según sus tiempos de trabajo.

Insuficiencia de capacitación del personal técnico en cuanto a los chillers y compresores.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1. Objetivo General

- Elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los chillers y compresores de la empresa Atlántica S.R.L. para optimizar su rendimiento y minimizar los costos de reparación que generan y demostrar que es mejor al que tenía antes.

1.6.2. Objetivos Específicos

a) Diagnosticar la actual situación de los 02 chillers y 04 compresores.

b) Analizar y evaluar los indicadores de mantenimiento actuales y finales como la disponibilidad total, confiabilidad, mantenibilidad, habiendo calculado los índices MTBF, MTTR, etc.

c) Identificar los modos de fallas críticos según los IPR a partir de un análisis de criticidad por riesgo.

d) Elaborar hojas de decisión para determinar el procedimiento de acción a llevar a cabo.

e) Desarrollar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los 02 chillers y 04 compresores de planta de la empresa.

f) Analizar los costos beneficios de la aplicación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) elaborado para los chiller y compresores.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Según Barragán Erazo Milton Orlando en su tesis de maestría "Diseño de la Estrategia Basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para activos físicos críticos de Refinería Shushufindi" sostiene que:

> "Es prioritario realizar una investigación de una estrategia basada en mantenimiento centrado en la confiabilidad, para activos físicos críticos, cuyos modos de falla, efectos y consecuencias, análisis de riesgo, diagrama de decisión, determinan la ruta de las mejores prácticas de mantenimiento, que garanticen la confiabilidad operacional de los activos físicos de la planta industrial, que cuente con una documentación confiable, sistematizada y auditable, que sirva como pilar para una adecuada estrategia de gestión de activos." (Barragán, 2016, pág. 10)

De igual manera, según Iguago Perugachi Diego Fernando en su tesis "Elaboración de Plan de Mantenimiento Preventivo de los Compresores SIERRA 300 e IR 150" que contiene como objetivo general:

> "Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de los compresores SIERRA 300 y compresor IR 150, del área de servicios periféricos para evitar las paras de producción por daño en los equipos. Pudiendo así alargar el tiempo de vida útil de los mismos." (Iguago, 2013, pág. 12)

Raffo Boye Juan Pablo en su tesis "Propuesta de Estrategia de Mantenimiento para Sistemas de Aire Acondicionado de Alta Criticidad Mediante Aplicación de Metodología RCM en el Marco de una Política de Confiabilidad Operacional" presenta:

> “Un análisis enfocado en los sistemas de aire acondicionado de unos simuladores de vuelo, con la finalidad de generar una propuesta concreta de mantenimiento que permita asegurar la máxima disponibilidad de estos sistemas a mínimo costo global.” (Raffo, 2016, pág. 79)

Concha Vega Alejandro Andrés y Oyarce Quiroga Pedro Ignacio en su tesis “Elaboración de Plan de Mantenimiento Frigorífico Fiordosur” indican que:

> “La realización de esta investigación tiene como función integrar una metodología RCM, para escoger las tareas de mantenimiento óptimas con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los equipos críticos, es decir, disminuir y analizar el riesgo de fallas de parada de plantas por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción de la empresa.” (Concha & Oyarce, 2017, pág. 1)

2.2. Desarrollo de la Temática Correspondiente al Tema de Investigación

2.2.1. Definición de mantenimiento

Es el método por el cual se conserva un recurso predispuesto y evitar lo máximo posible alguna alteración de este por su uso, el pasar del tiempo o alguna transición de circunstancias externas.

El mantenimiento es esencial sobre todo en bienes requeridos para la producción de servicios. Así pues, estos elementos serán evaluados regularmente para llegar a una conclusión de lo que precisa su mantenimiento, asegurando una mayor disponibilidad y su correcto funcionamiento.

2.2.2. Objetivos del Mantenimiento

El sector de mantenimiento de una industria mantiene algunos fines que obligan a marcar y regir su trabajo como:

- Salvaguardar un parámetro concreto de disponibilidad.
- Salvaguardar un parámetro concreto de fiabilidad.
- Consolidar una duradera vida útil del equipo o instalación completa, como mínimo de acuerdo con el periodo de liquidación propuesto por planta.

2.3. Tipos de Mantenimiento

2.3.1. Mantenimiento Preventivo

Son los actos imprescindibles para preservar un bien en adecuado estado al margen de que surjan fallas. Es el arquetipo que usa el total de medios aptos para decidir la periodicidad de los mantenimientos con el objetivo de adelantarse a la aparición de los fallos.

Advierte fallas por intermedio de los siguientes cuatro sectores:

- Limpieza: Los bienes limpios son más sencillos de conservar operando mejor.
- Inspección: Verifica el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria o equipo.
- Lubricación: El uso del lubricante reduce el roce, recalentamiento y deterioro entre dos partes móviles.
- Ajuste: Consecuencia directa de la inspección de los equipos si son detectados en estado inapropiado, evitando así fallas.

2.3.2. Mantenimiento Predictivo

El siguiente modelo de mantenimiento estima el estado del equipo o máquina y sugiere si es necesario tomar cartas en el asunto o no en base al estado detectado, este hecho se vuelve rentable económicamente hablando ya que genera enormes ahorros.

Llamado también “Basado en la condición” supera en eficiencia al mantenimiento preventivo debido a que señala el instante idóneo para cada una de las intervenciones técnicas de mantenimiento de los activos industriales que se posee.

2.3.3. Mantenimiento Correctivo

Es la rectificación de fallas o averías cuando se presenten. Es la usual compostura de una falla que causó la detención de la maquinaria o instalación dañada. Hay 02 formas de mantenimiento correctivo:

- No programado: Reparación de la avería ipso facto después de ocurrir.
- Programado o planificado: Rectificación de la avería cuando se posee el equipo humano, el mecanismo, las referencias y los materiales precisos.

La decisión de corregir un fallo de manera programada o no, radica en la importancia de la instalación o del equipo para el proceso de producción. Así si la avería produce la para inmediata de la máquina, la reparación inicia de manera inmediata, sino pues puede mantener el equipo operativo aún con el fallo presente y posponer la reparación hasta el momento adecuado.

2.4. Análisis de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad

2.4.1. Confiabilidad

Estipulada como la “confianza” pensada en que un elemento, equipo o instalación completa ejerza su función esencial, durante una etapa de tiempo prestablecida, sub condiciones estereotipadas de trabajo. También se le puede definir como la probabilidad de que un equipo o sistema logre ejercer su servicio solicitado en un transcurso de tiempo establecido y sub condiciones de utilización determinadas.

2.4.2. Disponibilidad

Se puntualiza como el intervalo de tiempo en el que un equipo, sistema o instalación ha estado apta para producir, al margen de haberlo realizado o no por circunstancias indiferentes a su estado técnico.

Una sustancial finalidad del mantenimiento es garantizar que el equipo tendrá la capacidad de producir una cantidad mínima de horas predispuestas por año.

Los más importantes factores que no se deben olvidar para calcular la disponibilidad son:

- El número total de horas de producción.
- El número total de indisponibilidad para producir, que podrían ser en virtud de distintos tipos de acciones de mantenimiento.
- La cantidad parcial de horas de indisponibilidad, o sea, la cantidad de horas que la planta puede producir, pero con una capacidad menor a la habitual debido a un ineficiente estado por parte del equipo o instalación, lo que obviamente no permite que trabaje a todo dar.

2.4.3. Mantenibilidad

Se define como la expectativa que se tiene de que un equipo o sistema pueda ser colocado en condiciones de operación dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos.

2.5. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

Conocido también como “Reliability Centered Maintenance” por sus siglas RCM o MCC en español, desarrollada inicialmente para el sector de aeronáutica, para el cual no se lograban los éxitos más fructíferos para asegurar la confianza del transporte aéreo. Para

después ser trasladado al área militar y ya luego al sector industrial, seguidamente después de corroborar los éxitos que le había brindado al sector aviación.

Una planta industrial tiene como fin principal al utilizar esta técnica el incrementar la fiabilidad del equipo o instalación, o sea, menguar los tiempos de parada por desperfectos no previstos que imposibiliten efectuar la producción planificada. Otras finalidades tan importantes como la primera son acrecentar la disponibilidad y reducir al mismo tiempo los costes de mantenimiento.

RCM tiene su base entonces en la puesta de manifiesto de cada una de las fallas en potencia que podría tener un sistema, en la determinación de los motivos que los provean y en la señalización de una gama de acciones preventivas que soslayen esas averías de acuerdo con la trascendencia de todas y cada una de estas.

2.5.1. Las siete preguntas de la metodología RCM

Al realizarse el proceso se plantean las siguientes preguntas definidas claves que deberán ser resueltas:

- ¿Cuáles son las funciones que debe cumplir el activo y cuál es el desempeño esperado en su actual contexto operacional definido?
- ¿De qué forma puede fallar completa o parcialmente el equipo?
- ¿Cuál es la causa origen del fallo funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre un fallo?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada fallo?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir o predecir la ocurrencia de cada fallo funcional?

- ¿Qué puede hacerse si no es posible prevenir o predecir la ocurrencia del fallo funcional?

Las tres primeras interrogantes determinan las funciones, fallas y causas raíces de las averías existentes en los equipos que están siendo investigados. La cuarta y quinta pregunta estudian los impactos para la institución cuando las fallas ya hayan ocurrido. Finalmente, la sexta y séptima pregunta buscan señalar las labores de mantenimiento que logren erradicar o minimizar al máximo estos impactos de esas averías determinadas.

2.5.2. Funciones y Parámetros de Funcionamiento

Para lograr definir qué desarrollo aplicar y señalar que es menester realizar para que cualquier bien material continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su entorno de operación normal, necesitamos hacer dos cosas:

- Definir y señalar qué es lo que los usuarios desean que realice.
- Garantizar que el activo físico sea apto de hacer lo que sus usuarios desean que realice.

Debido a eso el punto de partida del MCC es determinar las funciones de cada bien en su entorno de operación, seguido de los patrones de operatividad deseados.

2.5.2.1. Funciones Primarias

Compendian ante todo el porqué de la obtención del bien. Esta clase de funciones abarca asuntos de producción, velocidad, almacenaje o capacidad de carga, categoría de producto y servicio al cliente.

2.5.2.2. Funciones Secundarias

Indican lo esperado a realizar por cada bien de solamente cumplir con sus funciones primarias. Los operadores tienen además perspectivas que van de acuerdo con los sectores de

control, seguridad, confort, contención, integridad estructural, protección, economía, operatividad efectiva, cumplimiento de regularizaciones medioambientales e incluso el aspecto del bien material.

2.5.3. Fallas Funcionales

La acción que hace que un bien no se desempeñe conforme a los criterios pedidos por el usuario es algún tipo de avería. En el MCC, a los estados de fallas se les conoce como fallas funcionales ya que acontecen en el momento que el equipo no logra desempeñar las actividades acordes a un parámetro de operatividad normal considerado por el operario de esta.

Primeramente, es requerido señalar cuáles son las fallas que podrían acontecer y así lograr emplear los mecanismos adecuados para el control de un desperfecto. El método MCC lo realiza en dos niveles:

- Identificar los pormenores que provocan la avería.
- Preguntarse qué acciones pueden incitar que el equipo sufra el daño.

2.5.4. Modos de Fallas

Cuando ya se ha identificado la falla funcional, lo próximo a realizarse es señalar todas las posibles causas que habrían provocado cada uno de los estados de falla. Estos hechos se denominan modos de fallas.

Los modos de fallas posibles abarcan todos los que han sucedido en activos similares laborando en un entorno idéntico. Además, están incluidas las averías que todavía no han sucedido, pero poseen una alta probabilidad de ocurrencia y también las que en ese momento están siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes.

Es este registro deben estar incluidas las averías provocadas por deslices de los usuarios de las máquinas, del equipo de mantenimiento e imperfecciones de fabricación y así las supuestas causantes de falla en el equipo se logren identificar de una manera correcta. También es de suma importancia indagar detalladamente el motivo de cada avería y así no malgastar tiempo y esfuerzo tratando de reparar signos falsos en vez del porqué verdadero, pero a la vez sin enfocarse mucho en el análisis de los pormenores para no desperdiciar tiempo.

2.5.5. Efectos de Falla

Realizar una lista de los efectos de falla es en lo que consiste el cuarto paso de la metodología MCC, en la que se describen lo que sucede cuando sobreviene cada modo de falla. Aquí se tiene que incluir toda la información necesaria para tener una base de apoyo en la evaluación de las consecuencias de las fallas, tales como:

- Existe o no evidencia de que la falla se ha efectuado.
- Representa o no una peligrosidad para la seguridad o el medio ambiente de alguna manera.
- Si es que influye o no negativamente a la producción u operatividad.
- Hay agravios físicos o no a raíz de la avería.
- Qué se tiene que hacer para solucionar el desperfecto.

2.5.6. Consecuencias de Falla

Cada una de las fallas afecta de algún modo, pueden afectar operaciones, la índole del producto, la atención a la clientela, la seguridad o efectos medioambientales. Son estos resultados los que más influyen en la intención de prevenir cada avería. Es decir, si una avería posee realmente serios resultados, se realizará el mayor esfuerzo para intentar evitarla. Pero

si tiene consecuencias leves o prácticamente no las tiene, quizás se decida realizar apenas una simple limpieza y lubricación o un mantenimiento rutinario.

Una cuestión afuera de MCC es que admite que las consecuencias de las averías son más trascendentes que sus aspectos técnicos. Las consecuencias estás clasificadas en cuatro grupos según el método del MCC, tenemos:

2.5.6.1. Consecuencias de Fallas Ocultas

No causan directamente ningún impacto, sin embargo, ponen en riesgo al equipo a sufrir diversas averías de graves efectos que pueden llegar a ser desastrosas.

2.5.6.2. Consecuencias Ambientales y para la Seguridad

Suceden cuando pueden herir o atentar contra la vida de una persona. Conllevan consecuencias ambientales si vulnera alguna norma medioambiental tanto a nivel de la empresa, regional, nacional e incluso internacional.

2.5.6.3. Consecuencias Operacionales

Si causan algún efecto a la productividad en cuanto a la índole del producto, cantidad, atención al cliente o costos de operación, además del costo para reparar.

2.5.6.4. Consecuencias no operacionales

Se relacionan directamente solo con el costo de la reparación.

Figura 5 Esquema de consecuencias de falla

2.5.7. Tareas Proactivas

Abarca lo conocido como mantenimiento “predictivo” o “preventivo”.

2.5.7.1. Mantenimiento Predictivo o “a Condición”

Abarca la indagación de señales que posibiliten reconocer que una falla puede ocurrir. Estas tareas incluyen:

2.5.7.1.1. Inspecciones

Como lo es una inspección auditiva del ruido que emite un motor.

2.5.7.1.2. Monitoreos

Un modo de hacerlo es verificando las vibraciones o ultrasonido.

2.5.7.1.3. Chequeos

Verificaciones del nivel de aceite, etc.

2.5.7.2. Mantenimiento Preventivo

2.5.7.2.1. Actividades de Sustitución Cíclica

Consiste en cambiar un equipo o por lo menos algunos de sus partes o repuestos a frecuencias determinadas, sin considerar el estado en el que se encuentren para ese momento. Lo que indica la periodicidad de estas actividades es la “vida útil” del equipo o de cada elemento por separado.

2.5.7.2.2. Actividades de Reacondicionamiento Cíclico

Consiste en inspeccionar, indistintamente de su estado original y en intervalos determinados, a un elemento o componente según el tiempo de trabajo total en el que se muestra un aumento veloz de la posibilidad de que ocurra una falla o según su edad.

2.5.8. Acciones a Falla

Tratan directamente con el estado de la falla. Dividida en 3 grandes categorías:

2.5.8.1. Mantenimiento Detectivo o de Búsqueda de Fallas

Consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, asegurándose así que estos dispositivos brindarán una defensa necesaria y totalmente indispensable.

2.5.8.2. Rediseño

Implica hacer cambios de una vez a las capacidades iniciales de un sistema.

2.5.8.3. Ningún Mantenimiento Programado

No se hace ningún enfuerzo en prevenir la falla, simplemente se deja que ocurra para luego repararla.

2.6. Beneficios del MCC

Relacionado a beneficios con respecto a la maquinaria:

- Nos brindan mayor confianza y seguridad.
- Reduce costos directa e indirectamente.
- Optimiza la índole del producto.
- Aumenta el cumplimiento de las normas de seguridad y medioambientales.

Relacionado a beneficios con respecto al personal humano:

- Ayuda a prosperar la conexión entre diferentes áreas de la empresa.
- Mejora el entendimiento entre operatividad y mantenimiento.
- Progresa la reputación corporativa.

2.7. Indicadores de Gestión de Mantenimiento

2.7.1. Confiabilidad (R(t))

"Reliability" se define como la probabilidad de que una unidad o componente realice la función para la cal fue diseñado, bajo ciertas condiciones de uso especificadas por un periodo de tiempo determinado." (Vergara, 2014, pág. 6). La confiabilidad de un sistema puede ser expresada:

$$R(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\% \qquad \ldots \text{(I)}$$

Donde: R(t) = Confiabilidad para un tiempo dado.

λ= Fallas totales cuantificadas por periodo de operación

T= Tiempo de operación previsto

2.7.1.1. Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

"Mean Time Between Failure" es el tiempo medio en el que una máquina o equipo cumple su funcionamiento sin interrupción por alguna falla funcional.

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{n} TPR}{i} \quad \ldots \text{(I.I)}$$

2.7.1.2. Tiempo Entre Fallas (TEF)

Es el tiempo real que se mide desde ocurrida la última falla hasta la ocurrencia de la falla actual. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$TEF_i = T_p - TPR_i$$

Donde: Tp= Tiempo programado de operación

2.7.1.3. Tasa de Fallas (λ)

Señalada como la posibilidad que existe en el que un equipo o sistema sufra una falla dentro de un lapso determinado. Se mide las fallas por unidad de tiempo.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \ldots \text{(I.II)}$$

2.7.2. Mantenibilidad

"Mantenibilidad es la probabilidad de que una tarea dada de mantenimiento pueda ser ejecutada dentro de un intervalo de tiempo dado (0, t) cuando el mantenimiento se realiza dentro de condiciones dadas y utilizando procedimientos y medios prescritos." (Arata, 2009, pág. 131)

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\% \quad \ldots \text{(II)}$$

2.7.2.1. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)

"Mean Time To Repair" también conocido como Tiempo Medio de Mantenimiento Correctivo, es una medida de mantenibilidad de equipos y piezas reparables. Consiste en representar la media de tiempo necesaria para poder remediar una falla hasta que el equipo retome sus condiciones normales de operación.

$$MTTR = \frac{\sum_{t=1}^{n} TTR}{i} \qquad \text{… (II.I)}$$

Donde:

TTR: Tiempo de reparación

i: Número de eventos

2.7.2.2. Tiempo de Reparación (TTR)

"Time to Repair" es el tiempo utilizado para corregir una falla medido desde que ocurre esta hasta que se restablece la función normal del equipo. Se define como:

$$TTR = \sum_{i=1}^{n} TTR_i$$

2.7.2.3. Tasa de Reparaciones (μ)

Indicador que mide las composturas por unidad de tiempo.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \qquad \text{… (II.II)}$$

2.7.3. Disponibilidad ($D(t)$)

"Puede ser definida como la probabilidad de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente o ejerza su función para un tiempo dado." (Moreno, 2017, pág. 18).

Matemáticamente:

$$D(t) = \frac{R_{(t)}}{R_{(t)}+M_{(t)}} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} * 100\% \qquad \ldots \text{(III)}$$

2.8. Proceso de Decisión RCM

2.8.1. Hoja de Trabajo de Información

Contiene los datos necesarios para realizar un análisis, dícese:

- Elemento en estudio
- Servicios o funciones que realiza
- Averías de las funciones mencionadas
- Modo de fallo
- Efectos de fallo

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M		AREA				
		ELEMENTO				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE AVERÍA		EFECTOS DE AVER

Figura 6 Hoja de trabajo de información

2.8.2. Diagrama de Decisión RCM

Parte unificadora del plan para tomar decisiones, analizando para cada punto sus modos de fallo.

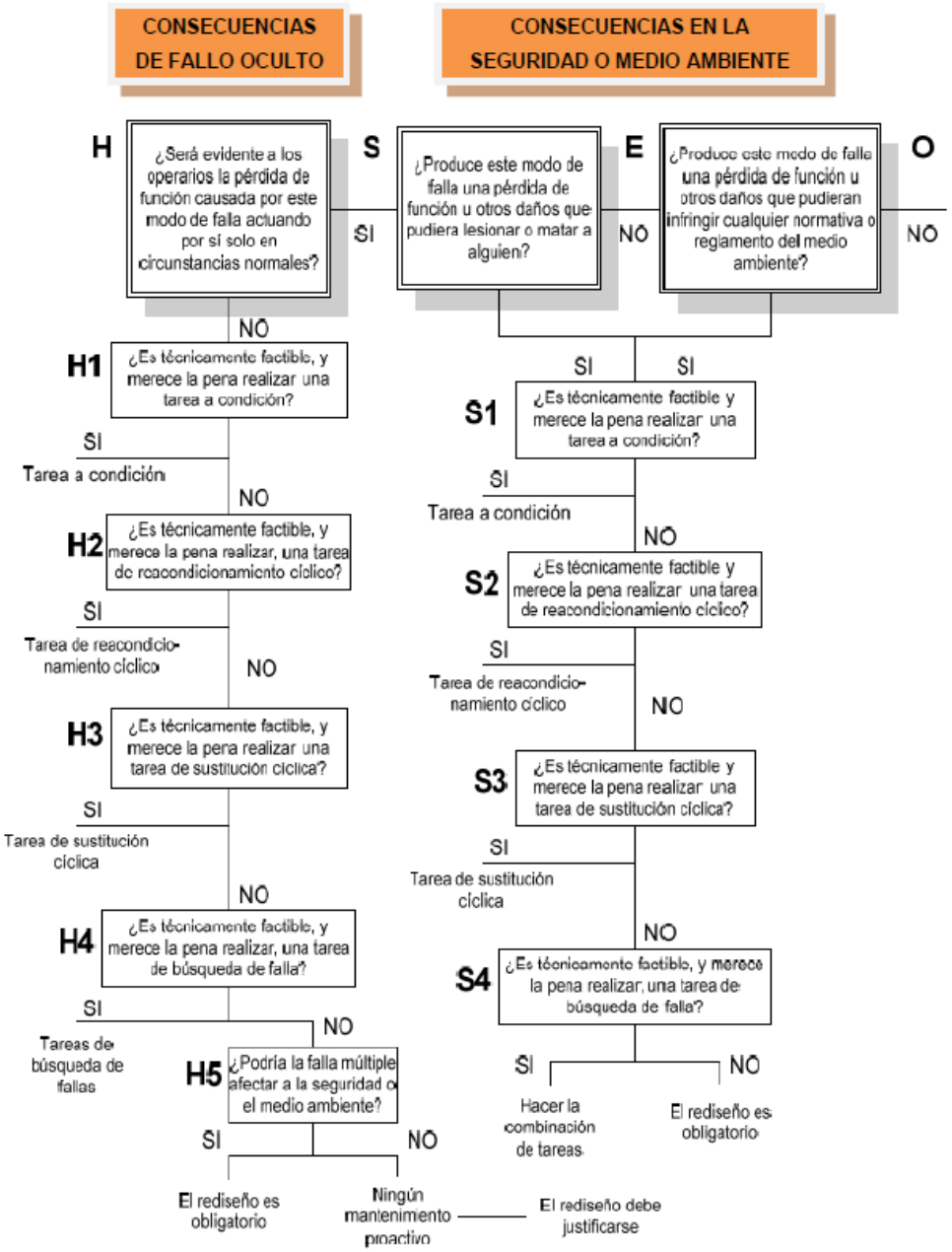


Figura 7 Diagrama de Decisión RCM (1)

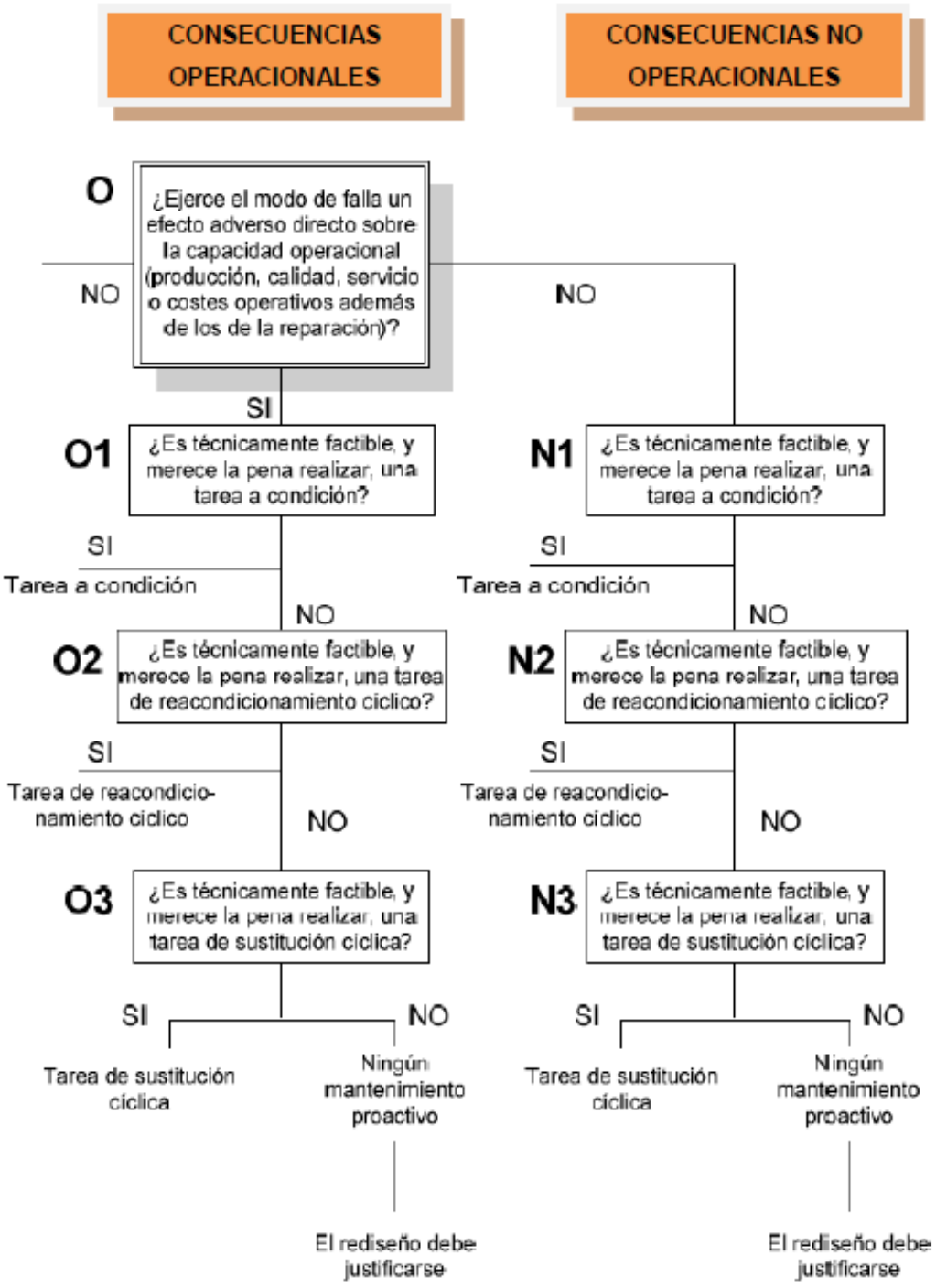


Figura 8 Diagrama de Decisión RCM (2)

2.8.3. Hoja de Trabajo de Decisión RCM

Resumen pormenorizado en la Hoja de Información de la utilización del Diagrama de Decisión acerca de todos los modos de fallo.

Al finalizar, se señalan las actividades a realizar, sus periodicidades y la persona encargada de realizarlas, es decir la estrategia de mantenimiento para el elemento.

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN R.C.M													AREA			
													ELEMENTO			
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea propuesta	Frecuencia inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			

Figura 9 Hoja de Trabajo de Decisión RCM

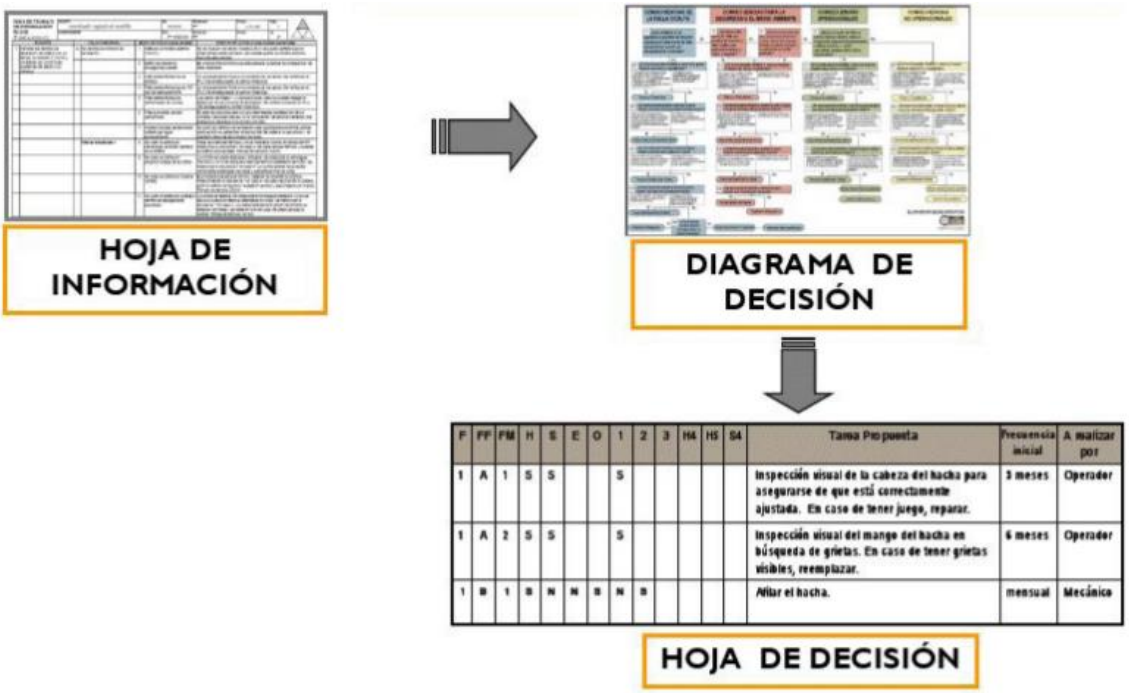


Figura 10 Proceso de Decisión RCM

2.9. Análisis Modal de Fallas y Efectos (AMFE)

Fue en la década del 60 que la industria aeronáutica se convirtió en la pionera al ser la primera en aplicar este análisis, titulada “Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad” en la norma militar americana MIL-STD-16291. Actualmente esta metodología básica se ha extrapolado satisfactoriamente a diversos otros sectores a partir de uso en el área automovilística.

2.9.1. Gravedad

Indicador que le permite al usuario del producto conocer la seriedad de la consecuencia del modo de fallo, posible de mejorar mediante acciones en el diseño. Este índice es clasificado según la siguiente tabla:

Tabla 1
Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy alta	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.	9-10

Fuente: Brastalén, M; Orriols, R; 2004

2.9.2. Frecuencia

Probabilidad de que una causa específica de fallo se produzca y provoque el modo de fallo, posible de mejorar y reducir el índice mediante un cambio de diseño o una mejora del sistema de prevención. Este índice es clasificado según la siguiente tabla:

Tabla 2
Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente: Brastalén, M; Orriols, R; 2004

2.9.3. Detectabilidad

Indica la probabilidad de deducir con una aceptable antelación al modo de fallo con la intención de eludir mayores perjuicios, posible de mejorar y reducir aumentando el control del sistema. Este índice es clasificado según la siguiente tabla:

Tabla 3
Clasificación de la facilidad de la detección del modo de falla

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	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.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estudios de producción.	4-5
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9-10

Fuente: Brastalén, M; Orriols, R; 2004

2.9.4. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

Producto de los factores gravedad, frecuencia y detectabilidad.

$$IPR = G * F * D$$

Clasificado según la tabla:

Tabla 4
Índice de prioridad de riesgo

ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO	
IPR>150	INACEPTABLE (I)
100<IPR<150	REDUCCIÓN DESEABLE (R)
IPR<100	ACEPTABLE (A)

Fuente: Brastalén, M; 2004

2.10. Descripción de los Chillers y Compresores

2.10.1. Chiller PIOVAN CA1922 S

Provee una baja temperatura de agua independientemente de cualquier condición ambiental. Diseñado para la aplicación en todos los sectores industriales, asegura la máxima flexibilidad y un funcionamiento energéticamente eficiente.

Beneficios:

- Funcionamiento flexible: Temperatura ambiental del aire desde -20°C hasta +46°C, adecuado para instalaciones interiores o exteriores.
- Reducida absorción de energía y nivel de ruido más bajo: Posee compresores (Scroll).
- Alta eficiencia de intercambio de calor: Evaporador de placas soldadas de acero inoxidable.
- Flujo óptimo: Bomba de circulación de agua interna.
- Estabilidad térmica y baja dispersión térmica: Tanque interior galvanizado y aislado.
- Eco-compatible: Refrigerante verde R407C.

2.10.1.1. Especificaciones Técnicas

Tabla 5
Datos técnicos del chiller PIOVAN CA1922 S

Datos Técnicos		CA1922 S
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	210500
	kW	244.77
Potencia absorbida	kW	55
Potencia máxima absorbida con bomba de baja presión	kW	82
Corriente eléctrica máxima con bomba de baja presión	A	168
Potencia máxima absorbida con bomba de media presión	kW	96
Corriente eléctrica máxima con bomba de media presión	A	189
Potencia máxima absorbida con bomba de alta presión	kW	98
Corriente eléctrica absorbida con bomba de alta presión	A	196
Bomba de agua de baja presión	m^3/h	14 – 87.5
	bar	3.7 – 2.2
	kW	7.5
Bomba de agua de media presión	m^3/h	20 – 130
	bar	5.1 – 3.2

	kW	18.5
	m^3/h	7.5 – 73.0
Bomba de agua de alta presión	bar	8.0 – 6.0
	kW	18.5
Compresor (Scroll)	Unidades	2
	Unidades	3
Ventilador	m^3/h	60000
	kW	2.5
Conexiones de agua helada (entrada/salida)	Pulgadas	3
Peso	kg	1908

Los datos son referidos a las siguientes condiciones: gas R407C, fuente de alimentación 380/3/60Hz

Figura 11 Chiller PIOVAN CA1431

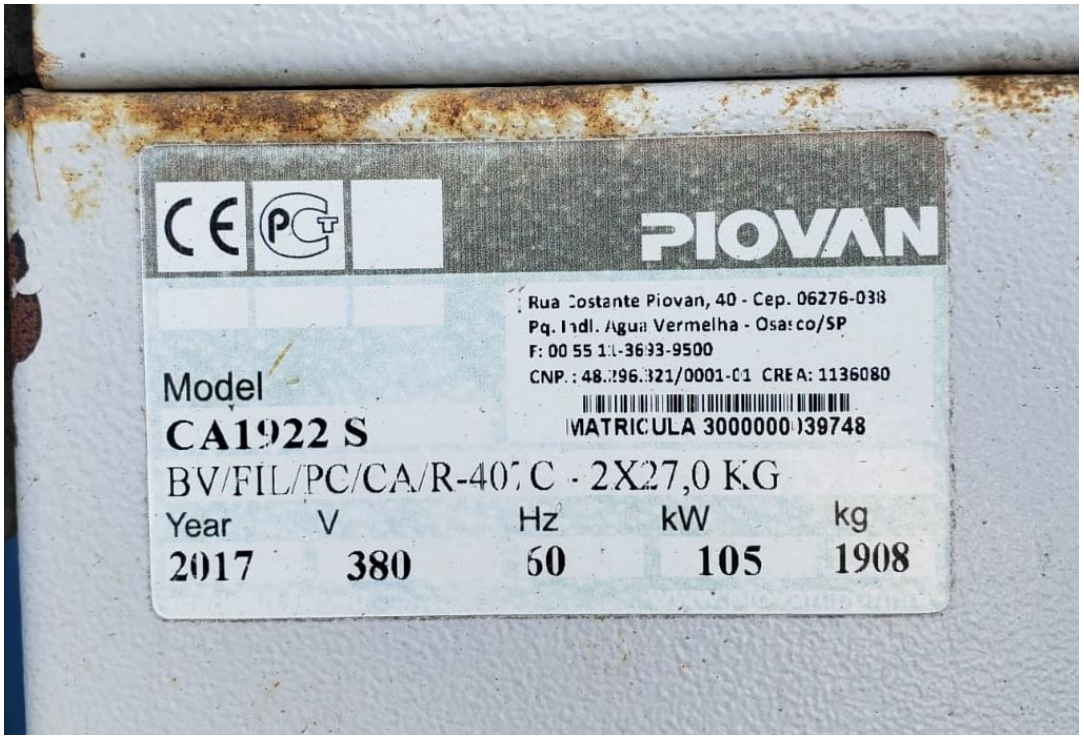


Figura 12 Placa del Chiller PIOVAN CA19922 S

2.10.1.2. Características dimensionales

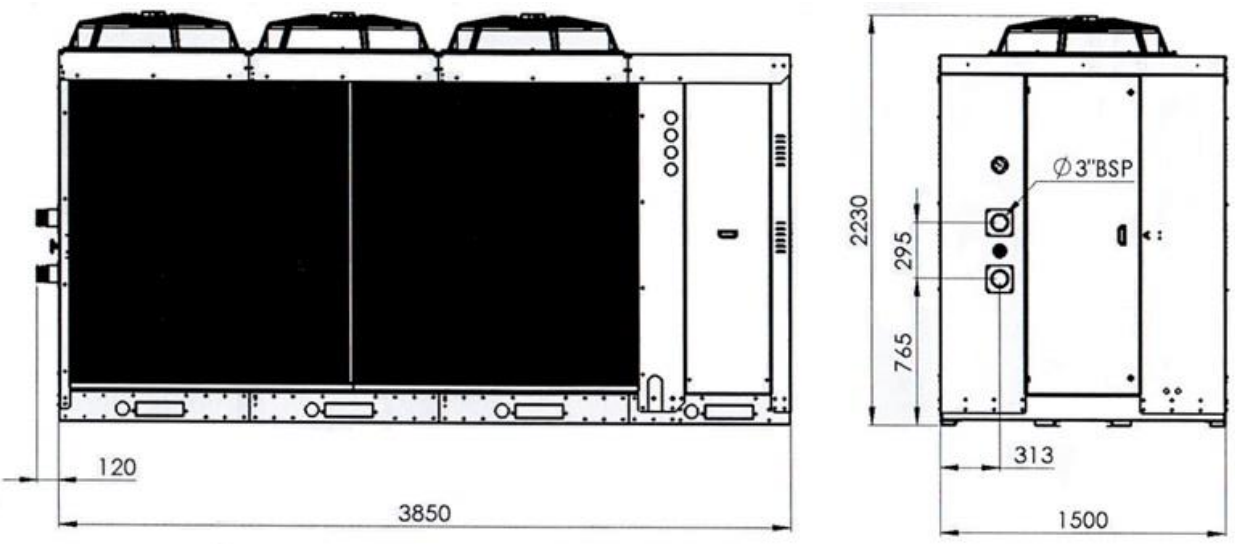


Figura 13 Dimensiones del Chiller CA1431

2.10.1.3. Funcionamiento

2.10.1.3.1. Circuito de proceso hidráulico

El agua (o líquido de enfriamiento) proveniente de los procesos entra en el evaporador donde intercambia calor con el gas refrigerante y sale con una temperatura inferior a la de la entrada, en seguida es succionada por la bomba de circulación y retorna nuevamente al proceso.

2.10.1.3.2. Circuito frigorífico

El refrigerante en estado de vapor, saliendo de los compresores con una presión y temperatura elevadas entra al condensador, donde ocurre la transformación de vapor de gas a estado líquido mediante el intercambio térmico con el aire o el agua de condensación. Después del condensador el refrigerante en el estado líquido pasa por el filtro secador, mirilla del líquido, la válvula de expansión electrónica y alimenta al evaporador, donde ocurre el cambio de estado de líquido a vapor mediante el intercambio térmico con el agua de proceso.

En la salida del evaporador, el compresor aspira el refrigerante en estado de vapor.

2.10.2. Sistema de Compresor de aire de tornillo montado sobre patines

“Skid-mounted screw air compressor system” puede convertirse en una solución perfecta cuando no es conveniente utilizar una estación de compresión de aire permanente. El sistema puede ensamblarse desde compresor, receptor de aire, filtros en líneas de etapas múltiples, secador refrigerado o de absorción. La única “instalación” requerida por el sistema es la conexión de la tubería de descarga y la fuente de alimentación y está lista para funcionar.

2.10.2.1. Características

- Fácil instalación y transporte.
- Inicio retardado del secador de aire automáticamente después del arranque del compresor de aire.
- Se pueden interconectar varios sistemas de compresores de aire de tornillo montados sobre patines.
- Control remoto desde la sala de control a través de la conexión RS-485 es posible.
- La calidad del aire se puede lograr según la aplicación diferente al tamaño de partículas sólidas 0.01 µm, contenido de aceite ≤ 0.003ppm, punto de rocío a presión: -20°C – 70°C.
- La presión de descarga del sistema de compresor de aire de tornillo montado sobre patines se puede diseñar de acuerdo con la solicitud del cliente.

2.10.2.2. Especificaciones técnicas

Tabla 6
Especificaciones técnicas del Sistema de compresor de aire de tornillo montado sobre patines.

Modelo		KB22-DR-8
Capacidad de descarga	m^3/min	3.62
Presión de descarga	bar	8
Método de enfriamiento		Aire enfriado
Nivel de ruido	dB(A)	71 ± 3
Contenido de partículas residuales	µm	≤ 0.01
Contenido de aceite residual	ppm	≤ 0.003

Punto de rocío a presión	°C	3 – 10°C o -20° - 70°C
Voltaje/Frecuencia	V/Hz	220V/60Hz
Potencia nominal	kW	22kW
Conexiones de tubería de descarga	Pulgadas	1 – ¼ “

Datos obtenidos de la página WEB de ADEKOM y de la placa de la máquina de la empresa.

2.10.2.3. Compresor de aire de tornillo

Los compresores de aire de tornillo ADEKOM cumplen con el estándar de Clase 2 de etiqueta energética de China, de acuerdo con las leyes y regulaciones chinas, esto permite a los usuarios clientes a reducir el impuesto sobre la renta en un 10% del costo de inversión.

9 razones para elegir el compresor de aire ADEKOM:

- EL postenfriador refrigerado por aire de alta eficiencia agrandado está diseñado específicamente para el clima de Asia Pacífico. Esto asegura una temperatura de funcionamiento ideal en entornos de alta temperatura ambiente y alta humedad, pero manteniendo la capacidad de aire y la presión de trabajo adecuadas.
- Los modelos de gran capacidad adoptan un diseño de ventilador de enfriamiento doble. El primer ventilador de refrigeración arranca con el compresor y el segundo arranca sólo cuando la temperatura supera los 80°C y se detiene cuando vuelve a abajar de 70°C para ahorrar energía.
- Motor eléctrico de alta eficiencia, totalmente cerrado, enfriado por ventilador (TEFC), IP55, clase F con servicio SF 1.15 y S1, equipado con rodamientos de alta velocidad de alta calidad de “SKF” con una vida útil de diseño de 100000 horas de funcionamiento para asegurar una operación de 24 horas sin fallas.

- El último sistema de separación de aire/aceite de múltiples etapas patentado en Europa para garantizar un bajo contenido de aceite residual de menos de 1-3 ppm. Esto supera cualquier estándar internacional de compresores de aire de tornillo rotativo con inyección de aceite y es particularmente adecuado para clientes con aire limpio para aplicaciones.
- Los componentes electrónicos del panel de control automático IP54, como relés, contactores, relés de protección de fase y relés de sobrecarga, son de la marca Siemens para proporcionar una solución de control de compresor segura y confiable.
- El diseño de doble protección contra altas temperaturas alerta al usuario cuando la temperatura aire/aceite supera los 100°C y dispara el compresor cuando la temperatura de funcionamiento alcanza los 105°C. Dos transductores de temperatura funcionan de forma independiente para proteger mejor la unidad compresora contra sobrecalentamiento.
- Casi todas las tuberías de aceite y aire de los compresores de tornillo ADEKOM están fabricadas con tubos de acero de calidad con conexiones de tornillo hidráulicas de precisión para evitar fugas de aceite o aire.
- Modelo de capacidad baja a media con placa base del motor equipada con sistema de auto tensado que ajusta automáticamente la tensión de las correas de transmisión, modelo de gran capacidad con su motor conectado directamente a la unidad compresora mediante acoplamiento flexible. Esto asegura una alta eficiencia de transmisión de potencia y un funcionamiento sin mantenimiento.

- Los componentes internos que consisten en el compresor de aire, el motor eléctrico principal, el tanque separador de aire/aceite y el bloque del ventilador/enfriador están perfectamente dispuestos para facilitar el mantenimiento de rutina fácil y que ahorra tiempo con acceso directo y fácil a todos los componentes.

Especificaciones:

Tabla 7
Datos técnicos del compresor de aire de tornillo KB2208

Modelo			KB2208
Capacidad de descarga/presión de descarga		m^3/min / bar (g)	3.62/8
Método de enfriamiento			Aire enfriado
Temperatura de descarga		°C	Refrigerado por aire: temperatura ambiente + 8 – 10°C / Refrigerado por agua: 40°C y menos
Capacidad de aceite		L	13
Nivel de ruido		dB(A)	71 ± 3
Motor	Poder	kW	22
	Velocidad	rpm	2950
	Método de inicio		Arranque estrella-triángulo
	Voltaje/Frecuencia		220/380/440V / 60Hz
Dimensiones	Largo	mm	1230
	Ancho	mm	870

	Alto	mm	1280
Peso		kg	550
Conexiones de tubería de descarga		Pulgadas/mm	1”

Datos obtenidos de la página WEB de ADEKOM y de la placa del compresor de aire de tornillo de la empresa.

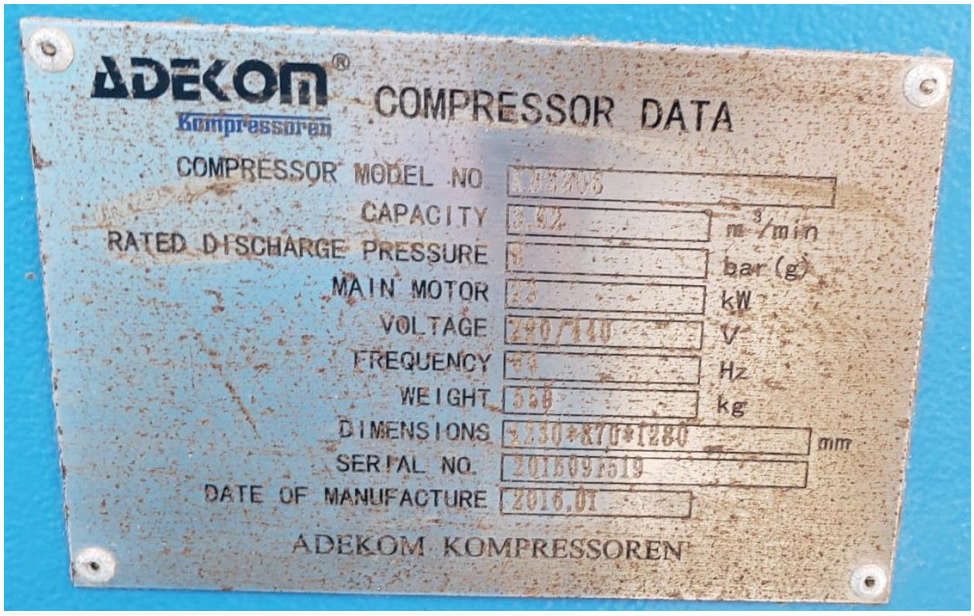


Figura 14 Placa del compresor ADEKOM KB2208

Figura 15 Compresor de aire de tornillo KB2208

2.10.2.4. Secador de aire refrigerado

Un sistema de aire comprimido seco es fundamental para mantener la fiabilidad de los procesos de producción y la calidad de los productos finales. El aire no tratado puede causar corrosión en las tuberías, fallas prematuras del equipo neumático y deterioro del producto. Adekom ofrece una gama completa de secadores, filtros y generadores de aire y gas que protegerán sus sistemas y procesos.

El aire seco y de calidad es vital para el funcionamiento a largo plazo y sin problemas de sus procesos. Los sacadores KAD + de Adekom protegen sus productos y sistemas contra daños o corrosión. Funcionan con compresores de refrigerante incorporados, que enfrían el

aire a través de intercambiadores de calor, separan el condensado resultante y producen aire seco con un punto de rocío a presión tan bajo como a 3°C / 37.4°F. Fáciles de instalar, simples de operar, muy confiables y económicos, brindan el aire seco que necesita, permitiéndole concentrarse en su negocio principal.

Características:

- El evaporador y el intercambiador de calor aire comprenden un solo serpentín con tubérculos de cobre y aletas de aluminio. El aire de entrada se enfría de manera eficiente mientras que el aire de descarga se recalienta para evitar la formación de condensado.
- Aire enfriado: Refrigerado por aire mediante ventilador eléctrico provisto de rejilla de seguridad. Compuesto por serpentín de tubos de cobre y aletas de aluminio. Tanto el condensador como el ventilador tienen un tamaño generoso para funcionar a altas temperaturas ambiente y también para garantizar una refrigeración eficaz de los componentes electrónicos internos.
- Hermético: Refrigerado por gas de aspiración y protegido contra sobrecargas térmicas y de corriente. El compresor está montado sobre soportes de goma antivibración para garantizar un funcionamiento silencioso.
- El panel de control eléctrico automático fácil de usar monitorea y muestra continuamente el estado de rendimiento general del sistema con alarmas para averías y pardas de seguridad. Fabricado con paneles de chapa de acero fosfatados, desengrasados y pintados con polvo de poliéster. Los paneles no son elementos estructurales y se pueden quitar fácilmente para el servicio.

- El condensado se separa en un “desempañador” de malla de acero inoxidable de alta eficiencia.

Especificaciones:

Tabla 8
Especificaciones del secador de aire refrigerado

Modelo			KAD60AS+
Flujo de aire		m3/min	7.8
Potencia		V/Hz	220/60
Potencia nominal		kW	1.5
Potencia del ventilador		kW	135
Temperatura máxima de entrada		°C	45
Punto de rocío de presión		°C	3 – 10
Temperatura ambiental		°C	2 – 40
Corriente de funcionamiento		A	8.5
Refrigerante			R410a
Presión máxima de trabajo		MPa	1.3
Conexión aérea			G2”
Peso		kg	130
	Largo		600
Dimensiones	Ancho	mm	850
	Altura		900

Datos obtenidos de la página WEB de ADEKOM y de la placa del secador de aire refrigerado de la empresa.

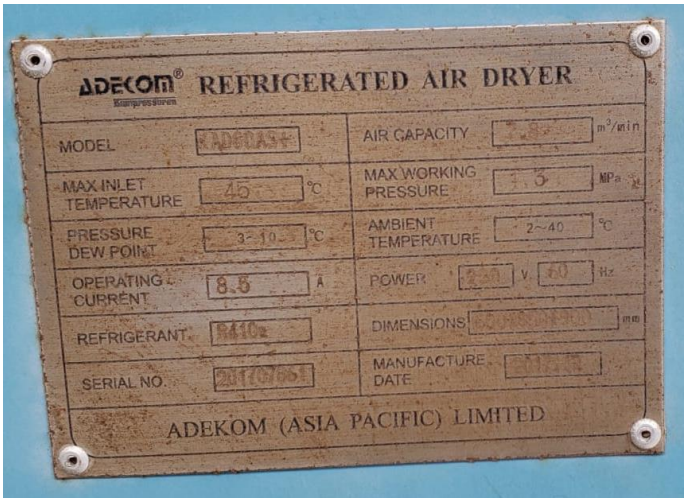


Figura 16 Placa del secador de aire refrigerado KAD60AS+

Figura 17 Secador de aire refrigerado KAD60AS+

2.10.3. Compresor SULLAIR LS100-30H

El compresor de aire SULLAIR de tornillo rotativo lubricado en comparación con otros tipos de compresores, este es único en confiabilidad mecánica, sin “desgaste” ni “inspección” requerida de las partes de trabajo dentro de la unidad del compresor.

Los compresores de la serie LS100 se llenan de fábrica con lubricante Sullube. El fluido se inyecta en la unidad del compresor en grandes cantidades y se mezcla directamente con el aire cuando los rotores giran, comprimiendo el aire. El flujo de fluido tiene tres funciones básicas:

- Como refrigerante, controla el aumento de temperatura del aire normalmente asociado con el calor de la compresión.
- Sella las trayectorias de holgura entre los rotores y el estator y también entre los propios rotores.
- Actúa como una película lubricante entre los rotores permitiendo que un rotor accione directamente al otro

Después de que la mezcla aire/fluido se descarga de la unidad del compresor, el fluido se separa del aire.

En este momento el aire fluye a través de un postenfriador y un separador y luego a su línea de servicio mientras se enfría el líquido en preparación para la reinyección.

2.10.3.1. Especificaciones Técnicas

Tabla 9
Datos técnicos del compresor SULLAIR LS100

Compresor			LS100 - 30H
Tipo			Tornillo rotativo
Presión de funcionamiento estándar		psig	125/135
Tipo de rodamiento			Antifricción
Temperatura ambiental (Max)		°C	41
Enfriamiento			Fluido presurizado
Fluido del compresor		L	11.4
Control			Electroneumático
Dimensiones	Largo	mm	1524
	Ancho		914
	Alto		1067

Datos obtenidos del manual de servicio de SULLAIR y de la placa del compresor de la empresa.

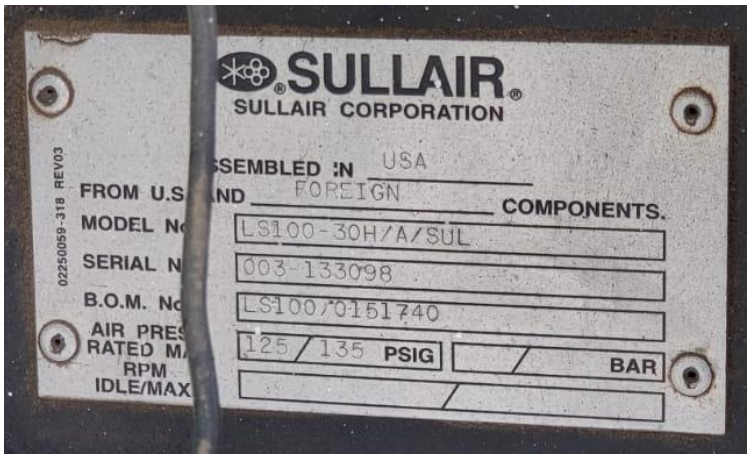


Figura 18 Placa del compresor SULLAIR LS100

Figura 19 Compresor de tornillo rotativo lubricado

2.10.4. Chiller PIOVAN CH900 S

Tabla 10
Datos técnicos del chiller PIOVAN CH900 S

Datos Técnicos		CH900 S
Capacidad de enfriamiento	kcal/h	134000
	kW	155.81
Potencia absorbida	kW	34.5
Potencia máxima absorbida con bomba de baja presión	kW	56

Corriente eléctrica máxima con bomba de baja presión	A	115
Potencia máxima absorbida con bomba de media presión	kW	60
Corriente eléctrica máxima con bomba de media presión	A	122
Potencia máxima absorbida con bomba de alta presión	kW	73
Corriente eléctrica absorbida con bomba de alta presión	A	139
	m^3/h	12.5 – 63
Bomba de agua de baja presión	bar	3.55 – 1.8
	kW	5.5
	m^3/h	14 – 72
Bomba de agua de media presión	bar	5.25 – 3.0
	kW	9.2
	m^3/h	8.5 – 46
Bomba de agua de alta presión	bar	9.6 – 7.4
	kW	18.5
Compresor (Scroll)	Unidades	3
Ventilador	Unidades	2
Conexiones de agua helada (entrada/salida)	Pulgadas	3
Peso	kg	1020

Datos obtenidos del manual otorgado por PIOVAN GROUP para trabajos a 380/3/60Hz - R407C

Figura 20 Chiller PIOVAN CH900 S

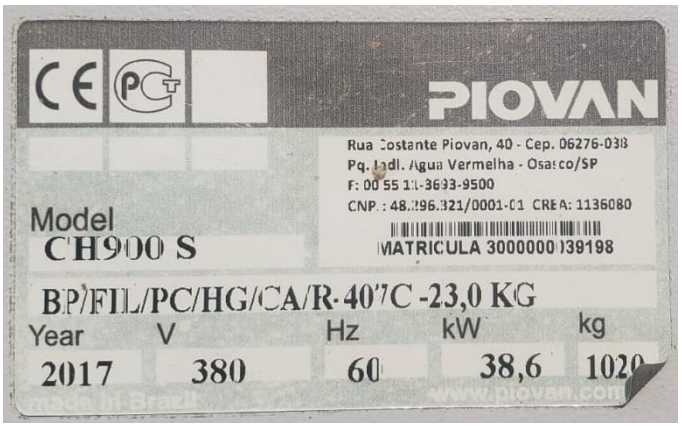


Figura 21 Placa del Chiller PIOVAN CH900 S

2.10.5. Compresor SULLAIR 3009

Los componentes y conjuntos del compresor de aire se muestran claramente. El paquete completo incluye compresor, motor eléctrico, arrancador, sistema de descarga del compresor, sistema de lubricación y enfriamiento del compresor, sistema de control de capacidad, controlador WS, postenfriador, una combinación de separador y trampa, todo montado en un marco de acero de gran calibre.

2.10.5.1. Especificaciones técnicas

Tabla 11
Datos técnicos del compresor SULLAIR 3009

Compresor			3009 AC
Tipo			Tornillo rotativo
Presión de funcionamiento		psig	125
Tipo de rodamiento			Antifricción
Temperatura ambiental máxima		°C	40
Enfriamiento			Fluido presurizado
Fluido del compresor			Sullair Sullube: 24KT
Capacidad del receptor		L	11.4
Control			WS Controller
	Largo		1575
Dimensiones	Ancho	mm	876
	Alto		1562

Datos obtenidos del manual de servicio de SULLAIR y de la placa del compresor de la empresa

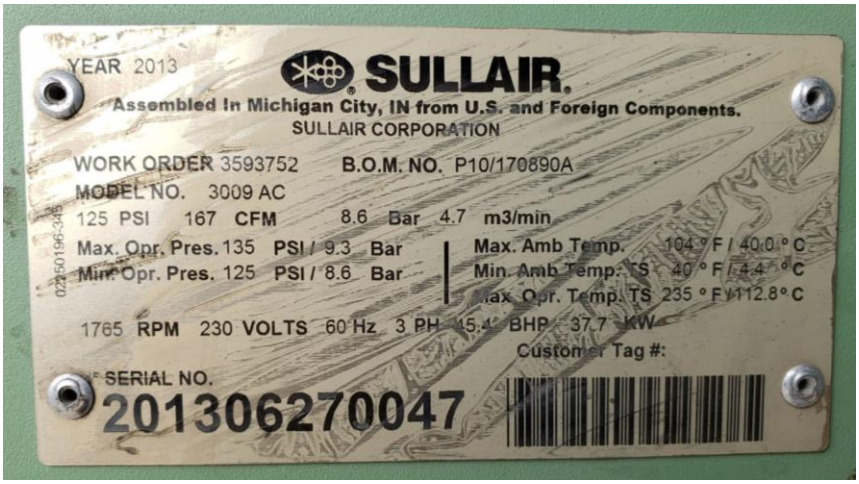


Figura 22 Placa del compresor SULLAIR 3009 AC

Figura 23 Compresor SULLAIR 3009 AC

2.10.5.2. Secador de aire refrigerado SULLAIR RN200

Los secadores de aire refrigerados sin ciclos Sullair están diseñados para un funcionamiento constante a carga completa. Utilizan intercambiadores de calor especialmente

diseñados con componentes integrados para proporcionar un punto de rocío constante y un servicio sin problemas durante los próximos años.

Los secadores eliminan la humedad, los vapores de aceite y otros contaminantes dañinos de la corriente de aire comprimido. Al usar una refrigeración básica, el aire caliente saturado se enfría en los intercambiadores de calor de alta eficiencia y la humedad se condensa y elimina. La filtración adicional elimina otros contaminantes y partículas.

El agua (humedad) es uno de los mayores enemigos de las herramientas neumáticas y las tuberías. Si no se trata en la corriente de aire comprimido, esta humedad deteriorará las herramientas, el equipo y las tuberías con corrosión, incrustaciones en las tuberías, congelación y una serie de otros problemas que reducirán la vida útil de todo el sistema de aire comprimido. Con un secador refrigerante Sullair, puede estar seguro que tendrá aire limpio y seco con un punto de rocío constante entre 36° y 40° F. La combinación única de intercambiador de calor tres en uno:

- Aire a aire (intercambiador de calor preenfriador/recalentador)
- Aire a refrigerante (intercambiador de calor de alta eficiencia)
- El separador integrado (ubicado en el punto más frío papra maximizar la extracción de humedad) calienta el aire que sale, eliminando así las posibilidades de congelación incluso en condiciones ambientales relativamente más frías. El aire seco caliente no afectará la tubería ni las herramientas y el resultado es una mayor vida útil de la herramienta. Además, las aplicaciones que requieren aire limpio y seco pueden depender de los secadores de aire refrigerados sin ciclos de Sullair para proporcionar aire seco a plena carga de forma continua.

Especificaciones:

Tabla 12
Especificaciones del secador de aire refrigerado SULLAIR RN200

Modelo		RN200
Presión de funcionamiento normal	psig	100
Temperatura de funcionamiento normal	°F	100
Temperatura ambiente normal	°F	100
Presión máxima de funcionamiento	psig	230
Presión mínima de funcionamiento	psig	75
Temperatura ambiente máxima	°F	120
Temperatura ambiente mínima	°F	40
Temperatura máxima de funcionamiento	°F	150
Presión máxima de refrigerante	psig	363
Presión máxima del aire	psig	230
Temperatura máxima de entrada de aire	°F	150
Amperaje mínimo del circuito	A	9.89
Refrigerante		134º
	V	230
Voltajes primarios	Ph	1
	Hz	60

Datos obtenidos del manual de servicio de Sullair y de la placa del secador de aire refrigerado de la empresa

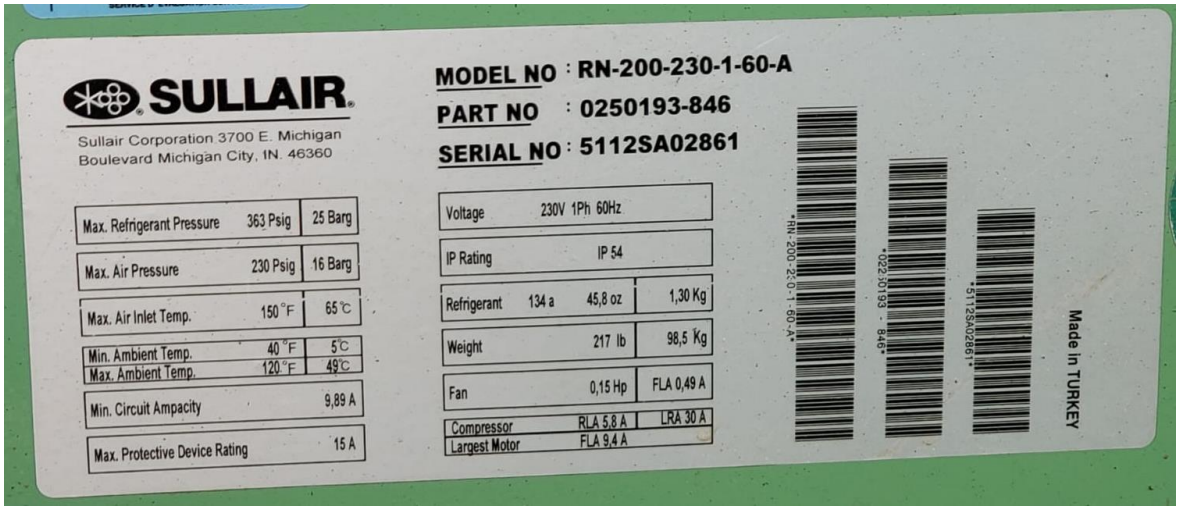


Figura 24 Placa del secador de aire refrigerado Sullair RN200

Figura 25 Secador de aire refrigerado Sullair RN200

2.10.6. Compresor SULLAIR ES-8

Tabla 13
Datos técnicos del compresor SULLAIR ES-8

Modelo		ES-8
Potencia	HP	20
Caudal	ACFM	76
Presión de funcionamiento normal	Psig	125
Longitud	pulg	51
Ancho	pulg	34
Alto	pulg	30
Peso	kg	52

Datos obtenidos del manual de operario del compresor Sullair ES-8

Figura 26 Compresor Sullair ES-8

2.11. Definición Conceptual de la Terminología

Polipropileno: Polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del propileno.

Arpilleras: Pieza textil gruesa y ásperas.

MTTO: Mantenimiento.

Chiller: Máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido.

Extrusora: Máquina industrial que aplica coacción en materiales de estado sólido o viscoso y así fuerza su tránsito mediante la rendija de una embocadura.

Bobinadora: Máquina de bobina que enrolla un material sobre un núcleo, en este caso hilos de polipropileno.

Telares: Máquina de tejer en la que se colocan hilos paralelos llamados urdimbres.

Laminadora: Máquina que utiliza el proceso de laminar para proteger y conservar objetos.

Peletizado: Proceso de compresión de un material en forma de un granulo o pellet.

Compresores: Máquina diseñada para el aumento de presión y desplazamiento de fluidos compresibles.

Disponibilidad: Indicador que señala durante cuánto tiempo un equipo está disponible para ser usado u operado.

Criticidad: Indicador correspondiente al peligro que facilita determinar el orden de las primacías de procesos, equipos y sistemas.

MTBF: Tiempo medio entre fallas de un mismo equipo que representa la media de tiempo que transcurre desde una avería hasta la que le sigue.

MTTR: Tiempo medio de reparación que representa el tiempo promedio necesario para reparar una avería hasta que la actividad del equipo se restablezca.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La clase de análisis que se llevará a cabo es cuantitativa debido a que recoge los datos, analiza sus variables, estudia las propiedades y los fenómenos cuantitativos.

Además, es de tipo aplicada ya que busca dar una solución a un problema en concreto que existe en la realidad y descriptiva porque se describe la situación problemática de la empresa en mención.

La investigación cuenta con un diseño no experimental ya que es en base de la observación de acontecimientos y la manera en que acontecen dentro de entorno habitual para luego ser analizados.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

En este caso consiste en todas las máquinas de la empresa Atlántica S.R.L.

3.2.2. Muestra

La muestra a tener en cuenta son los 02 Chillers de la marca PIOVAN, 01 Compresor de la marca ADEKOM y 03 Compresores de la marca SULLAIR.

3.3. Hipótesis

El mantenimiento centrado en confiabilidad sí influirá en la disponibilidad de los 02 chillers y 04 compresores de planta de la empresa Atlántica S.R.L.

3.4. Variables – Operacionalización

3.4.1. Variable Independiente

Las variables independientes del proyecto son:

- Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

3.4.2. Variable Dependiente

Las variables dependientes del proyecto son:

- Disminución de fallas.
- Asegurar la calidad de vida de los equipos de refrigeración de la planta.
- Evitar costos innecesarios y no programados para reparos correctivos.
- Confiabilidad, disponibilidad, eficiencia.

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Aprovechando la información que nos brinde la empresa acerca de la vida útil de los chillers y compresores, se utilizará un método deductivo-no experimental para poder emplear los pasos que implican el MCC.

En cuanto al método deductivo, "Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de postulados, teoremas, leyes principios, etc., de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares." (Bernal, 2010, pág. 59)

"En la investigación no experimental no es posible manipular las variables o asignar aleatoriamente a los participantes o los tratamientos." (Kerlinger & Lee, 2002, pág. 504)

Las técnicas para usar son:

- Observación: Con el uso de una observación directa se identificará, describirá y analizará los chillers y compresores.

- Entrevistas: Aprovechando los conocimientos del personal, se realizará entrevistas para conocer el funcionamiento de las máquinas y así identificar la criticidad de las fallas de estas.

3.6. Descripción de los Instrumentos Utilizados

3.6.1. Bibliográfico

Tesis, libros, manuales, pdf, webs, etc.

3.6.2. Software

Microsoft Excel.

3.6.3. Material y Equipos

Cuaderno para notas, laptop ASUS, pinza amperimétrica FLUKE 375 FC y termómetro infrarrojo VICTOR 305B.

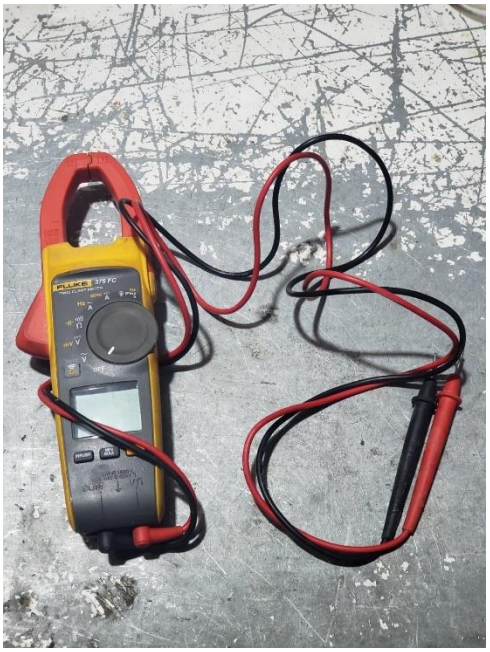


Figura 27 Pinza Amperimétrica FLUKE 375 FC

Figura 28 Termómetro infrarojo VICTOR 365B

3.7. Análisis Estadísticos e Interpretación de Datos

Se planea recolectar información de meses pasado o desde que entraron en funcionamiento de ambos chillers y los compresores. Realizar entrevistas y/o encuestas a los trabajadores del sector de mantenimiento del área y al jefe de mantenimiento. Revisar el material bibliográfico de las máquinas como son los catálogos de repuestos y manuales de instrucciones que fueron dados por los proveedores de las máquinas.

De esta manera obtener un conocimiento detallado de lo que se debe mejorar desde el punto más importante.

Se recolectará todos los datos posibles de las máquinas a través de informes, órdenes de trabajo, encuestas, lectura de manuales, y la observación para luego ser analizados estadísticamente. Además, se hará uso del software Excel 2016 para el correcto procesamiento y seguimiento del plan de mantenimiento.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Contexto Operacional

Los chillers y compresores de la empresa trabajan las 24 horas del día, desde lunes hasta sábado. El chiller PIOVAN CA1922, el compresor ADEKOM KB2208 y el compresor SULLAIR LS100 trabajan en apoyo a las 02 Extrusoras de la empresa con las cuales inicia la producción, en cambio el chiller PIOVAN CH900S y los compresores SULLAIR 3009 y ES-8 trabajan en apoyo al área de acabados de la empresa, que cuenta con una laminadora, tres impresoras, y una peletizadora.

Analizando la función de los chillers y compresores se puede deducir que son imprescindibles para la empresa, debido a que sin estos no podría ni siquiera comenzar el proceso de producción, además de estar presente en al menos el 50% del proceso productivo.

4.2. Propuesta de Investigación

Habiendo tomado consciencia de la importancia de las máquinas compresoras y de los chilles es que se plantea realizar lo siguiente:

Gracias a la facilidad que me otorga la empresa de revisar el historial de mantenimiento que lleva, se recolectará datos de indicadores como el tiempo medio entre fallos y el tiempo medio de reparación y así poder calcular la confiabilidad y disponibilidad iniciales.

Así mismo para poder elaborar un programa de acciones de mejora, se utilizará la metodología MCC y así señalar modos de falla y efectos de falla, con la asistencia AMEF y NPR.

Finalmente analizar el historial de mantenimiento desde julio de 2020 a diciembre del 2020, determinar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad finales para así poder

comparar los valores determinando la influencia del MCC. Además, se determinará el costo beneficio que se obtendría gracias a la propuesta de optimización.

4.3. Cálculo de los Índices de Mantenimiento Iniciales

4.3.1. Cálculo de la Disponibilidad Inicial

Para el cálculo de la disponibilidad inicial se revisó el historial de mantenimiento de las máquinas mencionadas perteneciente a la empresa Atlántica S.R.L. desde el 1 de enero del 20 hasta el 30 de junio del 2020, de esta manera obtener los valores TEF y TTR de cada una de ellas. Los valores se mostrarán en las tablas mostradas a continuación. Para el cálculo de este índice usaremos la ecuación (III) mencionada en el punto 2.7.3.

4.3.1.1. Disponibilidad inicial del chiller CA1922S

Tabla 14
TTR y TEF iniciales del chiller Piovan CA1922 S

DATOS INICIALES DEL CHILLER PIOVAN CA1922 S					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	20/02/2020	936	78.7	24	1
2	27/02/2020	120	6.5	48	2
3	15/04/2020	1080	45	72	3
4	10/06/2020	552	23	48	2

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Chiller Piovan CA1922 S en 6 meses, son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 28 días (ya que se trabaja medio día los domingos), además 1 día equivale a las 24horas de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 4032\ h$

$TTR = 192\ h$

$i = 4$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{4032 - 192}{4} = 960\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{192}{4} = 48h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{960}{960 + 48} * 100\%$$

$$D(t) = 95.23\%$$

4.3.1.2. Disponibilidad Inicial del chiller CH900 S

Tabla 15
TTR y TEF iniciales del chiller Piovan CH900 S

DATOS INICIALES DEL CHILLER PIOVAN CH900 S					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	10/01/2020	510	42.5	24	2
2	25/03/2020	888	74	12	1

3	05/04/2020	124	10.3	8	0.7
4	29/05/2020	632	52.7	16	1.4

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Chiller Piovan CH900 S son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 26 días (descontando domingos), además 1 día equivale a 12h de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 1872\ h$

$TTR = 60\ h$

$i = 4$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{1872 - 60}{4} = 453\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{60}{4} = \ 15\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{453}{453 + 15} * 100\%$$

$$D(t) = 96.79\%$$

4.3.1.3. Disponibilidad inicial del compresor SULLAIR LS100

Tabla 16
TTR y TEF iniciales del compresor Sullair LS100

DATOS INICIALES DEL COMPRESOR SULLAIR LS100					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	07/02/2020	1528	63.7	12	0.5
2	17/04/2020	1672	69.7	8	0.4
3	19/06/2020	1472	61.4	16	0.7

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Compresor Sullair LS100 en 6 meses, son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 28 días (ya que se trabaja medio día los domingos), además 1 día equivale a las 24horas de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 4032\ h$

$TTR = 36\ h$

$i = 3$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{4032 - 36}{3} = 1332\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{36}{3} = \ 12\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{1332}{1332 + 12} * 100\%$$

$$D(t) = 99.10\%$$

4.3.1.4. Disponibilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208

Tabla 17
TTR y TEF iniciales del compresor ADEKOM KB2208

DATOS INICIALES DEL COMPRESOR ADEKOM KB2208					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	05/01/2020	1353	56.4	8	0.4
2	10/02/2020	848	35.4	12	0.7
3	30/04/2020	1908	79.5	12	0.5

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Compresor ADEKOM KB2208 en 6 meses, son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 28 días (ya que se trabaja medio día los domingos), además 1 día equivale a las 24horas de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 4032\ h$

$TTR = 32\ h$

$i = 3$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{4032 - 32}{3} = 4000\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{32}{3} = \ 10.7\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{4000}{4000 + 10.7} * 100\%$$

$$D(t) = 99.73\%$$

4.3.1.5. Disponibilidad inicial del compresor Sullair 3009

Tabla 18
TTR y TEF iniciales del compresor SULLAIR 3009

DATOS INICIALES DEL COMPRESOR SULLAIR 3009					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	25//01/2020	568	23.7	8	0.4
2	15/02/2020	494	20.6	10	0.5
3	19/03/2020	776	32.4	16	0.7
4	20/04/2020	756	31.5	12	0.5
5	13/05/2020	768	32	24	1
6	19/05/2020	136	5.7	8	0.4
7	21/06/2020	756	31.5	12	0.5

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Compresor Sullair 3009 en 6 meses, son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 28 días (ya que trabaja medio día los domingos), además 1 día equivale a 24h de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 4032\ h$

$TTR = 90\ h$

$i = 7$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{4032 - 90}{7} = 563.14\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{90}{7} = \ 12.86\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{563.14}{563.14 + 12.86} * 100\%$$

$$D(t) = 97.76\%$$

4.3.1.6. Disponibilidad inicial del compresor Sullair ES-8

Tabla 19
TTR y TEF iniciales del compresor SULLAIR ES-8

DATOS INICIALES DEL COMPRESOR SULLAIR ES-8					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
1	09/03/2020	1212	50.5	12	0.5
2	11/05/2020	1504	62.7	8	0.4
3	13/05/2020	42	1.8	6	0.3
4	27/06/2020	1040	43.4	16	0.7

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

Los datos obtenidos para el Compresor Sullair ES-8 son considerando un tiempo de operación para 1 mes equivalente a 28 días (ya que trabaja medio día los domingos), además 1 día equivale a 24h de operación en planta.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 4032\ h$

$TTR = 42$

$i = 4$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{4032 - 42}{4} = 997.5\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{42}{4} = \ 10.5\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{960}{960 + 10.5} * 100\%$$

$$D(t) = 98.96\%$$

4.3.2. Análisis de la Confiabilidad Inicial

Para el cálculo de este índice usaremos la ecuación (I) y equivalencias (I.I) y (I.II) mencionadas en el punto 2.7.1.

4.3.2.1. Confiabilidad inicial del chiller PIOVAN CA1922 S

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTBF = 960\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{960} = 0.001$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.001*4032}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 96.04\%$$

4.3.2.2. Confiabilidad inicial del chiller CH900 S

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 1872\ h$

$MTBF = 453\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{453} = 0.0022$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.0022*1872}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 95.97\%$$

4.3.2.3. Confiabilidad inicial del compresor Sullair LS100

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTBF = 1332\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1332} = 0.00075$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.00075*4032}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 97.02\%$$

4.3.2.4. Confiabilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTBF = 4000\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{4000} = 0.00025$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.00025*4032}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 98.99\%$$

4.3.2.5. Confiabilidad inicial del compresor Sullair 3009

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTBF = 563.14\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{563.14} = 0.00178$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.00178*4032}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 93.07\%$$

4.3.2.6. Confiabilidad de inicial del compresor Sullair ES-8

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTBF = 997.5\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{997.5} = 0.001$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-0.001*4032}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 96.04\%$$

4.3.3. Análisis de la Mantenibilidad Inicial

Para el cálculo de este índice usaremos la ecuación (II) y equivalencias (II.I) y (II.II) mencionadas en el punto 2.7.2.

4.3.3.1. Mantenibilidad inicial del chiller PIOVAN CA1922 S

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTTR = 48\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{48}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.00208*4032}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 56.82\%$$

4.3.3.2. Mantenibilidad inicial del chiller CH900 S

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 1872\ h$

$MTTR = 15\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{15} = 0.07$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.07*1872}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 71.29\%$$

4.3.3.3. Mantenibilidad inicial del compresor SULLAIR LS100

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTTR = 12\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{12} = 0.083$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.083*4032}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 96.52\%$$

4.3.3.4. Mantenibilidad inicial del compresor ADEKOM KB2208

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTTR = 10.7\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{10.7} = 0.093$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.093*4032}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 97.69\%$$

4.3.3.5. Mantenibilidad inicial del compresor SULLAIR 3009

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTTR = 12.86\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{12.86} = 0.078$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.078*4032}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 95.65\%$$

4.3.3.6. Mantenibilidad del compresor SULLAIR ES-8

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 4032\ h$

$MTTR = 10.5\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{10.5} = 0.095$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-0.095*4032}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 97.85\%$$

4.4. Resultados de los Indicadores Iniciales de Mantenimiento

Tabla 20
Indicadores iniciales de mantenimiento del chiller PIOVAN CA1922 S

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL CHILLER CA1922S	
DISPONIBILIDAD	95.23%
CONFIABILIDAD	96.04%
MANTENIBILIDAD	56.82%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 21
Indicadores iniciales de mantenimiento del chiller PIOVAN CH900 S

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL CHILLER CH900S	
DISPONIBILIDAD	96.79%
CONFIABILIDAD	95.97%
MANTENIBILIDAD	71.29%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 22
Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR LS100

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR LS100	
DISPONIBILIDAD	99.1%
CONFIABILIDAD	97.02%
MANTENIBILIDAD	96.52%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 23
Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor ADEKOM KB2208

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR ADEKOM	
DISPONIBILIDAD	99.73%
CONFIABILIDAD	98.99%
MANTENIBILIDAD	97.69%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 24
Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR SULLAIR 3009	
DISPONIBILIDAD	97.76%
CONFIABILIDAD	93.07%
MANTENIBILIDAD	95.65%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 25
Indicadores iniciales de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8

INDICADORES INICIALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR ES-8	
DISPONIBILIDAD	98.96%
CONFIABILIDAD	96.04%
MANTENIBILIDAD	97.85%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

4.5. Cálculo de los Índices de Mantenimiento Actuales

4.5.1. Cálculo de la Disponibilidad Final

Para el cálculo de la disponibilidad final se revisó el historial de mantenimiento de las máquinas mencionadas perteneciente a la empresa Atlántica S.R.L. desde el 1 de julio del

2020 hasta el 30 de noviembre del 2020, de esta manera obtener los valores TEF y TTR de cada una de ellas. Los valores se mostrarán en las siguientes tablas. De igual manera para el cálculo de este índice usaremos la ecuación (III) mencionada en el punto 2.7.3.

4.5.1.1. Disponibilidad final del chiller PIOVAN CA1922 S

Tabla 26
TTR y TEF finales del chiller PIOVAN CA1922 S

DATOS FINALES DEL CHILLER PIOVAN CA1922 S					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
5	05/08/2020	1328	55	16	0.7
6	10/10/2020	1572	66	12	0.5

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 3360\ h$

$TTR = 28\ h$

$i = 2$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{3360 - 28}{2} = 1666\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{28}{2} = \ 14\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{1666}{1666 + 14} * 100\%$$

$$D(t) = 99.17\%$$

4.5.1.2. Disponibilidad final del chiller PIOVAN CH900 S

Tabla 27
TTR y TEF finales del chiller PIOVAN CH900 S

DATOS FINALES DEL CHILLER PIOVAN CH900 S					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
5	04/11/2020	1920	162	12	2

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 1560\ h$

$TTR = 24\ h$

$i = 1$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{1560 - 12}{1} = 1548\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{12}{1} = \ 12\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{1548}{1548 + 12} * 100\%$$

$$D(t) = 99.23\%$$

4.5.1.3. Disponibilidad final del compresor SULLAIR LS100

Tabla 28
TTR y TEF finales del compresor SULLAIR LS100

DATOS FINALES DEL COMPRESOR SULLAIR LS100					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
4	15/10/2020	2824	118	8	0.4

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 3360\ h$

$TTR = 8\ h$

$i = 1$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{3360 - 8}{1} = 3352\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{8}{1} = \ 8\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{3352}{3352 + 8} * 100\%$$

$$D(t) = 99.76\%$$

4.5.1.4. Disponibilidad final del compresor ADEKOM KB2208

Tabla 29
TTR y TEF finales del compresor ADEKOM KB2208

DATOS FINALES DEL COMPRESOR ADEKOM KB2208					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
4	15/10/2020	4024	168	8	0.4

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 3360\ h$

$TTR = 8\ h$

$i = 1$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{3360 - 8}{1} = 3352\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{8}{1} = \ 8\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{3352}{3352 + 8} * 100\%$$

$$D(t) = 99.76\%$$

4.5.1.5. Disponibilidad final del compresor SULLAIR 3009

Tabla 30
TTR y TEF finales del compresor SULLAIR 3009

DATOS FINALES DEL COMPRESOR SULLAIR 3009					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
8	08/07/2020	400	17	8	0.4
9	01/11/2020	2776	116	8	0.4

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 3360\ h$

$TTR = 16\ h$

$i = 2$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{3360 - 16}{2} = 1672\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{16}{2} = \ 8\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{1672}{1672 + 8} * 100\%$$

$$D(t) = 99.52\%$$

4.5.1.6. Disponibilidad final del compresor SULLAIR ES-8

Tabla 31
TTR y TEF finales del compresor SULLAIR ES-8

DATOS FINALES DEL COMPRESOR SULLAIR ES-8					
N	FECHA	TEF (HORAS)	TEF (DIAS)	TTR (HORAS)	TTR (DIAS)
5	01/11/2020	3040	127	8	0.4

Fuente: Datos obtenidos del plan de mantenimiento de la empresa Atlántica S.R.L.

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{Tp_i - TTR_i}{i}$$

Donde:

$Tp = Tiempo\ de\ operación = 3360\ h$

$TTR = 8$

$i = 1$

Se calcula entonces el MTBF:

$$MTBF = \frac{\sum TEF}{i} = \frac{3360 - 8}{1} = 3352\ h$$

Y el MTTR:

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{i} = \frac{8}{1} = \ 8\ h$$

Reemplazando obtenemos:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D(t) = \frac{3352}{3352 + 8} * 100\%$$

$$D(t) = 99.76\%$$

4.5.2. Cálculo de Confiabilidad Final

De igual manera para el cálculo de este indicador usaremos la ecuación (I) y equivalencias (I.I) y (I.II) mencionadas en el punto 2.7.1.

4.5.2.1. Confiabilidad final del chiller CA1922 S

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTBF = 1666\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1666}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{1666}*3360}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 98\%$$

4.5.2.2. Confiabilidad final del chiller CH900 S

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 1560\ h$

$MTBF = 1548\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1548}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{1548}*1560}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 98.99\ \%$$

4.5.2.3. Confiabilidad final del compresor SULLAIR LS100

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTBF = 3352\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{3352}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{3352}*3360}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 99\ \%$$

4.5.2.4. Confiabilidad final del compresor ADEKOM KB2208

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTBF = 3352\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{3352}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{3352}*3360}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 99\ \%$$

4.5.2.5. Confiabilidad final del compresor SULLAIR 3009

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTBF = 1672\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1672}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{1672}*3360}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 98\ \%$$

4.5.2.6. Confiabilidad final del compresor SULLAIR ES-8

$$C(t) = e^{\frac{-\lambda t}{100}} * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTBF = 3352\ h$

$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{3352}$

Reemplazando:

$$C(t) = e^{\frac{-\frac{1}{3352}*3360}{100}} * 100\%$$

$$C(t) = 99\ \%$$

4.5.3. Cálculo de la Mantenibilidad Final

Con el mismo procedimiento para el cálculo de este indicador se utiliza la ecuación (II) y equivalencias (II.I) y (II.II) mencionadas en el punto 2.7.2.

4.5.3.1. Mantenibilidad final del chiller PIOVAN CA1922 S

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTTR = 14\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{14}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{14}*3360}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 90.92\ \%$$

4.5.3.2. Mantenibilidad final del chiller PIOVAN CH900 S

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 1560\ h$

$MTTR = 12\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{12}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{12}*1560}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 72.74\ \%$$

4.5.3.3. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR LS100

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTTR = 8\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{8}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{8}*3360}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 98.5\ \%$$

4.5.3.4. Mantenibilidad final del compresor ADEKOM KB2208

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTTR = 8\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{8}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{8}*3360}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 98.50\ \%$$

4.5.3.5. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR 3009

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTTR = 8\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{8}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{8}*3360}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 98.50\ \%$$

4.5.3.6. Mantenibilidad final del compresor SULLAIR ES-8

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\mu t}{100}}) * 100\%$$

Donde:

$Tp = 3360\ h$

$MTTR = 8\ h$

$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{8}$

Reemplazando:

$$M(t) = (1 - e^{\frac{-\frac{1}{8}*3360}{100}}) * 100\%$$

$$M(t) = 98.50\ \%$$

4.6. Resultado de los Indicadores Finales de Mantenimiento

Tabla 32
Indicadores finales de mantenimiento del chiller PIOVAN CA1922 S

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL CHILLER CA1922 S	
DISPONIBILIDAD	99.17 %
CONFIABILIDAD	98 %
MANTENIBILIDAD	90.92 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 33
Indicadores finales de mantenimiento del chiller CH900 S

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL CHILLER CH900S	
DISPONIBILIDAD	99.23 %
CONFIABILIDAD	98.99 %
MANTENIBILIDAD	72.74 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 34
Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR LS100

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR LS100	
DISPONIBILIDAD	99.76 %
CONFIABILIDAD	99.00 %
MANTENIBILIDAD	98.50 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 35
Indicadores finales de mantenimiento del compresor ADEKOM KB2208

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR ADEKOM	
DISPONIBILIDAD	99.76 %
CONFIABILIDAD	99.00 %
MANTENIBILIDAD	98.50 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 36
Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR SULLAIR 3009	
DISPONIBILIDAD	99.76 %
CONFIABILIDAD	98.00 %
MANTENIBILIDAD	98.50 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 37
Indicadores finales de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8

INDICADORES FINALES DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR ES-8	
DISPONIBILIDAD	99.76 %
CONFIABILIDAD	99.00 %
MANTENIBILIDAD	98.5 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

4.7. Comparación Entre los Indicadores de Mantenimiento

Tabla 38
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del chiller CA1922 S

CHILLER PIOVAN CA1922 S		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	95.23%	99.17 %
CONFIABILIDAD	96.04%	98 %
MANTENIBILIDAD	56.82%	90.92 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 39
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del chiller CH900 S

CHILLER PIOVAN CH900 S		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	96.79%	98.46 %
CONFIABILIDAD	95.97%	98.98 %
MANTENIBILIDAD	71.29%	47.79 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 40
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor LS100

COMPRESOR SULLAIR LS100		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	99.1%	99.76 %
CONFIABILIDAD	97.02%	99 %
MANTENIBILIDAD	96.52%	98.5 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 41
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor KB2208

COMPRESOR ADEKOM KB2208		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	99.73%	99.76 %
CONFIABILIDAD	98.99%	99 %
MANTENIBILIDAD	97.69%	98.5 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 42
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009

COMPRESOR SULLAIR 3009		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	97.76%	99.52 %
CONFIABILIDAD	93.07%	98 %
MANTENIBILIDAD	95.65%	98.5 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

Tabla 43
Comparación de resultados de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8

COMPRESOR SULLAIR ES-8		
INDICES	INICIALES	FINALES
DISPONIBILIDAD	98.96%	99.76 %
CONFIABILIDAD	96.04%	99 %
MANTENIBILIDAD	97.85%	98.5 %

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos de los cálculos realizados

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados en Tablas

5.1.1. Hojas de Información

5.1.1.1. Hoja de Trabajo de Información del Chiller CA1922 S

Tabla 44
Hoja de trabajo de información del chiller PIOVAN CA1922 S

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	01 de 06
EQUIPO:		CHILLER CA1922 S		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
1	Enfriar el agua caliente entrante	A	El manómetro de presión alta baja dejó de enfriar	1	Intercambiador de calor de placas roto	A	Refrigerante se mezcla con agua en el filtro de secado. Se requirió contactar al proveedor y comprar un nuevo intercambiador de calor.
						B	Compresor interno dañado debido a la mezcla de aceite con agua. Se requirió contactar al proveedor y comprar un compresor nuevo.
2	Condensar el gas refrigerante de fase	A	Se detectó fuga de gas refrigerante R-407C	1	Tubería de bronce con rotura	A	Falla en el condensador, se observó baja presión en el manómetro. Se requirió contratar técnicos externos para la soldadura de las tuberías.
3	Enviar el agua fría a las máquinas suministrables	A	Guardamotor reseteado no respondía	1	Recalentamiento del bobinado	A	Ohmniaje de bobinado desfasado, diferente lectura en cada línea. Se requirió enviar el motor a ser nuevamente embobinado.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.1.2. Hoja de Trabajo de Información del Chiller CH900S

Tabla 45
Hoja de trabajo de información del chiller PIOVAN CH900 S

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	02 de 06
EQUIPO:		CHILLER PIOVAN CH900 S		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
4	Detectar el flujo de agua suministrable	A	Falta de agua	1	Interruptor de flujo desenclavado	A	Desactiva el mando de la bomba de agua. Se reseteó el interruptor de flujo.
5	Enfriar el refrigerante	A	Atascamiento del rotor	1	Ventilador averiado	A	Baja temperatura de salida de agua. Cambio de rodamientos al ventilador
6	Mantener a nivel el agua en el tanque	A	Rotura de válvula	1	Nivel de agua muy por encima de lo normal	A	Desbordamiento de agua. Contacto con el proveedor de repuestos y cambio de válvula.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.1.3. Hoja de Trabajo de Información del Compresor LS100

Tabla 46
Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR LS100

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	03 de 06
EQUIPO:		COMPRESOR SULLAIR LS100		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
7	Filtración de la suciedad para dejar pasar aire al 100% al tanque pulmón	A	Manómetro de presión marca rojo	1	Filtro de aire demasiado obstruido con suciedad	A	Unidad compresora defectuosa. Contacto con el proveedor y compra de unidad compresora. Contrato de técnico externo.
8	Mantener la unidad compresora refrigerada	A	Temperatura alta	1	Rejilla del radiador obstruida	A	Unidad compresora causaba temperatura alta. Contrato de técnico externo para lavado de radiador.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.1.4. Hoja de Trabajo de Información del Compresor ADEKOM KB2208

Tabla 47
Hoja de trabajo de información del compresor ADEKOM KB2208

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	04 de 06
EQUIPO:		COMPRESOR ADEKOM KB2208		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
9	Rotación de la polea de la unidad compresora	A	Ruido en el momento del arranque del motor	1	Presencia de faja desgastada	A	Funcionamiento de la unidad compresora con el defecto de la demora de carga de aire. Contacto con el proveedor de repuestos, reemplazo de faja.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.1.5. Hoja de Trabajo de Información del Compresor Sullair 3009

Tabla 48
Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR 3009

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	05 de 06
EQUIPO:		COMPRESOR SULLAIR 3009		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
10	Mantiene baja la presión y minimiza el arrastre de aceite	A	Sobrecarga de consumo de aire	1	Filtro separador de aceite averiado	A	Sobrecalentamiento del compresor por falta de aceite. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio del filtro separador de aceite.
11	Intercambiar el calor del aire	A	Ambiente con exceso de polvo	1	Radiador obstruido	A	Sobrecalentamiento del compresor. Contrato de técnico externo para limpieza y lavado del radiador
12	Tratamiento del aire comprimido	A	Presión del aire demasiado baja	1	Filtro de aire saturado	A	Suministraba aire caliente. Contacto con el proveedor de repuesto, cambio de filtro de línea.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.1.6. Hoja de Trabajo de Información del Compresor Sullair ES-8

Tabla 49
Hoja de trabajo de información del compresor SULLAIR ES-8

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC						HOJA N°:	06 de 06
EQUIPO:		COMPRESOR SULLAIR ES-8		FACILITADO POR:	MICK ANTHONY R. VÁSQUEZ SALAS	FECHA INICIAL:	01/01/2020
				REVISADO POR:	JEFATURA DE MANTENIMIENTO	FECHA FINAL:	31/06/2020
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
13	Separación del aceite y mantener baja la presión	A	Tiempo de vida útil concluido	1	Filtro separador de aceite averiado	A	Sobrecalentamiento del compresor. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio del filtro de aceite.
14	Control del flujo de líquidos	A	Exceso de humedad en la válvula solenoide	1	Válvula solenoide averiada	A	Permitía el flujo de líquidos a la línea de trabajo. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio de la solenoide.

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2. Hojas de Decisiones

5.1.2.1. Hoja de Decisión del Chiller CA1922 S

Tabla 50
Hoja de decisión MCC del chiller CA1922 S

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				01 de 06				CHILLER PIOVAN CA1922 S						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
1	A	1	A	N				S						Inspección del intercambiador de calor y compresores de tornillo	3 meses	Técnico supervisor del área de extrusión
2	A	1	A	N				S						Recarga de gas refrigerante	Anual	Técnico supervisor del área de extrusión
3	A	1	A	N				S						Mantenimiento a la motobomba	6 meses	Técnico supervisor del área de extrusión

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2.2. Hoja de Decisión del Chiller CH900 S

Tabla 51
Hoja de decisión MCC del chiller CH900 S

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				02 de 06				CHILLER PIOVAN CH900 S						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
4	A	1	A	N				S						REVISAR NIVEL DE AGUA	CADA 15 DIAS	Técnico supervisor del área de acabados.
5	A	1	A	N				N	S					CAMBIO DE RODAMIENTOS	CADA 6 MESES	Técnico supervisor del área de acabados
6	A	1	A	N				N	S					CAMBIO DE VÁLVULA	CADA 8 MESES	Técnico supervisor del área de acabados

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2.3. Hoja de Decisión del Compresor LS100

Tabla 52
Hoja de decisión MCC del compresor SULLAIR LS100

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				03 de 06				COMPRESOR SULLAIR LS100						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
7	A	1	A	N				N	N	S				Mantenimiento a la unidad compresora	Anual	Técnico supervisor del área de extrusión
8	A	1	A	N				N	S					Lavado y limpieza total del radiador	4 meses	Técnico supervisor del área de extrusión

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2.4. Hoja de Decisión del Compresor ADEKOM KB2208

Tabla 53
Hoja de decisión del compresor ADEKOM KB2208

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				04 de 06				COMPRESOR ADEKOM KB2208						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
9	A	1	A	N				S						Inspección del sistema de fajas	3 meses	Técnico supervisor del área de extrusión

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2.5. Hoja de Decisión del Compresor Sullair 3009

Tabla 54
Hoja de decisión del compresor SULLAIR 3009

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				05 de 06				COMPRESOR SULLAIR 3009						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
10	A	1	A	N				N	N	S				CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE	CADA 5000 HORAS DE TRABAJO	Técnico supervisor del área de acabados
11	A	1	A	N				N	S					DESPULVERIZACIÓN DEL RADIADOR	CADA 6 MESES DE TRABAJO	Técnico supervisor del área de acabados
12	A	1	A	N				N	N	S				CAMBIO DEL FILTRO DE LÍNEA	CADA 1 AÑO DE TRABAJO	Técnico supervisor del área de acabados

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.2.6. Hoja de Decisión del Compresor ES-8

Tabla 55
Hoja de decisión del compresor SULLAIR ES-8

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
				06 de 06				COMPRESOR SULLAIR ES-8						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA RECOMENDADA	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						
13	A	1	A	N				N	N	S				CAMBIO DEL FILTRO DE ACEITE	CADA 6000 HORAS DE TRABAJO	Técnico supervisor del área de acabados
14	A	1	A	N				N	S					CAMBIO DE LA SOLENOIDE	CADA 4000 HORAS DE TRABAJO	Técnico supervisor del área de acabados

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3. Hoja de Información del Índice de Prioridad de Riesgo

5.1.3.1. Hoja de Información del IPR del Chiller CA1922 S

Tabla 56
Hoja de información del IPR del chiller PIOVAN CA1922 S

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	CHILLER PIOVAN CA1922 S	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:			01 de 06	
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
1.A.1	Refrigerante se mezcla con agua en el filtro de secado. Se requirió contactar al proveedor y comprar un nuevo intercambiador de calor.	Mantenimiento Predictivo		10	2	8	160	INACEPTABLE
	Por recomendación del proveedor se requirió comprar un compresor nuevo debido a que también se dañó el existente.	Mantenimiento Predictivo		10	2	8	160	INACEPTABLE
2.A.1	Falla en el condensador, se observó baja presión en el manómetro. Se requirió contratar técnicos externos para la soldadura de las tuberías.	Mantenimiento Preventivo		8	8	9	576	INACEPTABLE
3.A.1	Ohmniaje de bobinado desfasado, diferente lectura en cada línea. Se requirió enviar el motor a ser nuevamente embobinado.	Mantenimiento Preventivo		9	8	5	360	INACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3.2. Hoja de Información del IPR del Chiller CH900 S

Tabla 57
Hoja de información del IPR del chiller PIOVAN CH900 S

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	CHILLER PIOVAN CH900 S	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:		02 de 06		
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:		VASQUEZ SALAS MICK A.		
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
4.A.1	Desactiva el mando de la bomba de agua. Se reseteó el interruptor de flujo.	Mantenimiento Predictivo		8	7	8	448	INACEPTABLE
5.A.1	Baja temperatura de salida de agua. Cambio de rodamientos al ventilador	Mantenimiento Preventivo		8	7	2	112	REDUCCIÓN DESEABLE
6.A.1	Desbordamiento de agua. Contacto con el proveedor de repuestos y cambio de válvula.	Mantenimiento Preventivo		2	6	4	48	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3.3. Hoja de Información del IPR del Compresor LS100

Tabla 58
Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR LS100

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	COMPRESOR SULLAIR LS100	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:			03 de 06	
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
7.A.1	Unidad compresora defectuosa. Contacto con el proveedor y compra de unidad compresora. Contrato de técnico externo.	Mantenimiento Preventivo		8	4	5	160	INACEPTABLE
8.A.1	Unidad compresora causaba temperatura alta. Contrato de técnico externo para lavado de radiador.	Mantenimiento Preventivo		6	2	3	36	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3.4. Hoja De Información del IPR del Compresor KB2208

Tabla 59
Hoja de información del IPR del compresor ADEKOM KB2208

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	COMPRESOR ADEKOM KB2208	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:			04 de 06	
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
9.A.1	Funcionamiento de la unidad compresora con el defecto de la demora de carga de aire. Contacto con el proveedor de repuestos, reemplazo de faja.	Mantenimiento Predictivo		7	6	5	210	INACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3.5. Hoja de Información del IPR del Compresor Sullair 3009

Tabla 60
Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR 3009

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	COMPRESOR SULLAIR 3009	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:			05 de 06	
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
10.A.1	Sobrecalentamiento del compresor por falta de aceite. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio del filtro separador de aceite.	Mantenimiento preventivo		9	8	4	288	INACEPTABLE
11.A.1	Sobrecalentamiento del compresor. Contrato de técnico externo para limpieza y lavado del radiador	Mantenimiento preventivo		5	6	3	90	ACEPTABLE
12.A.1	Suministraba aire caliente. Contacto con el proveedor de repuesto, cambio de filtro de línea.	Mantenimiento preventivo		7	5	3	105	REDUCCIÓN DESEABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.3.6. Hoja de Información del IPR del Compresor ES-8

Tabla 61
Hoja de información del IPR del compresor SULLAIR ES-8

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	COMPRESOR SULLAIR ES-8	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:			06 de 06	
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN
13.A.1	Sobrecalentamiento del compresor. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio del filtro de aceite.	Mantenimiento preventivo		9	8	4	288	INACEPTABLE
14.A.1	Permitía el flujo de líquidos a la línea de trabajo. Contacto con el proveedor de repuestos, cambio de la solenoide.	Mantenimiento preventivo		6	2	1	12	ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia con ayuda del técnico encargados del área

5.1.4. Inversión del MCC

5.1.4.1. Inversión antes del MCC para el Chiller PIOVAN CA1922 S

Tabla 62
Inversión antes del MCC para el chiller PIOVAN CA1922 S

CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 2DO MES	COSTO 4TO MES	COSTO 6TO MES	TOTAL
Intercambiador de calor de placas roto	Compra de un intercambiador de calor de placas nuevo, importado desde el proveedor brasileño.	S/ 22,591.91			
	Compra de un compresor nuevo del chiller.	S/ 22,931.48			
Tubería de bronce con rotura	Soldadura de la tubería con material especial.		S/ 1,300.00		
Recalentamiento del bobinado	Envío del motor a ser nuevamente embobinado.			S/ 1,600.00	
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 45,523.39	S/ 1,300.00	S/ 1,600.00	S/ 48,423.39

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.2. Inversión antes del MCC para Chiller PIOVAN CH900 S

Tabla 63
Inversión antes del MCC para el chiller PIOVAN CH900 S

CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 1ER MES	COSTO 3ER MES	COSTO 4TO MES	TOTAL
Interruptor de flujo desenclavado	Lavado de tina con soda cáustica y llenado con agua	S/ 60.00			
Ventilador averiado	Compra de rodamientos y limpieza de ventilador.		S/ 150.00		
Nivel de agua muy por encima de lo normal	Compra de válvula solenoide nueva.			S/ 320.00	
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 60.00	S/ 150.00	S/ 320.00	S/ 530.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.3. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR LS100

Tabla 64
Inversión antes del MCC para el compresor SULLAIR LS100

CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 2DO MES	COSTO 4TO MES	TOTAL
Filtro de aire demasiado obstruido con suciedad	Compra de filtro de aire.		S/ 270.00	
Rejilla del radiador obstruida	Contrato de técnico externo para lavado y limpieza de radiador.	S/ 150.00		
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 150.00	S/ 270.00	S/ 420.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.4. Inversión antes del MCC para el Compresor ADEKOM KB2208

Tabla 65
Inversión *del MCC para el compresor ADEKOM KB2208*

CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 1ER MES	COSTO 4TO MES	TOTAL
Presencia de faja desgastada	Comprar 3 fajas nuevas.	S/ 66.00	S/ 66.00	
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 66.00	S/ 66.00	S/ 132.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.5. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR 3009

Tabla 66
Inversión del MCC para el compresor SULLAIR 3009

DESCRIPCIÓN Y COSTO DE REPARACIÓN POR FALLA DEL COMPRESOR SULLAIR 3009							
CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 1ER MES	COSTO 2DO MES	COSTO 3ER MES	COSTO 5TO MES	COSTO 6TO MES	TOTAL
Filtro separador de aceite averiado	Compra de filtro separador de aceite nuevo	S/ 1,390.00		S/ 1,390.00			
	Compra de un secador de aire refrigerado nuevo.				S/ 21,707.25		
Radiador obstruido	Contrato de técnico externo para limpieza y lavado del radiador.		S/ 150.00				
Filtro de aire saturado	Compra de filtro de aire.			S/ 244.00		S/ 244.00	
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 1,390.00	S/ 150.00	S/ 1,634.00	S/ 21,707.25	S/ 244.00	S/ 25,125.25

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.6. Inversión antes del MCC para el Compresor SULLAIR ES-8

Tabla 67
Inversión del compresor SULLAIR ES-8

CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLO	REQUERIMIENTO	COSTO 3ER MES	COSTO 5TO MES	TOTAL
Filtro separador de aceite averiado	Compra de filtro separador.	S/ 1,485.60		
Válvula solenoide averiada	Compra de válvula solenoide nueva.		S/ 320.00	
COSTO DE REPARACIÓN TOTAL POR EL EQUIPO	TOTAL, EN SOLES	S/ 1,485.60	S/ 320.00	S/ 1,805.60

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.7. Inversión total antes del MCC

Tabla 68
Inversión total antes del MCC

COSTO TOTAL PARA REPARAR LOS MODOS DE FALLA ANTES DEL MCC							
EQUIPO	COSTO 1ER MES	COSTO 2DO MES	COSTO 3ER MES	COSTO 4TO MES	COSTO 5TO MES	COSTO 6TO MES	TOTAL
CA1922 S		S/ 45,523.39		S/ 1,300.00		S/ 1,600.00	
CH900 S	S/ 60.00		S/ 150.00	S/ 320.00			
LS100		S/ 150.00		S/ 270.00			
KB2208				S/ 132.00			
3009	S/ 1,390.00	S/ 150.00	S/ 1,634.00		S/ 21,707.25	S/ 244.00	
ES-8			S/ 1,485.60		S/ 320.00		
TOTAL, PARCIAL	S/ 1,450.00	S/ 45,823.39	S/ 3,269.60	S/ 2,022.00	S/ 22,027.25	S/ 1,844.00	S/ 76,436.24

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.8. Inversión total después del MCC

Tabla 69
Inversión Total luego del MCC

EQUIPO	COSTO 8VO MES	COSTO 10MO MES	COSTO 11VO MES	TOTAL
CA1922 S	S/ 2,160.00	S/ 250.00		
CH900 S			S/ 320.00	
LS100		S/ 270.00		
KB2208		S/ 66.00		
3009	S/ 150.00		S/ 244.00	
ES-8			S/ 320.00	
TOTAL, PARCIAL	S/ 2,310.00	S/ 586.00	S/ 844.00	S/ 3,740.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.4.9. Evaluación económica y vida útil de los equipos y componentes

- Chiller CA1922S:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 48,423.39. El tiempo de vida útil de los elementos que quedaron inutilizables y precisaron cambio fue de 4 años. Mientras que la vida útil del chiller con sus correctos mantenimientos son de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor PIOVAN GROUP.
    - La suma de costos al finalizar el segundo periodo de estudio fue de S/ 2,410.
    - El costo en 11 años de vida útil más, aplicando el MCC ascendería a S/ 53,020.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que antes se tenía el gasto aumenta hasta 1,065,314.58 considerando que los gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 1,012,294.58 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.
- Chiller CH900S:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 530.00. La vida útil del equipo es de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor PIOVAN GROUP.
    - La suma de costos al concluir el segundo periodo de estudio fue de S/ 320.00.
    - El costo en 11 años de vida útil más, aplicando el MCC ascendería a S/ 7,040.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que

antes se tenía el gasto aumenta hasta 11,660.00 considerando que los gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 4,620.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

- Compresor LS100:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 420.00. La vida útil del equipo es de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor SULLAIR.
    - La suma de costos al concluir el segundo periodo de estudio fue de S/ 270.00.
    - El costo en 8 años de vida útil más, aplicando el MCC ascendería a S/ 4,320.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que antes se tenía el gasto aumenta hasta S/ 6,720.00 considerando que los gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 2,400.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.
- Compresor KB2208:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 132.00. La vida útil del equipo es de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor ADEKOM KOMPRESSOREN.
    - La suma de costos al concluir el segundo periodo de estudio fue de S/ 66.00.
    - El costo en 11 años de vida útil más, aplicando el MCC asciende a S/ 1,452.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que antes se tenía el gasto aumenta hasta S/ 2,904.00 considerando que los

gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 1,452.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

- Compresor Sullair 3009:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 26,046.95. El tiempo de vida útil de los elementos que quedaron inutilizables y precisaron cambio fue de 3 años. Mientras que la vida útil del equipo es de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor SULLAIR.
    - La suma de costos al concluir el segundo periodo de estudio fue de S/ 394.00.
    - El costo en 12 años de vida útil más, aplicando el MCC ascendería a S/ 9,456.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que antes se tenía el gasto aumenta hasta 625,126.80 considerando que los gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 615,670.80 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.
- Compresor Es-8:
    - La suma de costos al finalizar el primer periodo de estudio fue de S/ 1,715.05. La vida útil del equipo es de 15 años según los datos técnicos de la máquina dados por el proveedor SULLAIR.
    - La suma de costos al concluir el segundo periodo de estudio fue de S/ 320.00.
    - El costo en 8 años de vida útil más, aplicando el MCC ascendería a S/ 5,120.00 mientras que manteniendo el mantenimiento y cuidado que

antes se tenía el gasto aumenta hasta 27,440.80 considerando que los gastos fueron calculados para 6 meses. Generando así un ahorro de S/ 22,320.80 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

5.2. Discusión de Resultados

Analizando los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, se ratificó que el método MCC sí influyó en el indicador de disponibilidad y también para los demás índices de mantenimiento, aunque la mayor influencia se dio en el beneficio de los costos y paradas no programadas para la empresa Atlántica S.R.L.

Gracias al MCC planteado, la empresa se beneficia mayormente en los aspectos económicos, con un ahorro de S/ 72,696.24 en repuestos para mantenimiento y además en términos de producción, el número y tiempo de paradas no programadas disminuyó considerablemente. El área de mantenimiento disminuyó gastos y se estima que se mantenga así debido al alargue de vida útil de los equipos, además del correcto control de mantenimiento que se llevará de los componentes nuevos con la actualización del plan de mantenimiento preventivo que se realizó para cada máquina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

a) Habiendo aplicado el AMFE (Análisis Modal de Fallas y Efectos) y calculando los índices de mantenimiento iniciales y finales se logró elaborar un óptimo plan de mantenimiento para cada máquina debido a que se registraron funciones de los equipos en 6 hojas de información, habiendo sido encontrados 14 modos de falla y sus respectivos efectos.

b) Estimando los indicadores actuales de mantenimiento se logró evidenciar el ligero aumento de estos luego del MCC (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad), gracias a que los indicadores iniciales ya poseían un porcentaje alto debido al trabajo del departamento de mantenimiento de la empresa, además de un ahorro significativo con respecto a los mantenimientos por realizar.

c) El incremento de los indicadores de mantenimiento del chiller PIOVAN CA1922 S fue de un 3.94% de disponibilidad, 1.96% de confiabilidad y de 34.1% de mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 1,012,294.58 si se lleva un correcto control de mantenimiento.

   El incremento de los indicadores de mantenimiento del chiller PIOVAN CH900 S fue de un 1.67% de disponibilidad, 3.01% de confiabilidad y 1.45% de mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 4,620.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

   El incremento de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR LS100 fue de un 0.66% de disponibilidad, 1.98% de confiabilidad y 1.98% de

mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 2,400.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

El incremento de los indicadores de mantenimiento del compresor ADEKOM KB2208 fue de un 0.03% de disponibilidad, 0.01% de confiabilidad y 0.81% de mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 1,452.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

El incremento de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR 3009 fue de un 1.76% de disponibilidad, 4.93% de confiabilidad y 2.85% de mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 615,670.80 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

El incremento de los indicadores de mantenimiento del compresor SULLAIR ES-8 fue de un 0.8% de disponibilidad, 2.96% de confiabilidad y 0.65% de mantenibilidad, junto a un ahorro de S/ 22,320.00 si se lleva un correcto control de su mantenimiento.

d) Acorde al análisis de criticidad total por riesgo, los modos de falla críticos según IPR, se clasificaron de la siguiente manera:
   - 9 modos de falla inaceptables (60%)
   - 2 modos de falla con reducción deseable (13%)
   - 4 modos de falla aceptable (27%)

e) Se realizaron hojas de decisión con respecto a los modos de falla encontrados, en las que se describen tareas que colaboran con disminuir la repetición de cada falla descrita o incluso evitarla totalmente, que sería lo ideal.

f) La suma de costos totales de mantenimiento antes del MCC fue un total de S/ 76,436.24 para los 02 chillers y 04 compresores, sin embargo, la suma de costos totales después de aplicar el MCC ascendió a solo S/ 3,740.00, lo que genera una gran diferencia de costos, dando como resultado luego de hacer los cálculos, un ahorro de S/ 72,696.24 en solo 6 meses de evaluación.

g) Se elaboró un mejor plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los chillers y compresores de la empresa Atlántica S.R.L.

Recomendaciones

a) Se debe llevar un mejor registro técnico de todos los equipos en general de la planta, para así poder aplicar un MCC a las demás áreas creando un impacto general positivo.

b) Mantener el seguimiento de los indicadores de los equipos con la meta de continuar mejorando el plan de mantenimiento.

c) Capacitar continuamente al personal técnico en tareas de mantenimiento para el área de refrigeración con la finalidad de evitar costos extras por contrataciones de técnicos ajenos a la empresa.

d) Mejorar la comunicación con los fabricantes de los equipos con el objetivo de disminuir pérdidas de tiempo en envío de repuestos.

e) Llevar a cabo el nuevo plan basado en la metodología MCC que conlleva tareas nuevas agregadas al plan de mantenimiento predictivo y preventivo de cada chiller y compresor de planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arata, A. (2009). *Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales.* Santiago de Chile: RiL editores. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=4ahVVXPe-nUC&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Arias, F., & Pedraza, I. (2017). *Diseño de una Propuesta de Mantenimiento para los Equipos del Sistema de Climatización del Instituto Nacional de Metrología Basado en la Metodlogía RCM II [Trabajo de Tesis, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].* Bogotá D.C. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co

Barragán, M. (2016). *Diseño de la Estrategia Basada en Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Activos Físicos Críticos De Refinería Shushufindi [Proyecto de Magister, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].* Riobamba. Obtenido de https://dspace.espoch.edu.ec

Bernal, C. (2010). *Metodología de la Investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* Bogotá D.C.: PEARSON EDUCACIÓN.

Concha, A., & Oyarce, P. (2017). *Elaboración de Plan de Mantenimiento Frigorífico Fiordosur [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María].* Viña del Mar. Obtenido de https://repositorio.usm.cl

Gandur, F. (2017). *Adaptación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en un sistema critico de aire acondicionado de la Clínica Universitaria Bolivariana (CUB) [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana].* Medellín. Obtenido de https://repository.upb.edu.co

Iguago, D. (2013). *Elaboración de Plan de Mantenimiento Preventivo de los Compresores SIERRA 300 e IR 150 [Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional].* Quito. Obtenido de https://1library.co

Kerlinger, F., & Lee, H. (2002). *Investigación del comportamiento.* California.

Moreno, E. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) al compresor estacionario de tornillo de una etapa de la empresa metalmecánica FAMECA SAC [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Trujillo].* Trujillo. Obtenido de https://dspace.unitru.edu.pe

Raffo, J. (2016). *Propuesta de Estrategia de Mantenimiento para Sistemas de Aire Acondicionado de Alta Criticidad Mediante Aplicación de Metodología RCM en el Marco de una Política de Confiabilidad Operacional [Tesis de Titulación, Universidad Técnica Federico Santa María].* Santiago de Chile. Obtenido de https://repositorio.usm.cl

Salazar, J. (2019). *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para incrementar la disponibilidad de los tractocamiones Freightliner de la empresa Transportes Pakatnamu SAC [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].* Lambayeque. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/

Vergara, R. (2014). *La estadística en el mantenimiento y reemplazo óptimo en el control de calidad [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana].* México D.F. Obtenido de http://mat.izt.uam.mx/mat/

ANEXOS

ANEXO 1: HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACIÓN MCC				HOJA N°:	
EQUIPO:		FACILITADO POR:		FECHA INICIAL:	
		REVISADO POR:		FECHA FINAL:	

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	

ANEXO 2: HOJA DE DECISIÓN MCC

HOJA DE DECISIÓN MCC				HOJA N°				EQUIPO						FACILITADO POR	FECHA INICIAL	FECHA FINAL
								COMPRESOR SULLAIR 3009						VÁSQUEZ SALAS MICK A.	01/01/2020	30/06/2020
REFERENCIA DE INFORMACIÓN				EVALUACIÓN DE LA CONSECUENCIA				H1	H2	H3	ACCIÓN A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR
								S1	S2	S3						
F	FF	MF	EF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6			
								N1	N2	N3						

ANEXO 3: HOJA DE INFORMACIÓN DE ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO

HOJA DE INFORMACIÓN ÍNDICE DE PRIORIDAD DE RIESGO								
EQUIPO:	COMPRESOR SULLAIR LS100	FECHA INICIAL:	01/01/2020	HOJA NRO:				
		FECHA FINAL:	30/06/2020	FACILITADOR:			VASQUEZ SALAS MICK A.	
MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLO	CONTROL ACTUAL		RESULTADOS				
				G	O	D	IPR	CLASIFICACIÓN

ANEXO 4: CUADROS DE PUNTAJES PARA EL CÁLCULO DEL IPR

GRAVEDAD	
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, falla inminente	4-5
Media, falla pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

OCURRENCIA	
1 falla en más de dos años	1
1 falla cada dos años	2-3
1 falla cada año	4-5
1 falla entre seis meses y un año	6-7
1 falla entre uno y seis meses	8-9
1 falla al mes	10

DETECCIÓN (Dificultad de detección)	
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

ANEXO 5: SISTEMAS Y COMPONENTES REPRESENTATIVOS DE LOS CHILLERS Y COMPRESORES

- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL CHILLER CA1922

TABLERO ELÉCTRICO

COMPRESOR INTERNO

FILTRO SECADOR

EVAPORADOR

MOTOBOMBA

TINA O BAÑERA

CONDENSADOR

FILTRO DE SALIDA Y ENTRADA DE AGUA

VENTILADORES

- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL CHILLER CH900 S

TABLERO ELÉCTRICO

COMPRESOR

MOTOBOMBA

EVAPORADOR

TINA O BAÑERA

CONDENSADOR

FILTROS DE SALIDA Y ENTRADA DE AGUA

VENTILADORES

- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL COMPRESOR ADEKOM

TABLERO ELÉCTRICO

MOTOR

TANQUE DE AIRE

RADIADOR

TANQUE SEPARADOR DE AIRE/ACEITE

FILTRO DE AIRE

FILTRO DE ACEITE

- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL COMPRESOR SULLAIR LS100

TABLERO ELÉCTRICO

MOTOR

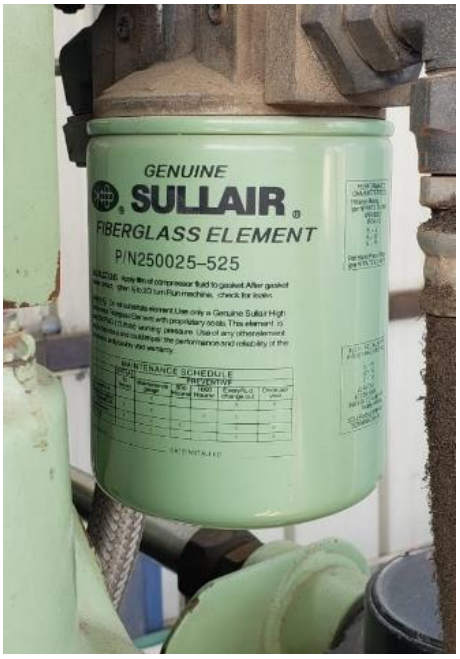
TANQUE DE AIRE

RADIADOR

TANQUE SEPARADOR DE ACEITE

FILTRO DE AIRE

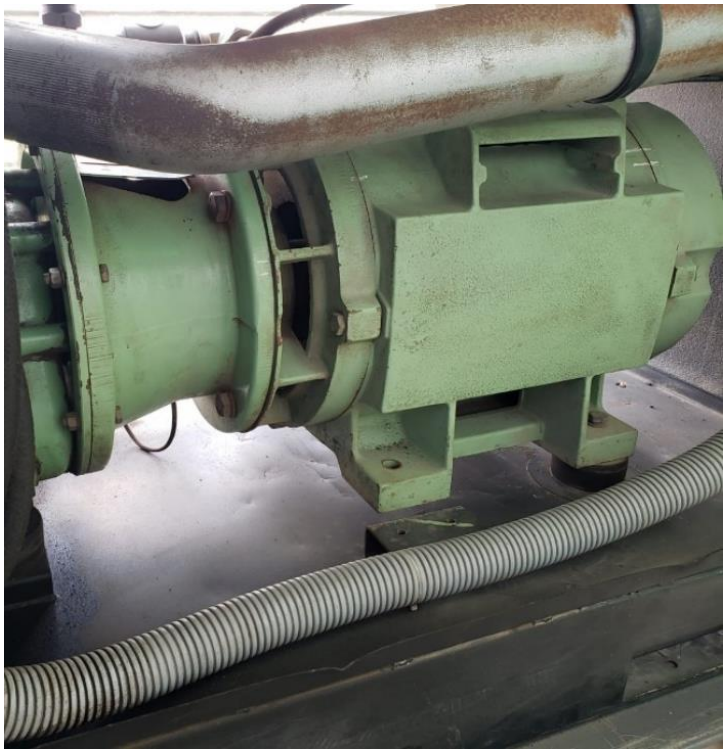
FILTRO DE ACEITE



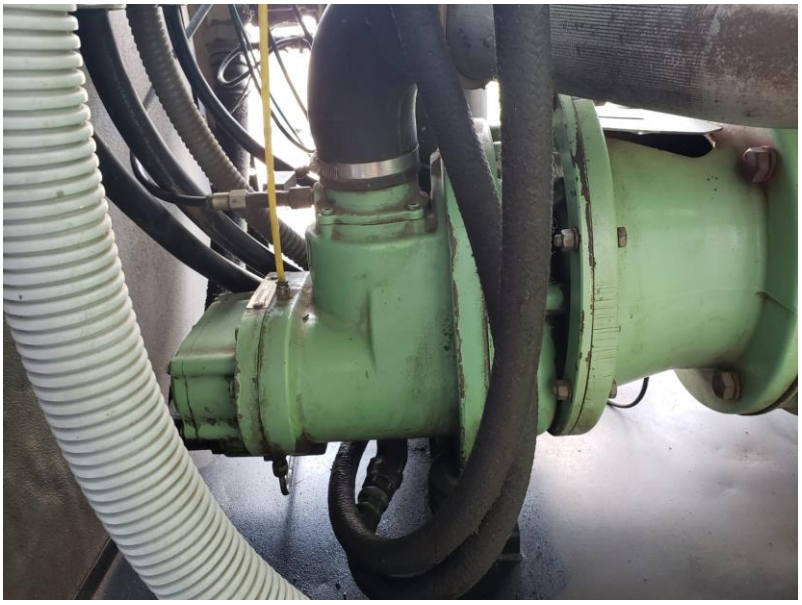
- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL COMPRESOR SULLAIR 3009

TABLERO ELÉCTRICO

MOTOR PRINCIPAL



UNIDAD COMPRESORA



TANQUE DE AIRE

RADIADOR

TANQUE SEPARADOR DE AIRE/ACEITE

FILTRO DE AIRE

FILTRO DE ACEITE

- COMPONENTES REPRESENTATIVOS DEL COMPRESOR SULLAIR ES-8

TABLERO ELÉCTRICO

MOTOR PRINCIPAL

RADIADOR

FILTRO DE AIRE

FILTRO DE ACEITE

ANEXO 6: PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS INICIALES/NUEVOS

MAQUINA	FECHA DE PROGRAMACION					
N° FORMATO	1	2	3	4	5	6
CHILLER 01 - CA1922S	ENERO	FEBRERO	FEBRERO	JUNIO	OCTUBRE	NOVIEMBRE
CAMBIO DE FILTRO SECADOR						
MANTENIMIENTO ELECTROBOMBA						
RECARGA DE GAS						
MANTENIMIENTO DE TABLERO ELÉCTRICO						
AJUSTE DE CONDUCTORES ELECTRICOS						
CAMBIO DE AGUA						
LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE						
LIMPIEZA DEL CONDENSADOR						
LIMPIEZA DE VENTILADORES						
LIMPIEZA DE RADIADOR						
VERIFICACIÓN DEL NIVEL DE ACEITE						

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - CHILLER 01 - AQUATECH PIOVAN CA1922S

COD: SIG.F.37
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL / TIPO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero	Trapos industriales	720	34	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Verificar el ajuste de las borneras	Perillero	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Mantenimiento general de tablero eléctrico	Herramientas eléctricas	8800	367												P
Control mecánico	Limpieza interna de la máquina y verificación del ajuste de pernos	Trapos industriales	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Verificación de ausencia de señales de aceite en el circuito del refrigerante.	Inspección visual	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Control general	Verificación de ausencia de burbujas de aire mediante el indicador del refrigerante y localizar eventuales pérdidas	Inspección visual	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Verificación de posibles fugas de gas refrigerante R407C	Inspección visual	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Filtros secadores	Cambio de filtro secador del compresor 01	Filtro Danfoss 023U4381 (48-DC)	4500	188						P						
	Cambio de filtro secador del compresor 02	Filtro Danfoss 023U4381 (48-DC)	4500	188						P						
Electrobomba	Mantenimiento general de la electrobomba (Cambio de rodamientos y de sello mecánico)	Rodajes 6209-2Z/C3, 6309-2Z/C3 y Sello Mecánico 1 1/4"	10000	417					P							
Ventiladores	Limpieza externa	Aire a presión y paño	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Mantenimiento general de ventiladores (Cambio de rodamientos)	Rodajes 6205-C3	4500	188					P						P	
Radiador	Limpieza con aire a presión	Aire a presión	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Limpieza con alkifoam	Alkifoam	4400	183						P						P
Contenedor de agua	Limpieza con producto químico y cambio de agua	Quiva 2130	720	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Donde:
P = PROGRAMADO

MÁQUINA	FECHA DE PROGRAMACION				
N° FORMATO	1	2	3	4	5
COMPRESOR 02 - ADEKOM KB2208	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	OCTUBRE
CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE					
CAMBIO FILTRO ACEITE					
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE					
CAMBIO DE ACEITE					
AJUSTE DE TABLERO					
LIMPIEZA DE RADIADOR					
CAMBIO DE CONTRO DE PURGAS					

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - CHILLER 02 - AQUATECH PIOVAN CH900S

COD: SIG.F-38
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL Y CÓDIGO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero	Trapos industriales	720	60	P		P		P		P		P		P	
	Verificar el ajuste de las borneras	Perillero	720	60	P		P		P		P		P		P	
	Mantenimiento general de tablero eléctrico	Herramientas dieléctricas	4400	367						P						
Control mecánico	Limpieza interna de la máquina y verificación del ajuste de pernos	Trapos industriales	720	60	P		P		P		P		P		P	
	Verificación de ausencia de señales de aceite en el circuito del refrigerante.	Inspección visual	720	60	P		P		P		P		P		P	
Control general	Verificación de ausencia de burbujas de aire mediante el indicador del refrigerante y localizar eventuales pérdidas	Inspección visual	720	60	P		P		P		P		P		P	
	Verificación de posibles fugas de gas refrigerante R407C	Inspección visual	720	60	P		P		P		P		P		P	
Filtro secador	Cambio de filtro secador	Filtro Danfoss 023U4381 (48-DC)	4500	375												P
Electrobomba	Mantenimiento general de la electrobomba (Cambio de rodamientos y de sello mecánico)	6207 C3 2R/ 6309 C3 2R	4400	367												0
Ventiladores	Limpieza externa	Aire a presión y trapos industriales	720	60	P		P		P		P		P		P	
	Mantenimiento general de ventiladores (Cambio de rodamientos)	Rodajes 6205-C3 2R	3000	250								P				
Radiador	Limpieza con aire a presión	Aire a presión	360	30	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Limpieza con alkifoam	Alkifoam	2250	281	P					P					P	
Contenedor de agua	Limpieza con producto químico y cambio de agua	Quiva 2130	2000	95			P			P			P			P

Donde:
P = PROGRAMADO

MÁQUINA	FECHA DE PROGRAMACION				
N° FORMATO	1	2	3	4	5
COMPRESOR 1 - SULLAIR SL100	ENERO	FEBRERO	MAYO	JUNIO	OCTUBRE
CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE					
CAMBIO FILTRO ACEITE					
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE					
CAMBIO DE ACEITE					
AJUSTE DE TABLERO					
LIMPIEZA DE RADIADOR					
CAMBIO DE CONTROL DE PURGAS					
CAMBIO DE CARTUCHO ELEMENTO DE LINEA 1					
CAMBIO DE CARTUCHO ELEMENTO DE LINEA 2					

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPRESOR 01 - SULLAIR SL100

COD: SIG.F.39
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL Y CÓDIGO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Unidad compresora	Mantenimiento de la unidad	-	40000	1667												
Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite	Filtro de aceite AC.250025-525	3000	125		P				P				P		
Filtro de aire	Cambio de filtro de aire	Filtro de aire AC.2250127 372	3000	125		P				P				P		
Aceite	Cambio de aceite	Aceite AIR KORENA 0046 AC.KRNA0046	3000	125		P				P				P		
Filtro separador de aire aceite	Cambio de filtro separador de aire aceite	Filtro separador AC.2250137-895	4500	188						P						P
Línea de retorno	Mantenimiento de la línea de retorno	-	3000	125		P				P				P		
Kit de válvulas del sistema de control: Válvula solenoide de descarga Válvula de purga Válvula de presión mínima Válvula check Válvula solenoide de secuencia Válvula de entrada	Revisión de estado actual, retiro de válvulas, limpieza y lavado con solvente	Válvula de 1/4"	3000	125		P				P				P		
Otras válvulas: Válvula termal, Válvula reguladora de agua, Válvula de mínima presión, Válvula de admisión, Válvula de bypass térmico, Válvula solenoide de agua, Válvula de purga de aire, Válvulas shuttle, Válvula aliviadora de presión, Válvula reguladora de presión	Revisión del estado actual y limpieza de las válvulas	Válvula de 1/2"	3000	125		P				P				P		
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero eléctrico	Trapo industrial	4500	188							P					
	Revisión y verificación del ajuste de borneras, pernos y tuercas del tablero eléctrico	Herramientas dieléctricas	4500	188							P					
	Mantenimiento de tablero eléctrico, revisión de dispositivos electrónicos	Herramientas dieléctricas	4500	188							P					
	Verificación para posible reemplazo de conectores sulfatados o dañados	Terminales tipo ojal	4500	188							P					
	Verificación de ajuste de pernos de empalmes de cables de motor	Cinta aislante	4500	188							P					
	Mantenimiento del motor	Rodajes	18000	750												

Donde:
P = PROGRAMADO

MÁQUINA	FECHA DE PROGRAMACION				
N° FORMATO	1	2	3	4	5
COMPRESOR 02 - ADEKOM KB2208	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	OCTUBRE
CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE					
CAMBIO FILTRO ACEITE					
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE					
CAMBIO DE ACEITE					
AJUSTE DE TABLERO					
LIMPIEZA DE RADIADOR					
CAMBIO DE CONTRO DE PURGAS					

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPRESOR 02 - ADEKOM KB2208

COD: SIG.F.40
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL Y CÓDIGO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Unidad compresora	Mantenimiento de la unidad	-	40000	1667												
Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite	Filtro de aceite AC.KB09040020	3000	125		P				P				P		
Filtro de aire	Cambio de filtro de aire	Filtro de aire AC.KB09020040	3000	125		P				P				P		
Aceite	Cambio de aceite	Aceite AIR KORENA AC.KRNA0046	3000	125		P				P				P		
Filtro separador de aire aceite	Cambio de filtro separador de aire aceite	Filtro separador AC.KB080100005	4500	188						P						P
Línea de retorno	Mantenimiento de la línea de retorno	-	3000	125		P				P				P		
Kit de válvulas del sistema de control: Válvula solenoide de descarga Válvula de purga Válvula de presión mínima Válvula check Válvula solenoide de secuencia Válvula de entrada	Revisión de estado actual, retiro de válvulas, limpieza y lavado con solvente	Válvula de 1/4"	3000	125		P				P				P		
Otras válvulas: Válvula termal, Válvula reguladora de agua, Válvula de mínima presión, Válvula de admisión, Válvula de bypass térmico, Válvula solenoide de agua, Válvula de purga de aire, Válvulas shuttle, Válvula aliviadora de presión, Válvula reguladora de presión	Revisión del estado actual y limpieza de las válvulas	Válvula de 1/2"	3000	125		P				P				P		
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero eléctrico	Paño	4500	188							P					P
	Revisión y verificación del ajuste de borneras, pernos y tuercas del tablero eléctrico	Herramientas eléctricas	4500	188							P					P
	Mantenimiento de tablero eléctrico, revisión de dispositivos electrónicos	Herramientas eléctricas	8500	354							P					
	Verificación para posible reemplazo de conectores sulfatados o dañados	Terminales tipo ojal	8500	354							P					
	Verificación de ajuste de pernos de empalmes de cables de motor	Cinta aislante	8500	354							P					
	Mantenimiento del motor	Rodajes	9000	375												
Control general	Revisión de tensión y estado de las correas	Inspección	2200	92		P			P			P			P	

Donde:
P = PROGRAMADO

MÁQUINA	FECHA DE PROGRAMACION				
N° FORMATO	1	2	3	4	5
COMPRESOR 03 - SULLAIR 3009	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	OCTUBRE
CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE					
CAMBIO FILTRO ACEITE					
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE					
CAMBIO DE ACEITE					
AJUSTE DE TABLERO					
LIMPIEZA DE RADIADOR					
CAMBIO DE CONTROL DE PURGAS					

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPRESOR 03 - SULLAIR 3009

COD: SIG.F.41
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL Y CÓDIGO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Unidad compresora	Mantenimiento de la unidad	-	40000	1667					P							
Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite	Filtro de aceite AC.02250155-709	3000	125			P				P				P	
Filtro de aire	Cambio de filtro de aire	Filtro de aire AC.2250127-372	3000	125			P				P				P	
Aceite	Cambio de aceite	Aceite AIR KORENA 0046 AC.KRNA0046	3000	125			P				P				P	
Filtro separador de aire aceite	Cambio de filtro separador de aire aceite	Filtro separador AC. 02250215-617	4500	188	P						P					
Línea de retorno	Mantenimiento de la línea de retorno	-	3000	125			P				P				P	
Kit de válvulas del sistema de control: Válvula solenoide de descarga Válvula de purga Válvula de presión mínima Válvula check Válvula solenoide de secuencia Válvula de entrada	Revisión de estado actual, retiro de válvulas, limpieza y lavado con solvente	Válvula de 1/4"	3000	125			P				P				P	
Otras válvulas: Válvula termal, Válvula reguladora de agua, Válvula de mínima presión, Válvula de admisión, Válvula de bypass térmico, Válvula solenoide de agua, Válvula de purga de aire, Válvulas shuttle, Válvula aliviadora de presión, Válvula reguladora de presión	Revisión del estado actual y limpieza de las válvulas	Válvula de 1/2"	3000	125			P				P				P	
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero eléctrico	Paño	4500	188							P					P
	Revisión y verificación del ajuste de borneras, pernos y tuercas del tablero eléctrico	Herramientas eléctricas	4500	188							P					P
	Mantenimiento de tablero eléctrico, revisión de dispositivos electrónicos	Herramientas eléctricas	8500	354							P					
	Verificación para posible reemplazo de conectores sulfatados o dañados	Terminales tipo ojal	8500	354							P					
	Verificación de ajuste de pernos de empalmes de cables de motor	Cinta aislante	8500	354							P					
	Mantenimiento del motor	Rodajes	8500	354												P

Donde:
P = PROGRAMADO

MÁQUINA	FECHA DE PROGRAMACION				
N° FORMATO	1	2	3	4	5
COMPRESOR 04 - SULLAIR ES-8	ENERO	MARZO	MAYO	JULIO	DICIEMBRE
CAMBIO DE FILTRO SEPARADOR DE ACEITE					
CAMBIO FILTRO ACEITE					
CAMBIO DE FILTRO DE AIRE					
CAMBIO DE ACEITE					
AJUSTE DE TABLERO					
LIMPIEZA DE RADIADOR					
CAMBIO DE CONTROL DE PURGAS					

Atlantica

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPRESOR 04 - SULLAIR ES-8

COD: SIG.F.42
VERSION: 00
FECHA DE APROBACIÓN: 04/01/2021

UNIDAD / ÁREA	ACCIÓN	MATERIAL Y CÓDIGO	PERIODO (h)	DÍAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Unidad compresora	Mantenimiento de la unidad	-	40000	1667												
Filtro de aceite	Cambio de filtro de aceite	Filtro de aceite AC.250028-032	3000	125			P				P				P	
Filtro de aire	Cambio de filtro de aire	Filtro de aire AC.2250125-370	3000	125			P				P				P	
Aceite	Cambio de aceite	Aceite AIR KORENA 0046 AC.KRNA0046	3000	125			P				P				P	
Filtro separador de aire aceite	Cambio de filtro separador de aire aceite	Filtro separador AC. 02250106-791	4500	188	P						P					
Línea de retorno	Mantenimiento de la línea de retorno	-	3000	125			P				P				P	
Kit de válvulas del sistema de control: Válvula solenoide de descarga Válvula de purga Válvula de presión mínima Válvula check Válvula solenoide de secuencia Válvula de entrada	Revisión de estado actual, retiro de válvulas, limpieza y lavado con solvente	Válvula de 1/4"	3000	125			P				P				P	
Otras válvulas: Válvula termal, Válvula reguladora de agua, Válvula de mínima presión, Válvula de admisión, Válvula de bypass térmico, Válvula solenoide de agua, Válvula de purga de aire, Válvulas shuttle, Válvula aliviadora de presión, Válvula reguladora de presión	Revisión del estado actual y limpieza de las válvulas	Válvula de 1/2"	3000	125			P				P				P	
Control eléctrico	Efectuar limpieza del tablero eléctrico	Trapo Industrial	4500	188							P					P
	Revisión y verificación del ajuste de borneras, pernos y tuercas del tablero eléctrico	Herramientas eléctricas	4500	188							P					P
	Mantenimiento de tablero eléctrico, revisión de dispositivos electrónicos	Herramientas eléctricas	8500	354							P					
	Verificación para posible reemplazo de conectores sulfatados o dañados	Terminales tipo ojal	8500	354							P					
	Verificación de ajuste de pernos de empalmes de cables de motor	Cinta aislante	8500	354							P					
	Mantenimiento del motor	Rodajes	8500	354												

Donde:
P = PROGRAMADO

ANEXO 7: PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO NUEVOS

ATLÁNTICA S.R.L.	
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE LOS CHILLERS	
MES	
ACCIONES A REALIZAR	**FECHAS**
COMPROBAR SI LA MAQUINA PRESENTA SUCIEDAD GRUESA,LIMPIARLA SI ES NECESARIO	DIARIO
CONTROL DE TEMPERATURA (PANTALLA)	
VERIFICAR PRESIONES ALTA Y BAJA DE LOS COMPRESORES (MANOMETROS)	
VERIFICAR CAUDAL DE SALIDA DE AGUA A PLANTA	
VERIFICAR POSIBLES FUGAS DE REFRIGERANTE	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE: QUITAR LOS FILTROS, LIMPIAR CON UNA ASPIRADORA Y SI ES NECESARIO LAVARLO	
CONTROL Y LIMPIEZA DEL CONDENSADOR: QUITAR EL FILTRO Y SI ES NECESARIO LIMPIAR EL CONDENSADOR CON UNA ASPIRADORA	
CONTROL DE AMPERAJE ELECTROBOMBA	
REVISIÓN DEL NIVEL DE AGUA DE LA TINA	QUINCENAL
CONTROL INTERIOR DE PERDIDAS DE AGUA Y FORMACION DE CONDENSACION: QUITAR LOS PANELES DE CIERRE, CONTROLAR EL AJUSTE DE LOS ACOPLAMIENTOS Y RENOVAR EL AISLAMIENTO	
CONTROL DE CARGA REFRIGERANTE: CON EL COMPRESOR EN MARCHA, VERIFICAR QUE EL INDICADOR DE REFRGERANTE SE HAYA LIMPIADO	
CONTROL ELECTRICO: EFECTUAR LIMPIEZA DEL TABLERO, VERIFICAR EL AJUSTE DE LA BORNERAS, VERIFICAR DESGASTE DE CONTACTOS	MENSUAL
CONTROL MECANICO: EFECTUAR UNA MINUCIOSA LIMPIEZA INTERNA DE LA MAQUINA Y VERIFICAR EL AJUSTE DE PERNOS, CAMBIAR AGUA	
NIVEL DE ACEITE: DETENER LA MAQUINA, ESPERAR MAS DE MEDIA HORA Y CONTROLAR EL NIVEL DE ACEITE MEDIANTE EL VISOR	
CONTROL GENERAL: VERIFICAR LA AUSENCIA DE BURBUJAS DE AIRE MEDIANTE EL INDICADOR DEL REFRIGERANTE Y LOCALIZAR EVENTUALES PERDIDAS	
INSPECCIÓN COMPLETA DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR CON SUS COMPRESORES RESPECTIVOS	CADA 3 MESES
AJUSTE DE ACCESOS INTERNOS DE TABLERO	SEMESTRAL
CAMBIO DE FILTRO DE AGUA (INTERNO DE MAQUINA)	

ATLÁNTICA S.R.L.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE COMPRESORES

COMPRESOR 01 - LS100

ACCIONES A REALIZAR \ FECHAS	
COMPROBAR SI LA MAQUINA PRESENTA SUCIEDAD GRUESA, LIMPIARLA SI ES NECESARIO	DIARIO
VERIFICAR TEMPERATURA, PRESION Y NIVEL DE ACEITE	
PURGAR FILTROS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE	
VERIFICAR PURGAS DE DESCARGA DE AGUA DE TANQUE PULMON	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	SEMANAL
SOPLETEO DEL RADIADOR CON AIRE COMPRIMIDO	
CONTROLAR AMPERAJE MOTOR ELECTRICO	
AJUSTE DE TABLERO PRINCIPAL	MENSUAL
AJUSTE DE SELENOIDES DE SISTEMA DE AIRE	

ATLÁNTICA S.R.L.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE COMPRESORES

COMPRESOR 02 - KB2208

ACCIONES A REALIZAR	FECHAS
COMPROBAR SI LA MAQUINA PRESENTA SUCIEDAD GRUESA, LIMPIARLA SI ES NECESARIO	DIARIO
VERIFICAR TEMPERATURA, PRESION Y NIVEL DE ACEITE	
PURGAR FILTROS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE	
VERIFICAR PURGAS DE DESCARGA DE AGUA DE TANQUE PULMON	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	SEMANAL
SOPLETEO DEL RADIADOR CON AIRE COMPRIMIDO	
CONTROLAR AMPERAJE MOTOR ELECTRICO	
AJUSTE DE TABLERO PRINCIPAL	MENSUAL
AJUSTE DE SELENOIDES DE SISTEMA DE AIRE	
INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE FAJAS	CADA 3 MESES

ATLÁNTICA S.R.L.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE COMPRESORES

COMPRESOR 03 - 3009

ACCIONES A REALIZAR	FECHAS
COMPROBAR SI LA MAQUINA PRESENTA SUCIEDAD GRUESA, LIMPIARLA SI ES NECESARIO	DIARIO
VERIFICAR TEMPERATURA, PRESION Y NIVEL DE ACEITE	DIARIO
PURGAR FILTROS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE	DIARIO
VERIFICAR PURGAS DE DESCARGA DE AGUA DE TANQUE PULMON	DIARIO
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	SEMANAL
SOPLETEO DEL RADIADOR CON AIRE COMPRIMIDO	SEMANAL
CONTROLAR AMPERAJE MOTOR ELECTRICO	SEMANAL
AJUSTE DE TABLERO PRINCIPAL	MENSUAL
AJUSTE DE SELENOIDES DE SISTEMA DE AIRE	MENSUAL

ATLÁNTICA S.R.L.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE COMPRESORES

COMPRESOR 04 - ES-8

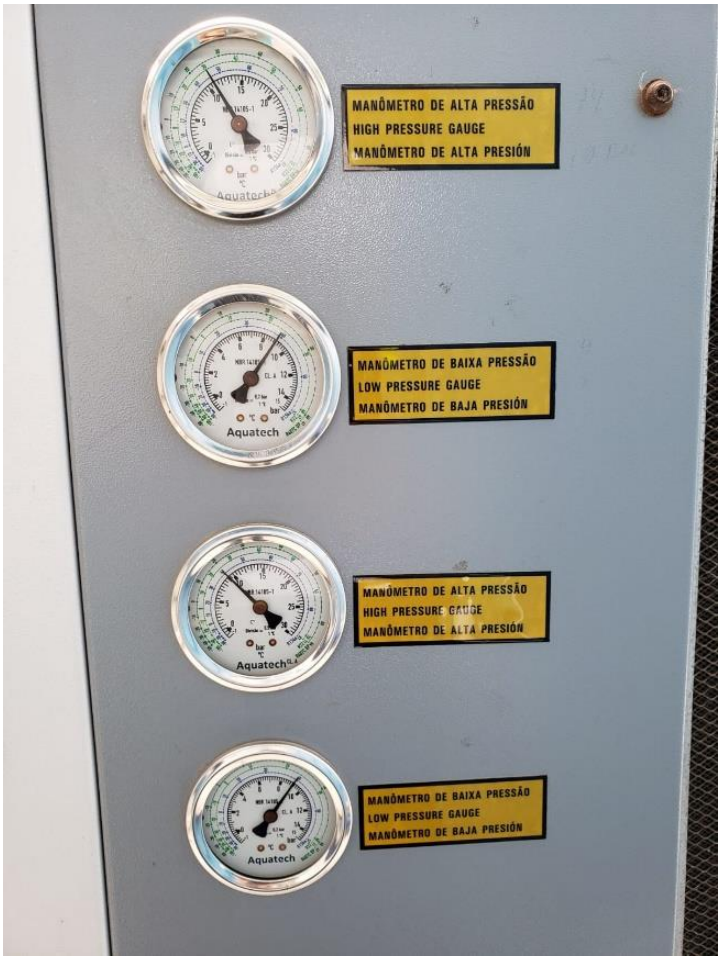
ACCIONES A REALIZAR	FECHAS
COMPROBAR SI LA MAQUINA PRESENTA SUCIEDAD GRUESA, LIMPIARLA SI ES NECESARIO	DIARIO
VERIFICAR TEMPERATURA, PRESION Y NIVEL DE ACEITE	
PURGAR FILTROS DE ENTRADA Y SALIDA DE AIRE	
VERIFICAR PURGAS DE DESCARGA DE AGUA DE TANQUE PULMON	
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	SEMANAL
SOPLETEO DEL RADIADOR CON AIRE COMPRIMIDO	
CONTROLAR AMPERAJE MOTOR ELECTRICO	
AJUSTE DE TABLERO PRINCIPAL	MENSUAL
AJUSTE DE SELENOIDES DE SISTEMA DE AIRE	

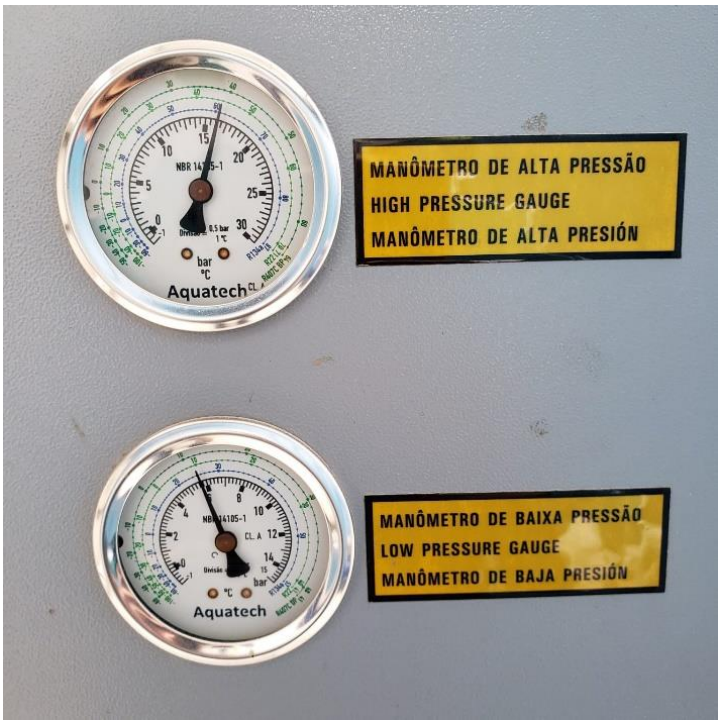
ANEXO 8: PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO POR MÁQUINA

CHILLER CA 1922S

- Control de temperatura
    - Temperatura normal de funcionamiento: 19.0° C
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal del chiller

- Verificación de altas y bajas presiones de los compresores
    - Presiones estables altas y bajas con los compresores inactivos: 10 bar y 09 bar respectivamente para cada uno de sus dos compresores
    - Presiones estables altas y bajas con los compresores activos: 16 bar y 06 bar respectivamente para cada uno de sus dos compresores
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal y manómetros analógicos

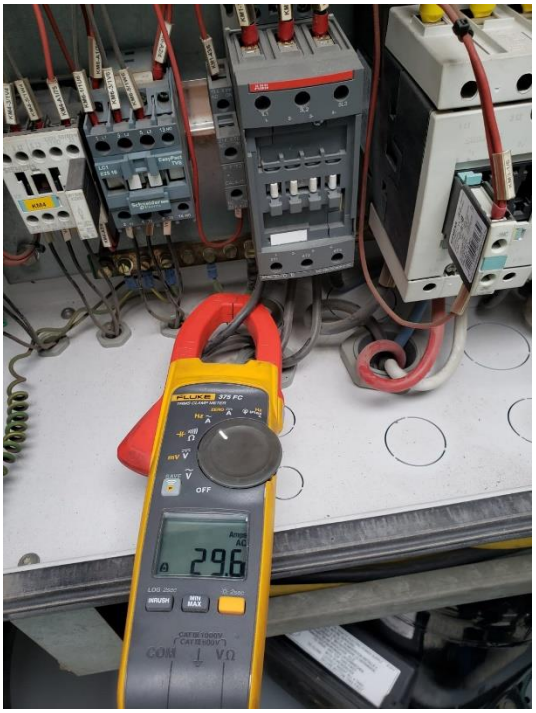

MANÔMETRO DE ALTA PRESSÃO
HIGH PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE ALTA PRESIÓN
MANÔMETRO DE BAIXA PRESSÃO
LOW PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE BAJA PRESIÓN
Aquatech
MANÔMETRO DE ALTA PRESSÃO
HIGH PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE ALTA PRESIÓN
Aquatech
MANÔMETRO DE BAIXA PRESSÃO
LOW PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE BAJA PRESIÓN
Aquatech


MANÔMETRO DE ALTA PRESSÃO
HIGH PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE ALTA PRESIÓN
Aquatech
MANÔMETRO DE BAIXA PRESSÃO
LOW PRESSURE GAUGE
MANÔMETRO DE BAJA PRESIÓN
Aquatech

- Verificación del caudal y presión de salida de agua hacia planta
    - Presión de salida de agua estable: 05 bar
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Manómetro de agua

- Control de temperatura de compresores
    - Temperatura estable con el compresor activo: 57° C aproximadamente, dependiendo del tiempo de trabajo que lleve activo.
    - Temperatura estable con el compresor inactivo: 38° C aproximadamente, dependiendo del tiempo desde que dejó de estar activo.
    - Modo de inspección: Medición con termómetro infrarrojo
    - Componente: Compresores

- Control de amperaje de la electrobomba:
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 29.5 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico



- Control de amperaje de compresores
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 48.5 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico

- Control de amperaje de ventiladores
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 3.9 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico

Ventilador 01

Ventilador 02

Ventilador 03

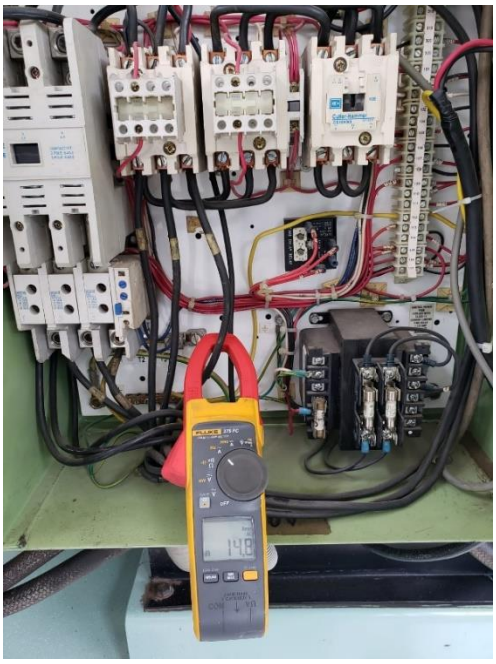
COMPRESOR LS100

- Verificación de temperatura del sistema
    - Temperatura aproximada de funcionamiento normal del sistema: 70° C
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Termómetro analógico en la parte superior del tablero principal

- Control de presión del sistema
    - Presión aproximada de funcionamiento normal del sistema: 690 kPa
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Manómetro analógico

- Control del nivel de aceite
    - Modo de inspección: Visual

- Control de amperaje del motor eléctrico
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal: 14.8 A
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Tablero eléctrico



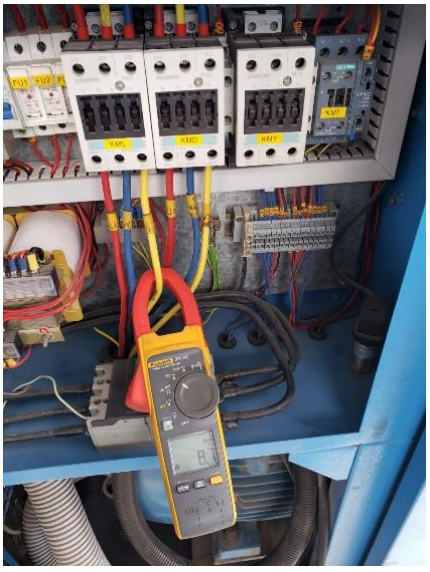
COMPRESOR ADEKOM KB2208

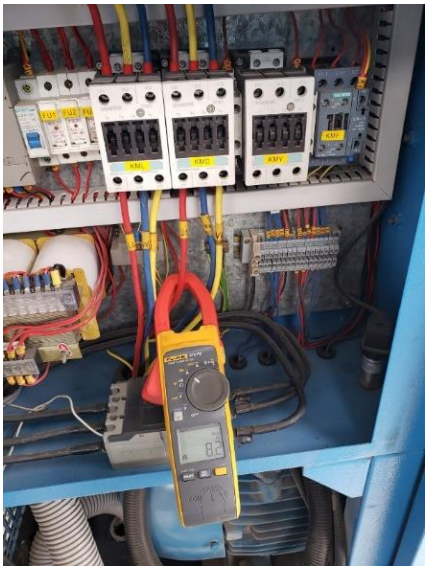
- Verificación de temperatura del sistema
    - Temperatura aproximada de funcionamiento normal del sistema: 79° C
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal

- Control de presión del sistema
    - Presión aproximada de funcionamiento normal del sistema: 0.75MPa o 750 bar
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal y manómetro analógico

- Control del nivel de aceite
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Visor de vidrio en el tanque separador de aire - aceite

- Control de amperaje del motor eléctrico
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal: 8.7 A
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Tablero eléctrico

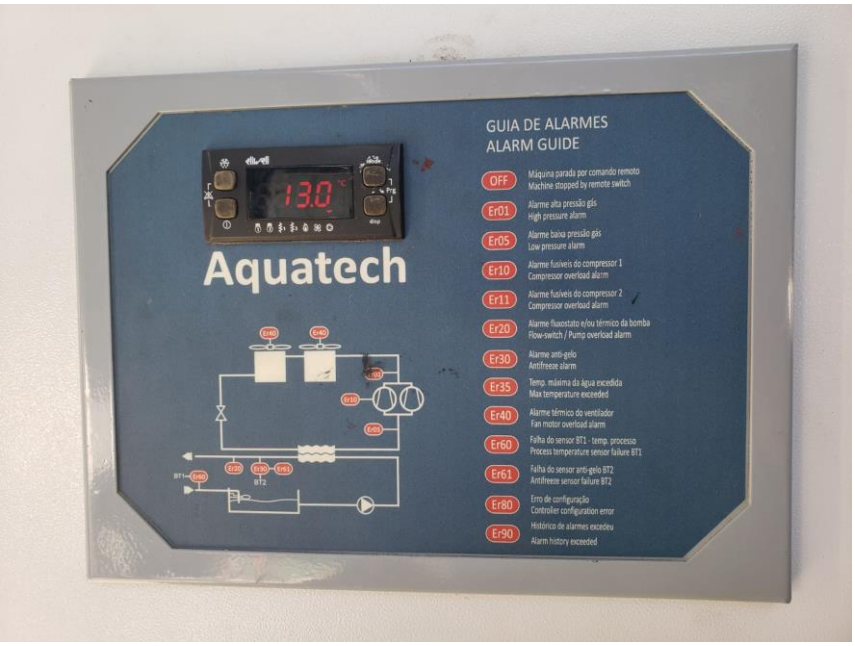




- Inspección del sistema de fajas
    - Correcto estado de las fajas: Todas las fajas deben estar igual de tensionadas, de no ser así se puede realizar un ajuste de las mismas mediante un regulador.
    - Modo de inspección: Manual y visual

CHILLER CA 1922S

- Control de temperatura
    - Temperatura normal de funcionamiento: 13.0° C
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal del chiller



- Verificación de altas y bajas presiones de los compresores
    - Presiones estables altas y bajas con los compresores inactivos: 10 bar y 09 bar respectivamente para cada uno de sus dos compresores
    - Presiones estables altas y bajas con los compresores activos: 16 bar y 06 bar respectivamente para cada uno de sus dos compresores
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal y manómetros analógicos

- Verificación del caudal y presión de salida de agua hacia planta
    - Presión de salida de agua estable: 6.5 bar
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Manómetro de agua

- Control de temperatura de compresores
    - Temperatura estable de cada compresor activo: 33.5° C aproximadamente, dependiendo del tiempo de trabajo que lleven activos los compresores.
    - Temperatura estable con el compresor inactivo: 17° C aproximadamente, dependiendo del tiempo desde que dejaron de estar activos.
    - Modo de inspección: Medición con termómetro infrarrojo
    - Componente: Compresores

- Control de amperaje de la electrobomba:
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 11.6 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico

- Control de amperaje de compresores
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 21.5 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico

- Control de amperaje de ventiladores
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal por fase: 3.9 A
    - Modo de inspección: Medición con pinza amperimétrica
    - Componente: Tablero eléctrico

COMPRESOR 3009

- Verificación de temperatura del sistema
    - Temperatura aproximada de funcionamiento normal del sistema: 199°F
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal

- Control de presión del sistema
    - Presión aproximada de funcionamiento normal del sistema: 108 psi
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Manómetro analógico y pantalla principal

- Control del nivel de aceite
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Visor de vidrio en el tanque separador de aire - aceite

- Control de amperaje del motor eléctrico
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal: 29.5 A
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Tablero eléctrico

COMPRESOR ES-8

- Verificación de temperatura y presión del sistema
    - Temperatura aproximada de funcionamiento normal del sistema: 175°F
    - Presión aproximada de funcionamiento normal del sistema: 106 psi
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Pantalla principal

- Control del nivel de aceite
    - Modo de inspección: Visual

- Control de amperaje del motor eléctrico
    - Amperaje aproximado de funcionamiento normal: 19 A
    - Modo de inspección: Visual
    - Componente: Tablero eléctrico

ANEXO 9: EQUIPO DE SUPERVISORES DE MANTENIMIENTO DE ATLÁNTICA S.R.L.

ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°062-2022-FIME

En la ciudad de Lambayeque, siendo las 12:20 p.m. del día jueves 10 de noviembre de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual htt://: meet.google.com/pxy-mmie-hdj, los miembros del jurado, designados mediante Resolución Nº212-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 09 de noviembre de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA	**PRESIDENTE**
ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO	**SECRETARIO**
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO	**MIEMBRO**
M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ	**ASESOR**

Se recibió la Tesis titulada:

"PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA ATLANTICA S.R.L."

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **VÁSQUEZ SALAS MICK ANTHONY RICARDINHO.**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO.**

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:10 p.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

M.SC. Ing. NORMAN OSVALDO AGUIRRE ZAQUINAULA
PRESIDENTE

ING. NÉSTOR DANIEL PUYEN MATEO
SECRETARIO

ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO
MIEMBRO

M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ
ASESOR

ANEXO 01

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **MSC. OSCAR MENDEZ CRUZ**, usuario revisor del documento titulado: **"PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA ATLANTICA S.R.L."**

Cuyo autor es, **VASQUEZ SALAS MICK ANTHONY RICARDINHO,** identificado con documento de identidad **N°74465198**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **14%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 15 de mayo del 2023

.....

MSC. OSCAR MENDEZ CRUZ
DNI: 17900167

ASESOR

Se adjunta:

*Resumen del Reporte automático de similitudes

*Recibo Digital

PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA ATLANTICA S.R.L.

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	1%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	vsip.info Fuente de Internet	1%
3	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	biblioteca2.ucab.edu.ve Fuente de Internet	1%
5	core.ac.uk Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1%

DNI: 17900167
Oscar Méndez Cruz

9	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuado Trabajo del estudiante	<1 %
10	es.adekom-compressor.com Fuente de Internet	<1 %
11	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
12	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	1library.co Fuente de Internet	<1 %
14	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	nanopdf.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.uti.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Catolica de Avila Trabajo del estudiante	<1 %

DNI: 1790067
Oscar Méndez Cruz

20	Fajardo Martinez, Sonia, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Pedagogia Sistemàtica i Social. "La Formación en las organizaciones del tercer sector social : estado actual y retos /", 2019 Fuente de Internet	<1 %
21	www.atlascopco.com Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
24	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	rd.udb.edu.sv:8080 Fuente de Internet	<1 %
26	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1 %
28	mantenimiento.win Fuente de Internet	<1 %
29	moam.info Fuente de Internet	

DNI: 17900167
Oscar Méndez Cruz

		<1 %
30	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.ufpso.edu.co Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
34	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
35	www.adekom.com.hk Fuente de Internet	<1 %
36	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Tecsup Trabajo del estudiante	<1 %
38	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
39	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

DNI: 17900167
Oscar Méndez Cruz

40	www.dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	silo.tips Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.pucesa.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
43	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

DNI: 17900167
Oscar Méndez Cruz

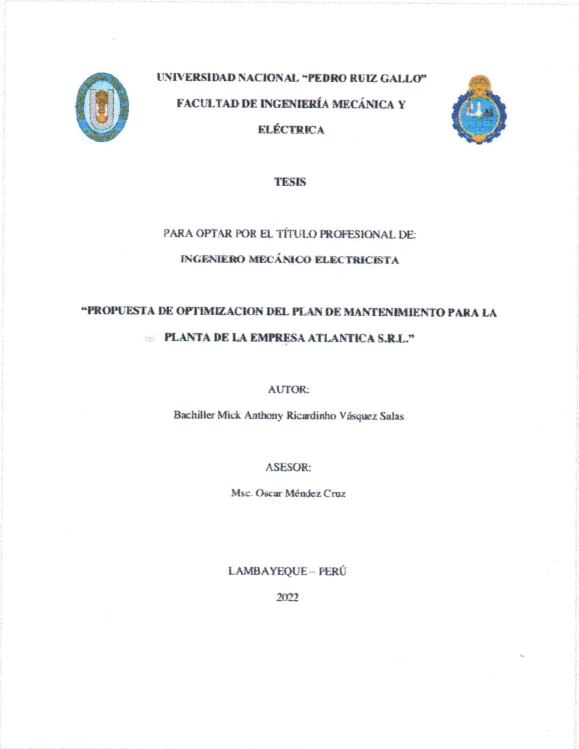
Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Mick Anthony Ricardinho Vásquez Salas
Título del ejercicio:	TESIS PREGRADO
Título de la entrega:	PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENT...
Nombre del archivo:	MANTENIMIENTO_PARA_LA_PLANTA_DE_LA_EMPRESA_ATLAN...
Tamaño del archivo:	8.81M
Total páginas:	204
Total de palabras:	24,784
Total de caracteres:	140,750
Fecha de entrega:	21-oct.-2022 01:18a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	1931324666



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"PROPUESTA DE OPTIMIZACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE LA EMPRESA ATLANTICA S.R.L."

AUTOR:

Bachiller Mick Anthony Ricardinho Vásquez Salas

ASESOR:

Msc. Oscar Méndez Cruz

LAMBAYEQUE – PERÚ

2022

DNI: 17900167

Oscar Méndez Cruz

Derechos de autor 2022 Turnitin. Todos los derechos reservados.