

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



*Diseño de una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento basado en
confiabilidad operacional para Roche Servicios S.A.*

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el grado de Licenciatura
en Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

Pedro José Rivera Navarro

I SEMESTRE 2019



Carrera evaluada y acreditada
Canadian Engineering Accreditation
Board Bureau Canadien
d'Accréditation des Programmes
d'Ingénierie


CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 05/JUN/2019

Señores
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Pedro José Rivera Navarro
carné No. 2013017668, si autorizo no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico
(SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado
de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial
Propuesta de un modelo de gestión basado en la confiabilidad operacional para Roche Servicios S.A
presentado en la fecha 05/JUN/2019, con el título _____

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante: 
Correo electrónico: privera645@gmail.com
Cédula No.: 1-1609-0481



Profesor guía:

Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Asesor industrial:

Ing. Daniel Méndez

Tribunal examinador:

Ing Calos Piedra

Ing Frank Marín

Información del estudiante y de la empresa

Información del estudiante:

Nombre completo: Pedro José Rivera Navarro

Número de cédula: 1-1609-0481

Número de carné: 2013017668

Números de teléfono: 86 21 61 16

Correo electrónico: privera645@gmail.com

Dirección de domicilio: Jardines de Roma, Heredia.

Información del proyecto:

Nombre del proyecto: "Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento industrial basado en confiabilidad operacional para la empresa Roche Servicios S.A

Profesor asesor: Ing. Juan Pablo Arias Cartín

Asesor industrial: Ing. Daniel Méndez

Horario de trabajo: lunes a jueves de 8:00 am a 5:00 pm, viernes de 8:00 am a 12:30 pm.

Datos de la Empresa

Nombre: Roche Servicios S.A

Dirección: Zona Franca Ultrapark, Edificio 4, Heredia, Costa Rica

Actividad principal: Distribución y reacondicionamiento de productos farmacéuticos

Dedicatoria

A Dios, por darme la fuerza durante todo el proceso y llenarme de bendiciones.

A mi papá Carlos, por sus consejos y esfuerzos con trabajo duro para salir adelante con mi educación, por enseñarme que todo hay que hacerlo de la mejor manera.

A mi mamá Iris, por sus incontables oraciones, por ser siempre mi soporte principal, por ser responsable de moldear la persona que soy hoy.

A mis hermanos Mauricio y Pablo, por ser siempre excelentes modelos de vida a seguir y apoyarme.

Agradecimientos

A Dios, por darme salud, fuerza y la perseverancia para concluir mis estudios.

A mi familia, por estar siempre para brindarme su apoyo.

A Vera, por sus consejos y ayuda durante mis estudios.

A todos mis familiares y amigos que me ayudaron en el proceso de formación profesional.

Al Ing. Juan Pablo Arias Cartín, por su colaboración y experiencia entregada en el desarrollo de este proyecto.

A la escuela de Ingeniería Electromecánica del ITCR.

Al Ing. Daniel Méndez y el Ing. Manuel del Valle, por su ayuda, por darme la oportunidad de crecer como profesional y por creer en mí para el desarrollo del proyecto.

Al personal de Business Operations y personal general de Roche Servicios S.A.

Tabla de contenido

Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción.....	3
1.1. Reseña de la empresa	4
1.1.1 Descripción.....	4
1.1.2 Ubicación.....	5
1.1.3 Valores	6
1.2 Organización	6
1.3 Descripción del proceso de distribución	6
1.4. Planteamiento del problema.....	13
1.4.1 Descripción del problema a resolver	13
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo general	16
1.5.2 Objetivos específicos	16
1.6 Justificación.....	17
1.7 Viabilidad.....	20
1.8. Metodología.....	21
1.9. Alcance.....	23
1.10. Limitaciones	23
1.11. Cronograma	24
2. Marco teórico	24
2.1 MES (Maintenance Effectiveness Survey)	25
2.2 Modelo de gestión de mantenimiento.....	25
2.3 Balanced Scorecard	27
2.5 Tipos de mantenimiento	36
2.6 Costos de mantenimiento.....	38
2.7 Confiabilidad operacional	41
2.8 Gestión de conocimiento	43
2.9 Cadena de frío.....	46
2.10 Mantenimiento planificado.....	47
2.11 Análisis de criticidad.....	52
2.12 Diagramas de flujo	57
4. Entorno de la gestión de mantenimiento actual	58

3.1 Gestión actual del mantenimiento	60
3.2 Contratos de mantenimiento	60
4. Estudio de efectividad de mantenimiento (MES)	61
4.1 Metodología para evaluar la gestión de mantenimiento	61
4.2 Escala de medición de MES.....	63
4.3 Resultados del estudio de efectividad de mantenimiento en Roche Servicios S.A.	64
4.4 Análisis de los resultados	66
4.4.1 Resultados obtenidos en recursos gerenciales.....	67
4.4.2 Resultados obtenidos en gerencia de información.....	68
4.4.3 Resultados obtenidos en estrategias y equipos de mantenimiento.....	68
4.4.4 Resultados obtenidos en programación y planificación.....	69
4.4.5 Resultados obtenidos en soporte de mantenimiento	69
4.5 Determinación de las expectativas y brechas	70
4.5.1 Brechas	70
4.5.2 Expectativas	70
4.5.3 Resultados de expectativas y brechas	72
5. Modelo de gestión de mantenimiento.....	74
5.1 Características del modelo de gestión	76
5. Implantación del pilar del TPM mantenimiento planificado.....	77
6.1 Paso 1. Establecer el punto inicial.....	78
6.1.1 Codificación.....	79
6.1.2 Análisis de criticidad.....	83
6.1.3. Ficha técnica	88
6.1.3 Orden de trabajo	90
6.2 Paso 2. Eliminación del deterioro	92
6.2.1 Boleta de fallas.....	92
6.3 Paso 3. Mejora del sistema de información.....	96
6.3.1 Flujos de procesos de mantenimiento.....	97
6.3.2 Control de inventarios de repuestos.....	97
6.4 Paso 4. Mejora sistema de mantenimiento periódico	100
6.5 Paso 5. Desarrollo de un sistema de mantenimiento predictivo	108
6.5.1 Selección método predictivo	108
6.5.2 Selección de puntos para las mediciones	113
6.5.3 Frecuencia de inspección.....	113

Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado	117
7. Propuesta de diseño de un cuadro de mando integral	119
7.1 Metodología.....	120
7.2 Desarrollo de los pasos para ejecución del CMI	121
7.2.1 Misión y visión del departamento	121
7.2.2 Análisis FODA.....	121
7.2.3 Sistema de objetivos estratégicos	123
7.2.4 Mapas estratégicos	126
7.2.5 Indicadores de desempeño	128
7.2.6 Desarrollo de herramienta de registro	138
7.2.7 Conformación del manual de un manual de indicadores.....	141
7.2.8 Establecimiento del cuadro de mando integral para la empresa	147
8. Estrategia de gestión de conocimiento.....	149
8.1 Herramientas estratégicas.....	149
8.1.1 Mediciones en los equipos de refrigeración y aire acondicionado	149
8.1.2 Rangos y valores normales de operación	155
8.1.3 Análisis de resultados de variables mecánicas y eléctricas	157
8.1.4 Beneficios de una estrategia de conocimiento	164
9. Análisis financiero	164
9.1 Costo de implementación del nuevo mantenimiento preventivo.....	165
9.1.1 Costo de materiales y repuestos.....	165
9.1.2 Costo de equipos	166
9.1.3 Costo de personal	167
9.2 Costo del mantenimiento basado en condición	171
9.2.1 Costo de análisis de aceites.....	171
9.2.2 Costo del análisis de vibración	172
9.3 Otros costos	173
9.4 Resultados del análisis financiero	173
10. Conclusiones y recomendaciones.....	175
10.1 Conclusiones.....	175
10.2 Recomendaciones.....	176
11. Bibliografía	177
12. Apéndices.....	180
13. Anexo	212

Índice de figuras

Figura 1. Logo de Roche Servicios S.A.....	5
Figura 2. Ubicación de Roche Servicios S.A.	6
Figura 3. Llegada del producto a las instalaciones de Roche Servicios S.A.	8
Figura 4. Almacenamiento de producto en cámaras de frío.....	8
Figura 5. Almacenamiento de producto con <i>racks</i>	9
Figura 6. Sala de reacondicionamiento de producto	10
Figura 7. Preparación de producto de frío en hieleras	11
Figura 8. Preparación de producto de ambiente con paletizadora	11
Figura 10. Preparación de producto de ambiente con paletizadora	12
Figura 11. Productos que distribuye Roche y requieren cadena de frío en Costa Rica	12
Figura 12. Cronograma propuesto para el desarrollo del proyecto	24
Figura 13. Ciclo de trabajo del proceso de incorporación de un modelo de gestión	26
Figura 14. Perspectivas del BSC.....	29
Figura 15. Proceso para elaborar un CMI	32
Figura 16. Elementos del CMI	33
Figura 17. Mapa estratégico del CMI	34
Figura 18. Costo integro de mantenimiento.....	39
Figura 19. Área de la confiabilidad operacional.....	42
Figura 20. Procesos estratégicos en la gestión de conocimiento.....	44
Figura 21. Diagrama de cadena de frío para productos farmacéuticos.....	47
Figura 22. Estructura del mantenimiento planificado.....	50
Figura 23. Pasos para implementar el mantenimiento planificado como pilar del TPM.....	51
Figura 24. Matriz de criticidad	53
Figura 25. Matriz de criticidad	55
Figura 26. Simbología de elaboración de diagramas de flujo.....	58

Figura 27. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para Roche Servicios S.A.	75
Figura 28. Codificación propuesta para Roche Servicios S.A.	80
Figura 29. Ejemplo de codificación.....	81
Figura 30. Equipo antes y después de colocar la codificación	82
Figura 31. Clasificación de la criticidad	86
Figura 32. Ficha técnica propuesta para un equipo	89
Figura 33. Propuesta de orden de trabajo propuesta por trabajo	91
Figura 34. Registro mensual de fallas	94
Figura 35. Registro anual de fallas.....	95
Figura 36. Formato de lista de verificación de mantenimiento programado	102
Figura 37. Lista de inspecciones en la visita número 1 del compresor 1 de la cámara de frío 1	103
Figura 38. Lista de inspecciones en la visita número 2 del compresor 1 de la cámara de frío 1	104
Figura 39. Flujoograma para elegir cada inspección predictiva por equipo.....	111
Figura 40. Puntos de medición de vibraciones en los equipos.....	113
Figura 41. Registros de mantenimiento propuesto para Roche Servicios S.A.	119
Figura 42. Análisis FODA al Departamento de Facilidades de Roche	122
Figura 43. Estructura de formulación de objetivos	123
Figura 44. Mapa estratégico en el departamento de facilidades	128
Figura 45. Ejemplo de codificación de un indicador	142
Figura 46. Módulo de la válvula de expansión electrónica	154

Índice de gráficos

Gráfico 1. Escenario ideal en el estudio MES	63
Gráfico 2. Resumen de resultados obtenidos.....	66
Gráfico 3. Brechas encontradas por el MES	67
Gráfico 4. Expectativas esperadas para mejorar la efectividad de mantenimiento	71
Gráfico 5. Diagrama de Ishikawa con las causas y efectos del MES	72
Gráfico 6. Resultados del análisis de criticidad de equipos.....	87

Gráfico 7. Diagrama de Gantt de la planificación de mantenimiento preventivo del compresor recíprocante.....	106
Gráfico 8. Comportamiento del desbalance de corriente en la alimentación del compresor de congelado.....	162

Índice de tablas

Tabla 1. Metodología de desarrollo	22
Tabla 2. Resumen de indicadores en atraso y adelanto.	36
Tabla 3. Criterios para estimar la frecuencia por falla funcional	54
Tabla 4. Criterios y rasgos para determinar las consecuencias o impactos de la falla	55
Tabla 5. Contratos de mantenimiento actuales en Roche Servicios S.A.....	61
Tabla 6. Escala de medición del nivel de madurez de mantenimiento según MES	64
Tabla 7. Nombre y puesto de los colaboradores en el estudio.....	65
Tabla 8. Resumen de resultados obtenidos	65
Tabla 9. Iniciativas propuestas para disminuir las brechas encontradas en el MES	73
Tabla 10. Código utilizado por área.....	80
Tabla 11. Codificación según el nombre de equipo o instalación.....	81
Tabla 12. Sistemas establecidos para Roche Servicios S.A	83
Tabla 13. Frecuencia de fallas al año.....	84
Tabla 14. Impacto de pérdida de producción e instalación	85
Tabla 15. Resultados del análisis de criticidad.....	86
Tabla 16. Variables necesarias para establecer el stock mínimo de repuestos	98
Tabla 17. Cálculo del stock de mínimo de repuestos.	98
Tabla 18. Lista de repuestos necesarios	99
Tabla 19. Estrategia de mantenimiento por equipo	112
Tabla 20. Cálculo de frecuencia de inspección predictiva análisis de aceites.....	115
Tabla 21. Frecuencia de inspección según el tipo de dispositivo eléctrico.....	116
Tabla 22. Resumen de cantidad de equipo y frecuencia de inspección por estrategia predictiva	117

Tabla 23. Objetivos propuestos por perspectiva del Departamento de Facilidades	126
Tabla 24 . Indicadores según la perspectiva financiera.....	129
Tabla 25. Indicadores propuestos para la perspectiva de cliente.....	131
Tabla 26. Indicadores propuestos para la perspectiva de procesos internos.....	134
Tabla 27. Propuesta de indicadores para la perspectiva desarrollo y aprendizaje	136
Tabla 28. Objetivos e indicadores por perspectiva	137
Tabla 29. Cálculo de disponibilidad de sistemas.....	138
Tabla 30. Cálculo de disponibilidad de equipos.	139
Tabla 31. Calculadora de indicadores del BSC	140
Tabla 32. Registro mensual de indicadores	141
Tabla 33. Código propuesto por perspectiva.....	142
Tabla 34. Señalización de cumplimiento de indicadores.....	143
Tabla 35. Manual de indicadores de la perspectiva financiera	145
Tabla 36. Manual de indicadores de la perspectiva cliente	145
Tabla 37. Manual de indicadores de la perspectiva procesos internos	146
Tabla 38. Manual de indicadores de la perspectiva desarrollo y aprendizaje	146
Tabla 39. Resumen del CMI para colocar en el departamento	148
Tabla 40. Aislamiento recomendado según la tensión de prueba	152
Tabla 41. Temperatura mínima requerida de propilenglicol	152
Tabla 42. Valores y rangos aceptables de operación para variables mecánicas .	156
Tabla 43. Valores y rangos aceptables de operación para variables eléctricas ...	156
Tabla 44. Variables para analizar en las bombas de recirculación.....	158
Tabla 45. Variables para analizar en los compresores.....	158
Tabla 46. Variables para analizar en equipos <i>fan coil</i>	158
Tabla 47. Variables para analizar en equipos <i>fan coil</i>	158
Tabla 48. Variables para analizar en equipos piso cielo	159
Tabla 49. Variables para analizar en las unidades manejadoras de aire	159
Tabla 50. Variables para analizar en los paneles de control eléctrico.....	159
Tabla 51. Variables para analizar en los enfriadores de aire forzado.....	159
Tabla 52. Variables para analizar en los condensadores de aire forzado	160

Tabla 53. Variables para analizar en el tanque hidroneumático.....	160
Tabla 54. Variables por recolectar por año en el equipo compresor recíprocante cámara de congelado.....	161
Tabla 55. Costo de cada repuesto necesario.....	165
Tabla 56. Costo asociado a insumos y materiales	166
Tabla 57. Costo asociado a equipos	167
Tabla 58. Tiempo necesario para ejecutar las inspecciones de mantenimiento preventivo para las cámaras de frío y congelado	168
Tabla 59. Tiempo requerido en minuto por visita para las cámaras de frío y congelado.....	168
Tabla 60. Tiempo total requerido considerando la totalidad de equipos	169
Tabla 61. Tiempo requerido para la ejecución del mantenimiento preventivo en los equipos.....	170
Tabla 62. Costo anual del personal.....	171
Tabla 63. Costo asociado con el análisis de aceite.....	172
Tabla 64. Costo asociado al análisis de vibraciones	172
Tabla 65. Costo asociado de termografías.....	173
Tabla 66. Costos totales del proyecto	174
Tabla 67. Flujo efectivo del proyecto.....	174

Resumen

La gestión de mantenimiento cumple una función clave respecto a la competitividad y el cumplimiento de estándares de calidad, dependiendo de la industria y contexto operacional. Esto provoca que las empresas busquen el cumplimiento de requerimientos del negocio.

Actualmente, la empresa Roche Servicios S.A. desconoce el impacto real del mantenimiento en su gestión, o si cumple con las necesidades de los sistemas y los equipos. Esta falta de conocimiento causa repetitividad de fallas, disponibilidades bajas, inseguridad en la operación y otros problemas.

El presente proyecto propone establecer las bases respecto a la administración de mantenimiento, incorporando nuevas estrategias alineadas a los objetivos empresariales. Comprende el desarrollo de un modelo de gestión en busca de la mejora de la confiabilidad operacional. Incorpora medidas en cada una de sus áreas, un sistema de indicadores que evidencia el estado actual de los equipos y sistemas, así como una estrategia de gestión de mantenimiento que establece si hay fallas potenciales debido a tendencia de variables claves de los equipos. Además, involucra la implantación del pilar del TPM mantenimiento planificado, el cual permite establecer la documentación, la mejora y el desarrollo de estrategias. Por último, evalúa la viabilidad del proyecto por medio de un análisis económico.

Las consecuencias de la implementación son una mejora de la confiabilidad de los equipos y los sistemas, como resultado de que se disminuye la probabilidad de falla. Esto permite que los equipos operen dentro de parámetros de diseño, que se conozca el estado real del desempeño y que se identifiquen fallas potenciales, entre otras ventajas.

Palabras clave: Modelo de gestión, mantenimiento planificado, indicadores, gestión de conocimiento

Abstract

Maintenance management plays a key role regarding competitiveness and compliance with quality standards depending on the industry and operational context; this causes companies to seek compliance with business requirements.

The company Roche Servicios S.A currently does not know the real impact that maintenance has on its management, if it meets the needs of the systems and equipment. This lack of knowledge causes repetitiveness of failures, low availability, insecurity in the operation and others.

The present project proposes to establish the bases with respect to the administration of maintenance, incorporating new strategies aligned to the business objectives. It includes the development of a management model that seeks to improve operational reliability by incorporating measures in each of its areas. A system of indicators that shows the current state of equipment and systems. A maintenance management strategy that establishes whether there are potential failures due to the tendency of key variables of the equipment. Implementation of the pillar of the TPM planned maintenance, which allows establishing the documentation, improvement and development of strategies. Finally, the viability of the project will be evaluated with an economic analysis.

The consequences of the implementation are improvement of the reliability of the equipment and systems because it decreases the probability of failure allowing the equipment to operate within design parameters, to know the real state of performance, to identify power failures and others.

Keywords: Management model, planned maintenance, indicators, knowledge management

1. Introducción

Este proyecto presenta el diseño de una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad operacional para Roche Servicios S.A., que se dedica a la distribución de productos farmacéuticos.

La iniciativa de emprender el proyecto surge a raíz de la inseguridad actual respecto a la gestión del mantenimiento de los equipos involucrados en el manejo de condiciones en el proceso de distribución de fármacos. Esta gestión es necesaria para garantizar no solo que los equipos cumplan su función para la que fueron diseñados, sino también para promover un ciclo de mejora continua y generar las directrices administrativas necesarias para evaluar el desempeño.

El proyecto tiene gran importancia, debido a que combate los siguientes aspectos:

- Disminución de la probabilidad de que se pierdan las condiciones a las que deben estar sometidos los fármacos por fallas en los equipos.

- Pérdida de la credibilidad por atraso de entrega de productos a los distribuidores. Este aspecto no solo afecta las ventas, sino también la calidad de vida de los pacientes.

- Presencia de personal ocioso debido a fallos reincidentes o espontáneos en los equipos que provocan indisponibilidad en los equipos.

- Pérdidas de dinero asociadas con el alquiler de instalaciones debido al mal estado de los propios; este es el aspecto con mayor frecuencia, debido a que el proceso de distribución de fármacos no puede ser interrumpido.

- Inseguridad por parte de los usuarios en la empresa por desconocimiento del estado actual de sus equipos y de su gestión de mantenimiento.

En síntesis, primeramente, se realiza una auditoría por medio del diagnóstico de efectividad de mantenimiento del Instituto Marshall (MES). A partir de los resultados, se van a identificar las áreas donde se deben enfocar los esfuerzos. Luego, mediante la introducción al Total Productive Maintenance (TPM), se pretende avanzar gradualmente hacia la meta de cero averías, para lo cual se va a

generar documentación de análisis de información referente a fallas, gestión del *stock* de repuestos, preparación de procedimientos y registros de información, generación de diagramas de flujo e identificación de las inspecciones mínimas de mantenimiento basado en condición, tiempo y de mejora.

Se dice que de lo que no se puede medir no se puede conocer el estado. Por lo tanto, como respuesta a la premisa anterior, se va a realizar un sistema de indicadores que integre cuatro perspectivas que permitan el alineamiento del mantenimiento para el negocio, por medio del *Balanced Scorecard*. Seguidamente, para asegurar la mejora continua y la transmisión de información, se va a desarrollar una estrategia de gestión de conocimiento que facilite la transmisión de habilidades y conocimiento de manera sistemática, además de agilizar el proceso de aceptación y trazabilidad. Por último, se va a desarrollar un modelo de gestión de mantenimiento en paralelo a los puntos anteriores, debido a que este debe contener, de forma estructurada, todos los elementos involucrados.

1.1. Reseña de la empresa

1.1.1 Descripción

La empresa Roche en Centroamérica y el Caribe surgió como resultado de la expansión en 1965, cuando se crearon nuevas sociedades donde, hasta ese momento, se habían mantenido con agentes. Roche consideraba más rentable realizar todas sus operaciones en la casa matriz en Suiza, pero la presión de autoridades hizo inevitable el traslado de algunas líneas de producción a diferentes filiales.

Como parte de la expansión estratégica, se crearon filiales en distintos países, como Guatemala (1969), Nicaragua (1965) y Cuba, específicamente en La Habana, donde, debido a la revolución del presidente Fidel Castro en su momento, se cerraron los almacenes poco tiempo después.

Distintos acontecimientos hicieron que Roche en Panamá decidiera trasladarse de Panamá a Canadá. Dividió algunas de sus líneas de producción, y así se creó la filial de Nicaragua para abastecer el mercado centroamericano.

La agitación política en Centroamérica y las pérdidas en consecuencia al gran terremoto de 1972 en Nicaragua dieron como resultado que se limitaran las inversiones a futuro, por lo que se decidió abastecer el mercado desde la casa matriz en Suiza. Las funciones de farmacia, gerencia general y promoción se trasladaron a Costa Rica en 1973, mientras que el área financiera se quedó en Nicaragua. La división de vitaminas fue propuesta para ser instalada en Guatemala en 1985, y en 1980 se cerraron totalmente las operaciones en Nicaragua.

Actualmente, Roche en Centroamérica y el Caribe abarca 23 países; 13 cuentan con ventas y 15 con registros sanitarios. Tanto la sede filial como el Centro de Servicios y Distribución se ubican en Costa Rica.

En la siguiente figura se muestra el logo correspondiente a Roche Servicios S.A.



Figura 1. Logo de Roche Servicios S.A.

Fuente: <https://www.roche.com/>

1.1.2 Ubicación

La empresa Roche se ubica en el edificio 4 en Ultra Park I, La Aurora, en Heredia. En la siguiente figura se muestra la ubicación.



Figura 2. Ubicación de Roche Servicios S.A.

Fuente: Google maps

1.1.3 Valores

- Integridad
- Valor
- Coraje

1.2 Organización

Actualmente, el mantenimiento es realizado totalmente por empresas tercerizadas que realizan las inspecciones y las tareas de mantenimiento de todo el edificio, incluyendo los equipos relacionados a la cadena de frío, ambiente y congelado, así como su control y su monitoreo. La coordinación y la gestión de mantenimiento son realizadas por personal de la empresa; primeramente, el encargado de mantenimiento de gerencia y luego, el coordinador de facilidades.

1.3 Descripción del proceso de distribución

Roche es una empresa que posee dos divisiones, las cuales son Farmacéutica y Diagnóstica; la primera dedicada a la investigación, la producción y

el desarrollo de medicamentos, la segunda relacionada con el desarrollo de equipo médico. Ambas se enfocan a la mejora de la calidad de vida de los pacientes.

Roche Servicios S.A. es una empresa líder en el área biotecnológica, y cuenta con medicamentos para el tratamiento de áreas como oncología, enfermedades infecciosas, oftalmología, inmunología, neurociencias y otras. También en el área diagnóstico realiza investigaciones de *in vitro*, histológico en cáncer y el control de la diabetes.

La empresa Roche Servicios S.A. en Costa Rica cuenta con una sede de servicios y distribución de medicamentos; por esto posee cuartos con condiciones controladas, donde la variable de mayor relevancia es la temperatura. Para mantener las condiciones de los productos, la empresa cuenta con dos cámaras de frío, una cámara de congelado y un almacén con equipos de aire acondicionado, ventilación, refrigeración y monitoreo. Los equipos frigoríficos utilizan gas propano grado refrigerante, lo que conlleva una serie de medidas de seguridad importantes debido a su alta explosividad.

A continuación, se muestra el proceso de distribución de fármacos en Roche Servicios S.A.

- 1) El producto llega a las instalaciones de Roche Servicios S.A. en Costa Rica desde casa matriz en Suiza. Primeramente, los productos fármacos son recibidos en los andenes del CEDI (Centro de Distribución). Este transporte es realizado por camiones refrigerados, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 3. Llegada del producto a las instalaciones de Roche Servicios S.A.

Fuente: Elaboración propia, tomada en sitio

2) El producto es guardado en el almacén. Los fármacos deben ser almacenados según corresponda en temperatura ambiente (alrededor de 23 °C) o en cadena de frío (2 °C – 8 °C), como se muestra a continuación.



Figura 4. Almacenamiento de producto en cámaras de frío

Fuente: Elaboración propia, tomada en sitio



Figura 5. Almacenamiento de producto con *racks*

Fuente: Elaboración propia.

3) Los productos son reacondicionados. La distribución de fármacos se realiza a diferentes lugares dentro y fuera de Costa Rica en Centroamérica y el Caribe. Además, como son importados desde matriz, en ocasiones no cumplen con requerimientos según cada entidad de salud de cada país; por ejemplo, los insertos no están en el idioma del país de destino, faltan algunas leyendas o registros sanitarios. Por lo tanto, se les realiza un reacondicionamiento contra pedido, el cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 6. Sala de reacondicionamiento de producto

Fuente: Elaboración propia, tomada en sitio

4) Se prepara el producto para ser distribuido según los pedidos. Dependiendo de los requerimientos de los fármacos, se debe preparar para ser transportado de diferentes maneras. Si es un producto que requiere cadena de frío, se utilizan hieleras de poliestireno expandido y geles congelados, o bien, una paletizadora automática si se trata de un producto que requiere temperaturas de alrededor de 23 °C.



Figura 7. Preparación de producto de frío en hieleras

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Preparación de producto de ambiente con paletizadora

Fuente: Elaboración propia, tomada en sitio

Cuando los equipos requieren estar en cadena de frío, se colocan geles. Estos se almacenan como se muestran en la siguiente figura, a una temperatura de aproximadamente $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 9. Preparación de producto de ambiente con paletizadora

Fuente: Elaboración propia.

5) El producto es transportado a los puntos de destino. Luego de cumplir con los requisitos establecidos por el reacondicionamiento, se procede a transportarlos a los países de destino. Algunos de los productos fármacos distribuidos por Roche se muestran en la siguiente figura.



Figura 10. Productos que distribuye Roche y requieren cadena de frío en Costa Rica

Fuente: <http://www.roche-cac.com/>

1.4. Planteamiento del problema

1.4.1 Descripción del problema a resolver

La industria médica se relaciona directamente con la actividad humana. Por lo tanto, está fuertemente ligada a altos estándares de calidad, las normas y las leyes, las cuales deben cumplirse con alta exactitud. Los dos objetivos del negocio de Roche Servicios S.A., como parte de la industria farmacéutica y su proceso de distribución y reacondicionamiento de fármacos, son el cuidado de la salud de los pacientes por medio de productos y servicios en detección, la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de diferentes tipos de enfermedades. En segunda instancia se encuentra la generación de valor por medio de la venta de productos.

La empresa Roche Servicios S.A. en Costa Rica, dentro de su proceso de distribución, cuenta con ambientes controlados para sus productos fármacos, los cuales deben encontrarse siempre dentro de un rango establecido por los fabricantes. Según Claramunt, Cabildo y Escolástico (2015), algunos de los parámetros que deben ser monitoreados son la humedad, la luz artificial y natural y la interacción con energía mecánica (agitación) y temperatura, esto para que los productos no se degraden o cambien sus características. La razón es que los productos están formados por enlaces tridimensionales con configuraciones específicas, por lo que, en el aspecto térmico, se deben mantener refrigerados. Si la temperatura es muy baja, los enlaces se pueden cristalizar y romper. Por el contrario, si la temperatura es alta comparada con la requerida, los enlaces cambian su posición (sucede lo mismo si hay interacción con energía mecánica como agitaciones). Por estas razones es de vital importancia el control térmico en medicamentos.

El parámetro de mayor importancia de monitoreo es la temperatura. Si se presenta una falla en los equipos frigoríficos o de monitoreo y control, la primera respuesta es valorar el riesgo para el producto. Luego, si se requiere, se realiza un estudio para evaluar si las condiciones a las que el producto fue expuesto afectó o no sus características. Eventualmente, si la respuesta luego de la evaluación es que

el producto no cumple o perdió sus características, se debe desechar, lo cual no solo es perjudicial para el negocio, sino también requiere, logísticamente hablando, procedimientos complejos debido al tipo de industria, además del hecho de que la casa matriz no reside en el país.

Las pérdidas más significativas que afectan los objetivos del negocio son:

- La gran importancia que tiene la empresa como solución o atenuación de los efectos de enfermedades en las personas; este es el aspecto más importante.

- Pérdidas de dinero por millones de dólares. Cuantificar el monto es complejo, ya que la cantidad de producto en *stock* se mantiene fluctuando, y por un tema de confidencialidad. Esta pérdida, desde el punto de vista de la rentabilidad, es la más perjudicial para el negocio.

- Personal ocioso, si no hay producto que empacar y transportar por fallas en los equipos de la cadena de frío. Solamente el personal correspondiente al CEDI (Centro de Distribución), que está directamente relacionado con el producto, consiste en diez personas. Sumado a esto está el personal de logística y el personal de diferentes departamentos dentro de la empresa.

- Disminución de la credibilidad por atraso o incumplimiento de entregas de producto. Esto es vital para no perjudicar la imagen y credibilidad de empresa. Si un producto se debe desechar, la duración de todo el proceso es aproximadamente de tres meses desde el momento de salida de la sede donde se manufactura el producto hasta que llega a Costa Rica y puede comenzar el proceso de distribución.

- Pérdidas de dinero debido a fallos en equipos propios de la empresa y la eventual necesidad de adquirir préstamo de otros, debido a que el proceso de distribución de biofármacos debe ser continuo siempre que haya un pedido.

Concretamente, el problema surge ante la inseguridad relacionada al desconocimiento del impacto que tiene la gestión del mantenimiento de los equipos. En la actualidad, todas las tareas de mantenimiento son supervisadas por personal de la empresa, pero la ejecución se terceriza en un 100 % por medio de contrato. El hecho de no conocer si el mantenimiento está alineado con los objetivos del

negocio sugiere que pueden presentarse imprevistos como fallas, desconfianza y eventualmente pérdidas como las mencionadas anteriormente.

Como parte del alineamiento del mantenimiento con los objetivos del negocio, se deben considerar los siguientes aspectos que fundamentan el problema actual:

- Los equipos relacionados con la cadena de frío, el aire acondicionado y el monitoreo se deben poder garantizar a un 100 % de disponibilidad de cada sistema dentro de los rangos de operación permitidos; es decir, no pueden existir fallos que afecten de manera negativa las condiciones requeridas. Las disponibilidades de los equipos de refrigeración actualmente son muy altas; se encuentran en el rango de 85–95 % (la cámara de frío 2 presentó una disponibilidad de 94 % debido a un fallo con el *switch* de flujo). Actualmente, se manejan equipos gemelos en paralelo como respaldo, pero no es suficiente, debido a que han ocurrido fallos y disponibilidad insuficiente también con este sistema. Anteriormente se presentaron fallas que perjudicaron el funcionamiento de áreas críticas del proceso de distribución en las cámaras de frío, la cámara de congelado y el área de ambiente.

- Otro aspecto es la necesidad de crear herramientas que permitan evaluar el desempeño de la gestión de mantenimiento, además de establecer rutas de ejecución para actuar ante fallas en el proceso de la cadena de frío. Esto permite el alineamiento de mantenimiento al negocio desde el punto de vista de la necesidad de evidenciar el verdadero estado de los equipos para visualizar oportunidades de mejora de manera continua y cumplir con los plazos de entrega.

- Actualmente, el mantenimiento es ejecutado de manera tercerizada en su totalidad. Los objetivos del negocio deben abordarse de manera íntegra y con debida trazabilidad con empresas tercerizadas, por lo cual debe existir una estrategia de comunicación de resultados y conocimiento para apuntar hacia la mejora continua.

- El porcentaje de mantenimiento de corrección correspondiente al año 2018 se encuentra en un 58 % de presupuesto de mantenimiento. Este es un dato

alarmante. Grupo Gaherma, en una de sus publicaciones llamada *Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. ¿Cuál es el porcentaje ideal?*, expone que el mantenimiento correctivo no debe estar en el rango de 15–20 % si se desea un “equilibrio óptimo”.

- Respecto a las estrategias de mantenimiento actuales, además de que no son evaluadas, no se conoce si realmente garantizan que se cumplan los requerimientos mínimos mencionados. Por lo tanto, se pretende, mediante una evaluación, proponer nuevas estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo que garantice el escenario de alineación deseado.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento que responda a las necesidades del negocio basado en confiabilidad operacional para los equipos relacionados con proceso de producción de Roche Servicios S.A.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar la efectividad de mantenimiento actual comparado con estándares internacionales de gestión de mantenimiento por medio de un estudio utilizando normas internacionales.
- Implementar el pilar mantenimiento planificado como introducción al TPM en busca de cero averías y mejora continua de procesos.
- Establecer una estrategia de transmisión de asertiva información y habilidades por medio de una estrategia de gestión de conocimiento.
- Proponer un sistema de indicadores claves de mantenimiento que evidencien el verdadero estado de su gestión para su evaluación y control a través de la metodología del Balanced Scorecard.

- Evaluar la viabilidad de la ejecución del proyecto a partir de un análisis financiero de costos de mantenimiento.

1.6 Justificación

Los fármacos y medicamentos que se suministran a los pacientes, según Claramunt, Cabildo y Escolástico (2015), deben ofrecer dos características. La primera es la efectividad, la cual se refiere a la certeza de que este cumpla con el propósito preestablecido. La segunda es la seguridad vinculada con la certeza de que el medicamento no produzca efectos adversos o secundarios no previstos. Para asegurar que los productos presenten estas características, se debe cumplir con las condiciones necesarias en los cuartos controlados, lo cual implica el funcionamiento de equipos asociados.

El desarrollo de este proyecto gira en torno a la importancia para la empresa de conocer el impacto que tiene el mantenimiento en su gestión por medio de herramientas de monitoreo, mejora y supervisión. Lo anterior con el fin de asegurar prioritariamente que el paciente reciba el medicamento con la calidad y la seguridad requerida, que los productos se entreguen en los plazos a los puntos de venta, que el fármaco no pierda características durante el almacenamiento y, además, para conocer el estado actual de los equipos.

Si el proyecto no se desarrolla, los equipos pueden presentar fallos inesperados e indisponibilidad de sistemas. Lo anterior se traduce en pérdidas de producto de manera parcial o total por millones; en consecuencia, puede significar que la problemática antes mencionada se traduzca en afectación a pacientes importantes, pérdida de dinero, pérdida de la credibilidad o pérdidas por personal ocioso. Se presentan, como sucede actualmente, fallos recurrentes. La industria farmacéutica es una de las más exigentes porque es regida por estándares de calidad y requerimientos estrictos debido a su contacto directo con vidas humanas.

Por lo tanto, cuando se pierden condiciones, se deben desarrollar procedimientos complejos dependiendo del tiempo en el que el producto estuviera expuesto. Situaciones como la mencionada son factores que pueden evitarse si se desarrolla el proyecto.

La implementación del presente proyecto pretende lo siguiente:

Primeramente, se va a realizar auditoria a la actual gestión de mantenimiento para conocer el estado actual y real de la gestión por medio de un diagnóstico facilitado por el Instituto Marshall. El fin de esta auditoría es conocer cuáles son las áreas con mayor oportunidad de mejora y de mayor deficiencia con el fin de enfocar esfuerzos.

En segunda instancia, su busca el desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento que sea ideal para la situación actual, ya que un modelo es una idealización estructurada donde se relacionan los elementos involucrados al mantenimiento. Esto es vital para el éxito del negocio, donde la credibilidad de calidad, la entrega en los plazos y el seguimiento de estándares son los principales factores. El modelo se va a desarrollar con base en la confiabilidad operacional con el fin de establecer un proceso de mejoramiento continuo y la implementación de nuevas estrategias y metodologías para optimizar la ejecución, la planeación y el control de la gestión del mantenimiento con base en la probabilidad de evitar que un equipo falle cuando se requiera. Esto es imprescindible y de primera importancia debido al tipo de industria y sus necesidades.

Luego, por medio de la implementación del pilar de mantenimiento planificado del TPM, se va a avanzar gradualmente hacia cero averías. Esto responde a la necesidad de la industria farmacéutica de mantener las condiciones, principalmente la temperatura, controlada y en el rango requerido. Algunas de las actividades enfocadas en este fin son: generar documentación administrativa necesaria que provea insumos para análisis y cuantificación de la condición actual del equipo, establecer hojas de historial y análisis de fallos, establecer un *stock*

mínimo de repuestos, identificar y jerarquizar equipos, y establecer inspecciones mínimas de mantenimiento basado en condición, tiempo y de mejora.

Actualmente, las estrategias de mantenimiento son ajenas a la empresa. Esto, en realidad, es un problema de comunicación y transmisión de conocimiento, pero se desconoce si estas estrategias cumplen con las exigencias requeridas, las cuales se pretende abarcar con el desarrollo del proyecto. Con la implementación de una estrategia de conocimiento, se busca analizar la información y las habilidades con el fin de cumplir con los requerimientos de mantenimiento.

El proyecto pretende tener un impacto positivo en la empresa en áreas como:

- Productivo: A partir de la implementación de una adecuada gestión del mantenimiento, se conforma un respaldo que responde a la necesidad del negocio de mantener condiciones dentro del rango requerido para el producto.
- Ambiental: Mejora de la eficiencia energética por medio de estrategias y monitoreo del desempeño de equipos. Toma de variables y análisis.
- Financiero: Si el mantenimiento se realiza en forma estructurada y ordenada, lo cual propone este proyecto, pueden cuantificarse los costos asociados para establecer oportunidades de mejora, en especial en mantenimiento correctivo, el cual presenta un porcentaje alto, como se mostró anteriormente.

La situación actual es que no hay conocimiento de cómo se realiza el mantenimiento. El único documento es un reporte emitido por las empresas tercerizadas, es decir, ajeno a la empresa. No se conoce cuál es el impacto que la gestión tiene actualmente en el mantenimiento en el negocio, ni su nivel de madurez. No hay ningún historial de fallas, y no hay insumos para medir indicadores ni la documentación necesaria (como OT, flujogramas, cantidad de repuestos y materiales en stocks).

La situación que se va a alcanzar con el desarrollo del proyecto actual es un modelo que structure y organice la forma de ejecutar el mantenimiento,

incorporando estrategias con base en la confiabilidad operacional desde los cuatro grandes aspectos que esta involucra. Se va a conocer el nivel de efectividad de mantenimiento e identificar el área donde hay mayor oportunidad de mejora. Otro aspecto importante es que se va a obtener una serie inspecciones basadas en el tiempo, condición y de mejora que, junto con documentación, análisis y establecimiento de requerimientos de mantenimiento, se puedan alinear las estrategias al cumplimiento de objetivos. Con el desarrollo del presente proyecto se van a establecer herramientas para obtener un criterio válido que evidencie el estado actual de los equipos. La información es uno de los activos más importantes de las empresas, por lo que uno de los aspectos que cubre el presente proyecto es el desarrollo de análisis y documentación del conocimiento con el fin de utilizarlo en la toma de decisiones y el ajuste de estrategias.

1.7 Viabilidad

Las herramientas o recursos con los que la empresa cuenta para el desarrollo del proyecto son:

- Apoyo técnico. La empresa, al realizar todas las estrategias de mantenimiento de forma tercerizada, cuenta con un apoyo técnico muy sólido.
- El interés por parte de Roche Servicios S.A. El desarrollo del proyecto está ligado a un gran interés de la empresa de conocer el impacto de la gestión en mantenimiento.
- Un sistema de monitoreo en tiempo real mediante una herramienta tecnológica, la cual pueda verificar y manipular los equipos y condiciones.
- Accesibilidad a los equipos frigoríficos. Para el desarrollo del proyecto se cuenta con acceso a los equipos, además de sus condiciones de operación durante todo el tiempo requerido.

- Dispositivos de medición. La empresa cuenta con acceso a dispositivos de medición de equipos de refrigeración, debido a la relación estratégica con los proveedores de los equipos.
- Equipos: La empresa tiene acceso a equipo de cómputo con software AutoCAD y un paquete de Office.

1.8. Metodología

La metodología del presente proyecto de implementación de herramientas para aumentar la confiabilidad operacional se basa en cuatro etapas claramente definidas.

Etapas 1

En la etapa uno, se realiza la exploración de los equipos, el reconocimiento del problema, la recolección y el análisis de las facilidades y las dificultades relevantes para el proyecto. Constituye una etapa exploratoria de visualización y cuantificación de la situación del mantenimiento.

Etapas 2

En la segunda etapa se plantea un análisis de la situación actual del mantenimiento a partir de los datos, las vivencias y la información recolectada en la etapa uno. Se plantean las estrategias a desarrollar para eliminar el problema planteado.

Etapas 3

Se desarrollan las herramientas y las estrategias que ayuden a solucionar el problema en cuestión, las cuales responden a las necesidades del negocio de la empresa.

Etapas 4

En la etapa final se validan los resultados, se visualizan las oportunidades de mejora y se desarrollan recomendaciones y conclusiones acerca del desarrollo del proyecto.

Tabla 1. Metodología de desarrollo

Objetivo	Actividad	Herramienta
Determinar la efectividad de mantenimiento actual comparado con estándares internacionales de gestión de mantenimiento por medio de un estudio utilizando normas internacionales.	Establecimiento del contexto de trabajo	Estudio de efectividad de mantenimiento del Instituto Marshall
	Evidencia del estado actual de la gestión de mantenimiento	
	Análisis de los resultados obtenidos	
<ul style="list-style-type: none"> Implementar el pilar mantenimiento planificado como introducción al TPM en busca de cero averías y mejora continua de procesos. 	Establecer las inspecciones mínimas de mantenimiento	Mantenimiento planificado TPM
	Establecer herramientas para el análisis y supervisión de fallas	
	Desarrollar la documentación necesaria para desarrollar las competencias administrativas y técnicas	
Establecer una estrategia de transmisión de asertiva información y habilidades por medio de una estrategia de gestión de conocimiento	Transmitir información y conocimiento	Gestión de mantenimiento
	Organización y estructuración de conocimiento dentro y fuera de la empresa	
Proponer un sistema de indicadores claves de mantenimiento que evidencien el verdadero estado de su gestión para su evaluación y control a través de la metodología del Balanced Scorecard.	Propuesta de un sistema de indicadores de mantenimiento	Cuadro de mando integral Balanced Scorecard
	Evidencia y seguimiento del estado actual desde un punto de vista integro con la incorporació de cuatro perspectivas	
Evaluar la viabilidad de la ejecución del proyecto a partir de un análisis financiero de costos de mantenimiento.	Estimar los costos de mantenimiento debido a la implementación del modelo	Análisis financiero de costos de mantenimiento
	Compararlo con la forma de realizar MP anteriormente	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

1.9. Alcance

El proyecto tiene como alcance el diseño de una propuesta de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad operacional, con el fin de brindar herramientas, técnicas y sistemas capaces desarrollar una correcta gestión de mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso de distribución de producto de Roche Servicios S.A.

El alcance incluye cuatro grandes áreas que atacan los puntos débiles de la actual gestión de mantenimiento.

La evaluación de la actual gestión de mantenimiento es vital para conocer su estado. Por lo tanto, por medio de una auditoría se podrá evidenciar con detalle y enfocar esfuerzos para combatir deficiencias. También por medio del pilar del TPM de mantenimiento planificado, se van a desarrollar las inspecciones necesarias, la documentación de fallas y otras necesarias; es decir, se generan las herramientas requeridas. Como parte de la necesidad de conformar un sistema de evaluación de indicadores capaz de conformarlo desde las cuatro perspectivas, se va a desarrollar la herramienta de Balanced Scorecard. El éxito de un modelo de mantenimiento depende totalmente de su ejecución, el cual, a su vez, depende del personal involucrado. Por esta razón, se va a desarrollar una gestión de conocimiento que asegure la transmisión de información, las estrategias y las técnicas requeridas para el éxito de proyecto. Por último, se va a evidenciar el costo del desarrollo del proyecto.

1.10. Limitaciones

La limitación principal está ligada a la ausencia del personal en la empresa en tiempo completo, debido a que solo se utiliza personal tercerizado. Esto limita el involucramiento de personal que ejecute las estrategias de mantenimiento. Además, aspectos de confidencialidad y el hecho de que las labores de mantenimiento son

tercerizadas en un 100 % son factores por tomar en cuenta al momento de desarrollar el proyecto y asegurar su éxito.

1.11. Cronograma

El cronograma está proyectado en doce semanas de desarrollo, empezando el 4 de febrero del 2019 y finalizando luego de doce semanas; durante las restantes cuatro semanas se realizará la logística. En la siguiente tabla se muestra el nombre de la tarea (la actividad a realizar se encuentra en la metodología), las fechas de inicio y final, además del número de días necesarios.

En la siguiente figura se muestra el cronograma para el desarrollo del proyecto.

Estudiante: Pedro José Rivera Navarro	Empresa: Roche Servicios S.A															
E-mail: privera645@gmail.com	Asesor Industrial: Ing Daniel Méndez															
Período: I SEMESTRE 2019	Tutor: Ing Juan Pablo Arias Cartín															
ACTIVIDAD	SEMANA															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Establecimiento del contexto de trabajo	■															
Evaluación por medio de la auditoría a mantenimiento		■														
Análisis de los resultados obtenidos		■														
Primera visita de profesor guía			■													
Establecer la situación actual y la deseada			■	■												
Establecer inspecciones mínimas y programadas de mantenimiento			■	■	■	■										
Establecer estrategias y documentación de análisis de fallas				■	■	■	■									
Generar documentación necesaria de recolección de información								■								
Transmitir información y conocimiento								■								
Organización y estructuración de conocimiento dentro y fuera de la empresa								■	■	■	■					
Propuesta de un sistema de indicadores de mantenimiento								■	■	■	■					
Evidenciar estado actual desde un punto de vista integro con cuatro												■				
Estimar los costos de mantenimiento debido a la implementación del												■				
Diseño de un modelo del modelo de gestión de mantenimiento			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Tercera visita del profesor guía															■	
Redacción del informe final		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

Figura 11. Cronograma propuesto para el desarrollo del proyecto

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

2. Marco teórico

2.1 MES (Maintenance Effectiveness Survey)

La auditoría de mantenimiento realizada por el Instituto Marshall tiene como objetivo determinar dónde existe mayor oportunidad de mejora, considerando distintas áreas del mantenimiento (Marshall Institute, 2004).

El MES es una herramienta para obtener conocimiento del estado actual de su gestión, por medio del estudio de cinco áreas claves de mantenimiento. Básicamente, la auditoría consiste en una encuesta y, para que esta sea realmente representativa, se deben tomar las siguientes medidas:

- Se deben encuestar a mínimo ocho personas, quienes deben tener conocimiento de la gestión de mantenimiento actual.
- En total son sesenta distribuidas en cinco áreas claves de mantenimiento; si alguna no aplica, se debe omitir.
- Las respuestas deben corresponder a un rango de 1 a 5.
- Toda respuesta debe ser confidencial y no puede ser alterada por ningún motivo, esto para garantizar que la auditoría sea representativa del estado real de la gestión actual.

2.2 Modelo de gestión de mantenimiento

Un modelo, de acuerdo con Santiago (2004), es una representación gráfica que idealiza una realidad de un sistema, para interactuar con los elementos que lo componen. Puede tener múltiples formas y es característico para cada institución o empresa. Si se emplea un modelo, se facilita el estudio de los sistemas, porque muestra la interacción entre las áreas o los elementos de la empresa en busca del cumplimiento de los objetivos del negocio.

El autor Viveros, P en la revista *Ingeniare* en una de sus publicaciones “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo”, expone que se requieren dos ciclos de trabajo imprescindibles para implementar un buen modelo de trabajo. En esta figura se representan dos procesos; uno de mejora continua (ciclo Deming) y otro de proceso

sostenido de mantenimiento. El primero se refiere a la busca de mejoras al proceso de mantenimiento para alcanzar la eficiencia, y el segundo está relacionado con el proceso operativo-táctico de programación, la asignación de tareas y la ejecución.



Figura 12. Ciclo de trabajo del proceso de incorporación de un modelo de gestión

Fuente: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011

Etapas para la implementación de un modelo

El autor Viveros también expone ciertas etapas que de manera secuencial distinguen una serie de pasos para implementar un modelo de gestión de mantenimiento. Son siete en total y se muestran en la siguiente figura.

La primera etapa se refiere al análisis de la situación actual. En esta etapa se definen objetivos, responsabilidades de mantenimiento, objetivos, políticas necesarias y específicas de cada empresa o institución.

La segunda etapa de equipos se refiere la jerarquización de los equipos. La idea es a partir del uso de herramientas para cuantificar o cualificar (según el

método que se implemente) el beneficio-costo-riesgo de los equipos relacionados con el proceso productivo.

Como tercera etapa se encuentra el análisis de puntos débiles en equipos críticos. A partir de la etapa anterior se genera una lista de equipos con alto impacto en el proceso y que significan un riesgo alto para el proceso productivo de la empresa. Por lo tanto, luego deben realizarse inspecciones visuales de inmediato con el fin de anotar deficiencias en su funcionamiento, su entorno de operación, etcétera.

La cuarta etapa corresponde al diseño de planes de mantenimiento y recursos mínimos necesarios. Luego de conocer cómo es la situación actual, se deben definir las estrategias.

La quinta etapa es la programación de las estrategias de mantenimiento. En esta parte del proceso de implementación del modelo, se toman en cuenta las oportunidades según producción y el costo que vienen asociado. También se evalúa si existe oportunidad de optimizar los recursos mínimos necesarios.

La penúltima etapa es la evaluación y la ejecución del mantenimiento. Como parte del proceso de mejora continua dentro de la implementación del mantenimiento, es necesario evaluar los procesos y estrategias con el fin de corregir desviaciones por medio de KPIs.

Por último, se realiza el análisis de ciclo de vida con un estudio económico.

2.3 Balanced Scorecard

Como parte de la lucha continua de las empresas de que los objetivos de mantenimiento estén alineados a los objetivos del negocio, se pueden introducir e implementar técnicas como un cuadro de mando integral (Balanced Scorecard o BSC). Según Sola y Crespo (2016), cada BSC es específico para cada institución o empresa para el cual es desarrollado, porque permite la creación de una serie de indicadores clave para evidenciar el rendimiento (KPI) y medir el desempeño que recibe mantenimiento en su gestión y asegurar que estos estén alineados con los objetivos estratégicos de la gestión del negocio en el que se encuentra.

Sistema de medición del Balanced Scorecard

Las mediciones de indicadores, según Niven (2006), son ideales para proveer información de la verdadera situación de las empresas, en el pasado en el área financiera. Por ejemplo, están los indicadores de ganancias totales, gastos realizados que reflejan la situación pasada. Con la implementación del Balanced Scorecard se obtienen sistemas de gestión que no solo obtienen indicadores que representan la situación del pasado, sino también del futuro, es decir, indicadores en atraso y adelanto. Los resultados son establecidos a partir de la estrategia de la empresa, tomando en cuenta las cuatro perspectivas. La mayoría de las empresas tienen la dificultad de que, aunque tienen visiones y misiones inspiradoras, convincentes y estratégicas, no logran alinearlas con los empleados para que en conjunto exista un mismo horizonte estratégico.

En síntesis, el cuadro de mando integral permite convertir estrategias y objetivos en indicadores que realmente muestren la situación actual de la empresa vista desde varias perspectivas y no solo desde la financiera, sino también en relación con procesos, fuerza de trabajo y clientes. Esto no solo funciona para ver la situación pasada, sino también la proyección hacia el futuro.

Perspectivas del BSC

Según Badani (2009), el BSC presenta cuatro perspectivas bien definidas, las cuales se mencionan a continuación en la siguiente figura:



Figura 13. Perspectivas del BSC

Fuente: https://www.sinnexus.com/business_intelligence/cuadro_mando_integral.aspx

Para que el proceso de desarrollo de la metodología sea exitoso, se requiere que las cuatro perspectivas interactúen entre sí, para que el avance sea en conjunto y se obtengan mejores resultados.

a. Financiera

Esta perspectiva del BSC considera los indicadores financieros como objetivo final. Estos no deben sustituirse, sino complementarse con otros que en conjunto reflejen la realidad de la empresa. Los indicadores financieros son los que se generan como producto a resultado de acciones previamente desarrolladas en la empresa. Algunos ejemplos son la rentabilidad cliente-producto, el costo unitario, el rendimiento de capital y otros que reflejan las consecuencias económicas de las acciones de mantenimiento.

b. Procesos internos

Esta perspectiva toma en cuenta los procesos clave para la empresa, en los cuales se deben enfocar esfuerzos en los que se deben trabajar para lograr que los productos y los servicios prestados satisfagan las necesidades del mercado. También en este pilar se identifican los procesos de apoyo y el establecimiento de objetivos específicos que lo garanticen.

c. Desarrollo y aprendizaje

Esta perspectiva pretende evidenciar la facilidad o la dificultad de la empresa de desarrollar mejoras, tomando en cuenta los recursos más importantes de mantenimiento y de organización. Lo anterior responde a que el activo más importante es el personal, sus competencias, su cultura organizacional, sus capacidades y su motivación. No se puede crecer en el negocio, sino que va de la mano con el aprendizaje de su personal.

d. Cliente

En este pilar de BSC se identifican los valores relacionados con los clientes para aumentar la capacidad de producción. A este respecto, se deben considerar opiniones y críticas de los clientes de los productos y los servicios ofrecidos la institución con el fin de mejorar, en busca de la satisfacción del cliente. Esta perspectiva es muy importante, debido a que si se conoce el rendimiento y la calidad del servicio o del producto dado, se puede obtener un panorama total del estado del negocio y enfocarlo para que sea próspero.

Fases para la elaboración del un CMI

La metodología de implementación se basa en seis pasos que representan tres áreas:

-Análisis estratégicos. Esta tarea abarca el estudio para determinar las oportunidades de mejora y amenazas, así como las debilidades y las fortalezas. Estos contrastes permiten obtener una visión de los aspectos que se pueden explotar para conseguir el mayor beneficio y los aspectos que se deben evitar para asegurar el éxito. Además, se incluye la formación de estrategias, misiones, metas y objetivos de la institución y de la empresa.

-Formulación de estrategias. Incluye a nivel de negocio y a nivel corporativo, las cuales crean alternativas para conseguir objetivos estratégicos elegidos.

-Implantación de las estrategias. Como parte final de la metodología se ejecutan las estrategias, las cuales toman en cuenta factores como la capacidad de equipos, los recursos humanos, los objetivos, la estructura empresarial y la cultura. A este proceso deben sumarse la planificación y el control.

En la siguiente figura se muestra el proceso de desarrollo de un CMI con las tres áreas que lo caracterizan.

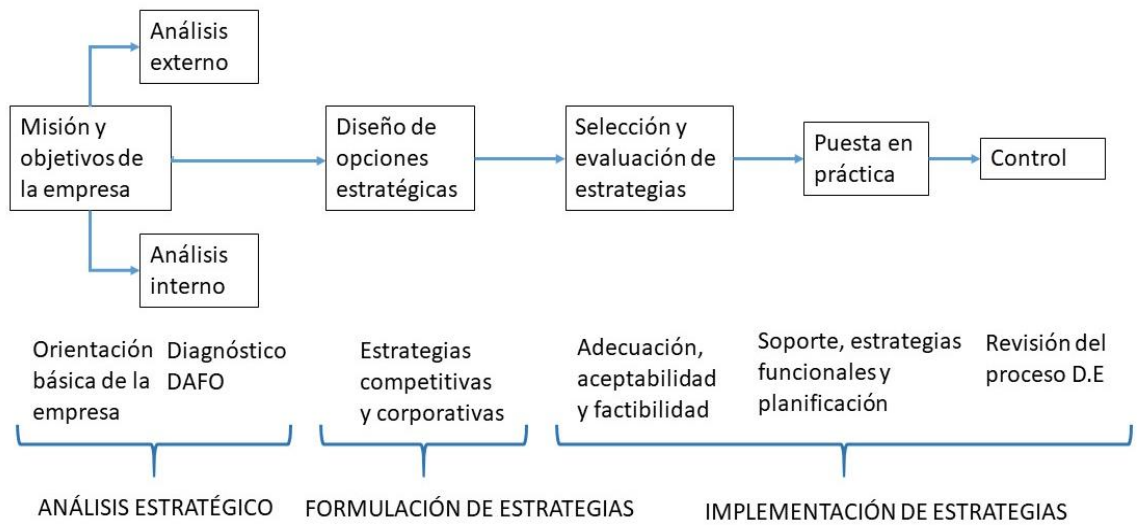


Figura 14. Proceso para elaborar un CMI

Fuente: <http://www.madridexcelente.com/files/8e1cdf401549.pdf>

Luego de ejecutar el CMI, se procede a describir cada uno de los elementos: visión, mapas estratégicos, indicadores, metas, acciones estratégicas, objetivos, perspectivas y mapas estratégicos. Estos elementos se muestran en la siguiente figura.



Figura 15. Elementos del CMI

Fuente: <http://www.madridexcelente.com/files/8e1cdf401549.pdf>

Cada elemento del CMI se define a continuación:

Análisis FODA

El análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) es una herramienta que delimita las facilidades o las dificultades que puede presentar la implementación de la metodología. El objetivo es prever los mejores y los peores escenarios.

Mapas de estrategias

Los mapas de estrategias son representaciones gráficas de la situación de la empresa y hacia dónde se proyecta. Estos deben proporcionar la mayor información de la manera más simple posible, ordenado según cada perspectiva y, a su vez, relacionados entre sí. Esta representación presenta causa y efecto entre perspectivas y objetivos.

Se deben tener claras las cuatro formas de interacción, las cuales son:

-Los procesos internos son el pinón que hace funcionar el engranaje de valor en el cliente. Estos deben estar ligados y respaldados según los activos no tangibles para que funcionen correctamente.

-La perspectiva financiera depende únicamente de si se consigue que los clientes estén satisfechos. Por lo tanto, se puede decir que la perspectiva financiera depende directamente de la de los clientes.

-El aprendizaje y el crecimiento deben identificar claramente las tareas de entorno, tecnología y cultura de la organización, entre otras; es necesario que sigan los procesos internos para realmente crear valor.

-El cliente define la necesidad en el mercado. Por lo tanto, para que los clientes sean fieles a los servicios o los productos que brinda la empresa, los procesos internos deben estar alineados a las necesidades de los clientes.

En consecuencia, siguiendo las formas de interacción anteriores se tiene:

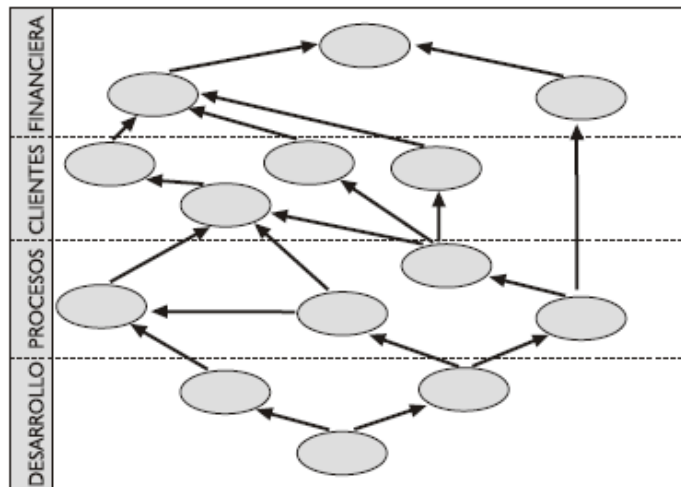


Figura 16. Mapa estratégico del CMI

Fuente: <http://www.madridexcelente.com/files/8e1cdf401549.pdf> 2.4 Indicadores según la norma VDI-2893 de mantenimiento

Indicadores

Un indicador es un parámetro que de manera cuantitativa define el comportamiento o el desempeño. Su magnitud se compara con una referencia para obtener una brecha. En otras palabras, es un parámetro numérico que facilita la percepción de información sobre un factor específico.

Los indicadores respecto a mantenimiento son herramientas fundamentales para medir el desempeño de su gestión. Esto es vital, dado que lo que no se puede medir no se puede mejorar. Básicamente, son instrumentos de control.

Los indicadores deben ser:

- Pocos
- Claros
- Calculables
- Deben dar información útil

Es importante que en el CMI existan dos tipos, los cuales son:

- En atraso o resultados (*lag*): son indicadores que representan las consecuencias de actos realizados anteriormente y permiten determinar el grado de cumplimiento. Estos tienen influencia directa en los resultados a futuro.
- En adelanto o impulsores (*lead*): Estos indicadores miden el desempeño para lograr el cumplimiento de objetivos estratégicos.

La ventaja del BSC se centra en la importancia del equilibrio adelanto-atraso de indicadores. Si solo se cuenta con indicadores en adelanto, se van a tener muchas oportunidades de mejora, pero realmente no se conoce si el camino que se está siguiendo es el indicado. Si solo se tienen en atraso, no se puede conocer el estado actual.

En la siguiente tabla se muestra la definición, las ventajas y unos ejemplos de los dos tipos de indicadores.

Tabla 2. Resumen de indicadores en atraso y adelanto.

	Tipo de indicador	
	Atraso	Adelanto
Definición	Medidas centradas el pasado. Miden el desempeño histórico por lo tanto no refleja estado actual	Conducen al rendimiento, evalúan progreso de las medias. Tienden a ser difíciles de identificar y obtener.
Ventajas	Fácil de obtener e identificar.	Permite ajustes, direcciona a la mejora continua.
Ejemplos	Ventas, costos, cumplimiento	Propuestas elaboradas

Fuente: Balanced Scorecard Step by Step

2.5 Tipos de mantenimiento

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento, en cuanto a prevención, se refiere a una serie de tareas e indicaciones propuestas para contrarrestar causas de fallas potenciales en los equipos (Duffuaa, Dixon Campbell y Raouf, 2016).

Un plan de mantenimiento puede estar enfocado en diferentes propósitos, tales como:

Sustitución de equipos o componentes. Los elementos de máquinas que sufren de desgaste como resultado de su operación normal o debido al tipo de ambiente operacional; se hace necesario volver al estado inicial de la maquinaria.

Limpieza, lubricación y ajuste. Este enfoque se refiere a que, con rutinas preestablecidas de limpieza y lubricación, se pueden mantener las máquinas en operación nominal por el mayor tiempo posible.

Conservación o restauración. Básicamente es la revisión de los equipos en forma programada para mantener condiciones de operación. Se acostumbra realizar despiece o desmontajes para verificar el correcto funcionamiento.

Calibración. Es la acción de controlar y ajustar parámetros de acuerdo con las normativas y los estándares previamente establecidos.

Rutinas de inspección. Se realizan inspecciones visuales de manera frecuente con el fin de documentar parámetros que aportan información valiosa.

Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento es un conjunto de tareas destinadas a corregir defectos y fallas que se presentan de forma imprevista, los cuales pueden o no significar que el equipo quede fuera de servicio de forma total o parcial.

Mantenimiento rutinario

El objetivo de este tipo de mantenimiento es que el equipo se encuentre dentro de las condiciones que recomienda el fabricante de operación. Involucra actividades como: lubricación, inspecciones generales, limpieza general y reparaciones menores.

Mantenimiento por avería o reparación

Este tipo de mantenimiento se realiza al momento de presentarse en un equipo una falla. No es programado ni debe ser inmediata; simplemente se realiza debido a que el equipo no funciona.

Mantenimiento circunstancial

Este mantenimiento es una composición de principios como la programación, la planificación, el control y la evaluación. El mantenimiento se realiza de forma alterna dentro de la organización y debe contar con un control y un registro de fallas.

Mantenimiento contratado

El mantenimiento contratado es un tipo de estrategia administrativa, debido a sus grandes ventajas en disminución de personal, menos cargas sociales, mano de obra calificada y otras razones.

2.6 Costos de mantenimiento

En el pasado, según Pasteralli (2010), los gastos y los costos de mantenimiento no eran representativos comparados con los gastos de operación, pero a partir del constante avance de la automatización de los sistemas de producción y requerimientos, han obligado a reconsiderar la situación debido a que, en la actualidad, el costo asociado con el producto o el servicio que se ofrezca está ligado totalmente y representa un factor determinante. La prioridad del mantenimiento es asegurar que la producción no se detenga con el menor gasto asociado. Esta labor es compleja, ya que también, en muchas ocasiones, se tiende a hacer un sobremantenimiento y por esto se percibe el mantenimiento como un gasto excesivo. Asimismo, en otras ocasiones, no se cumplen los objetivos por falta de mantenimiento y, por consiguiente, tampoco los objetivos del negocio.

Una situación no deseada es reducir costos de mantenimiento sin tomar en cuenta su impacto. Esto afecta directamente la seguridad y la calidad de los productos. El costo lo fija el negocio en el que se encuentra y la empresa dispone el presupuesto. Por lo tanto, la pregunta que toda empresa se hace es: ¿Cuál es el punto de inflexión en donde hay un equilibrio y no hay falta de mantenimiento ni sobremantenimiento? Pasteralli (2010) propone que el mejor mantenimiento no es aquella con mayores requerimientos técnicos, sino el que brinda los mejores resultados según el negocio y el contexto. En la siguiente figura se muestra que, conforme aumentan las acciones proactivas, aumenta también el costo asociado, lo cual provoca una sobregestión. Por otro lado, ocurre una situación similar, pero

provoca una subgestión. El costo integral de mantenimiento es aquel que presenta un equilibrio de costo y recursos destinados; es el punto óptimo.

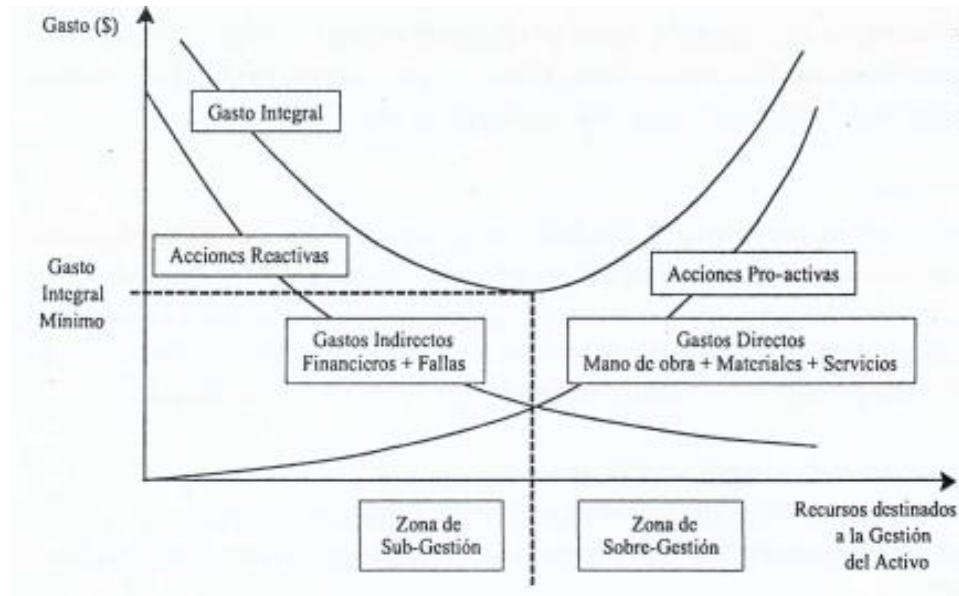


Figura 17. Costo integro de mantenimiento

Fuente: Manual de mantenimiento ingeniería, gestión y organización (2010)

Tipos de gastos

Los costos de mantenimiento, de acuerdo con Pasteralli (2010), se agrupan según dos criterios: por el tipo de gasto y por su correlación con su actividad. Los costos de mantenimiento son los siguientes:

Materiales

Los materiales representan un gran porcentaje del total de gastos de mantenimiento. El estimado se puede conocer a partir de la totalidad órdenes de compra emitidas. Por esto, la documentación es un rubro importante

Mano de obra

La mano de obra se asocia tanto con la necesidad técnica como con la financiera. En consecuencia, es un gasto fijo, y tradicionalmente representa el mayor gasto. Este costo abarca tanto acciones correctivas como proactivas que involucran todas las máquinas.

Tercerización

La tercerización tiende a reducir los gastos fijos de la empresa, ya que solo se utiliza cuando la demanda de trabajo es grande o se requiere mano de obra especializada. El requerimiento de tercerización depende de la necesidad de la empresa.

Financiero

Este abarca el costo por amortización de equipos y por mantener la inmovilización del almacén de repuestos.

Consecuencias de fallos

Este costo también se le llama “inducidos” o “consecuencias”. Engloba los gastos asociados con el accionar de mantenimiento, específicamente al mal funcionamiento de la maquinaria. Este se asocia a la calidad del producto, la protección y la seguridad. El mantenimiento debe ser responsable; si no, nunca se realizará el esfuerzo en reducir sus consecuencias.

El segundo criterio para dividir los gastos físicos de los variables es:

Gastos fijos

Los gastos fijos son aquellos que no dependen de la cantidad del producto manufacturado o la cantidad de servicios; es decir, es independiente del volumen de actividad.

Algunos ejemplos de gastos fijos son:

- Consumo de lubricantes
- Capacitaciones
- Costo de equipo y materiales inmovilizados
- Servicios contratados (líquidos penetrantes, termografía y otros)
- Remuneración del personal
- Gastos técnicos

Gastos variables

Los gastos variables dependen del volumen de actividad; es decir, de la cantidad de producto o servicio prestado. Unos ejemplos son las horas extra y los repuestos de acciones correctivas, así como los repuestos de acciones proactivas, las cuales dependen del régimen de acción de los equipos.

2.7 Confiabilidad operacional

Según Améndola (2002), la confiabilidad operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, empleando nuevas herramientas de diagnóstico, metodologías y tecnologías para la mejora de la planeación, el control, la ejecución y la producción a nivel de industria. La confiabilidad operacional (CO) se fundamenta en diez mejores prácticas de clase mundial, las cuales son, entre otras, el trabajo en equipo, la integración con empresas tercerizadas y contratistas, el apoyo de la gerencia, la gestión de disciplina, la integración de sistemas, la producción basada en confiabilidad y la mejora continua.

La confiabilidad en la operación es una cultura que incluye entre sus aspectos la priorización de actividades, la acción humana y el enfoque sistemático basado en los objetivos del negocio. Esta cultura debe ser adaptada por todos los integrantes de la institución relacionados con el proceso de mantenimiento, desde los procesos de producción hasta el desarrollo de capital humano.

En síntesis, la estrategia implica actividades para conservar la vida útil de los equipos en excelentes condiciones de operación, con el fin de evitar fallas imprevistas. Se basa en análisis estadísticos y de condición orientados en mantener la confiabilidad de los equipos. La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo opere sin presentar fallo o pérdida. El fin de la CO es cambiar el viejo paradigma de actuar reactivamente y generar valor por medio de actividades planeadas preventivas que dependan del análisis de objetivos.

La CO se basa en cuatro aspectos o parámetros operativos principales, los cuales se muestran en la siguiente figura.



Figura 18. Área de la confiabilidad operacional

Fuente: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/la-cultura-de-la-confiabilidad-operacional>

Las mejoras en busca de aumentar la confiabilidad operacional pueden traer beneficios, pero se deben tener en cuenta los cuatro aspectos si realmente se quiere realizar un cambio organizacional. Existen técnicas que permiten avanzar en los cuatro aspectos de manera integral, como la Gestión total de calidad (TQM) acompañada de Mantenimiento productivo total y planes agresivos de confiabilidad humana.

Aplicación de la CO

Las principales aplicaciones de CO son:

- Elaboración de planes de inspección de equipo estáticos y dinámicos.
- Solución de problemas recurrentes que afectan efectividad de operaciones.
- Establecer frecuencia y alcance de paradas.
- Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo, así como procedimientos administrativos.

Para avanzar en la confiabilidad operacional, se debe avanzar en varios análisis y estrategias, tales como:

- Gerencia de información
- Análisis de fallas y solución

- TPM-RCM-PMO
- Análisis causa-raíz
- Inspección basada en riesgo
- Costo de ciclo de vida

Logro de la CO

Para lograr una cultura de confiabilidad operacional, se requiere:

1. Tener una visión de lo que se quiere realmente obtener.
2. Tener una estrategia para lograr cumplir con la visión, con los equipos.
3. Integrar al equipo de trabajo con base en en reconocimiento y uso de habilidades.

Por lo tanto, la planificación es vital. Se necesita que se expliciten la misión, la visión, los objetivos, las políticas y aspectos, los cuales deben ser alcanzables para no causar desinterés dentro del grupo de trabajo. Los puntos clave para alcanzar la cultura organizacional son:

- Reducción de mantenimiento no planeado, mediante análisis de fallas, causa-raíz y otros aspectos.
- Creación de políticas de cero tolerancia a defectos.
- Reducción del mantenimiento planeado; para esto se realizan acciones basadas en condición, no en tiempo.
- Involucrar al personal en actividades de formación de habilidades en mantenimiento y operación.
- Explicar que la CO no es un departamento, sino una cultura.

2.8 Gestión de conocimiento

La gestión de conocimiento es definida por León, Ponjuán y Rodríguez (2007) como el proceso de adquisición, documentación, distribución, uso, aprendizaje organizacional e identificación de conocimiento con el fin de desarrollar capital intelectual de una empresa o institución. Por lo tanto, este enfoque es

basado en la utilización de los activos más importantes de la organización: recurso humano, su conocimiento y su disposición para colocarlos a su servicio para aumentar la productividad y competitividad. Esta cultura corporativa propone un intercambio de conocimientos entre los miembros de la organización.

Según Cárcel (2015), las organizaciones generan nuevos conocimientos partiendo de aptitudes, experiencia y actitudes propias de la organización. Cada una debe generar un ambiente que estimule el conocimiento y la integración de herramientas y metodologías en el proceso de creación de conocimiento. Es importante destacar que se deben relacionar la gestión de información, la gestión de tecnologías, la cultura organizacional y la gestión de recurso humano para que el proceso sea eficiente.

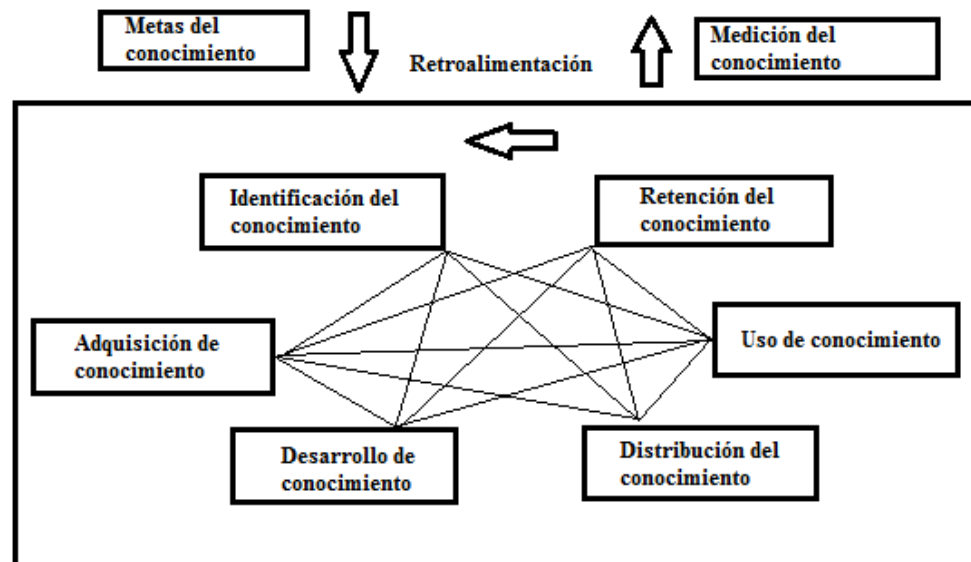


Figura 19. Procesos estratégicos en la gestión de conocimiento.

Fuente: Probst G, Raub S Romhardt K (2001)

A continuación, se describen los procesos estratégicos implicados en la gestión de conocimiento, de acuerdo con León, Ponjuán y Rodríguez (2007).

Identificación del conocimiento

Identificar el conocimiento adquiere cada vez mayor relevancia. Se trata de tener una transparencia de conocimiento organizacional desarrollado con tendencia horizontal, es decir, eliminando jerarquías. Los integrantes de la organización adquieren el conocimiento a partir de la experiencia y sus habilidades; por lo tanto, deben desarrollarse estrategias capaces para documentarlo y registrarlo.

Adquisición de conocimiento

Al haber sido identificado el conocimiento, este debe ser documentado para utilizarlo como respaldo. Todo sistema de gestión de conocimiento debe tener a su disposición sistemas efectivos. Si hay ausencia de conocimiento, se deben crear herramientas y buscar fuentes en su entorno.

Desarrollo del conocimiento

El desarrollo se ejecuta a partir de la provocación de habilidades y competencias de los individuos que pertenecen a la empresa o la organización. Estrictamente, es un proceso donde se fomenta un ambiente de formación de innovación y generar soluciones.

Distribuir conocimiento

En el momento de compartir información y ponerla a disposición de sus miembros, siempre existen dificultades, puesto que todo proceso nuevo genera resistencia. Por esta razón, en busca de minimizar esta situación se puede optar por crear un centro de distribución del conocimiento hacia uno o varios grupos por medio del uso de tecnología y plataformas con el fin de generar valor. La meta de la distribución de conocimiento es generar un ambiente de trazabilidad de objetivos comunes y procesos.

Uso de conocimiento

El uso de conocimiento es relativo a cada miembro, debido a que este depende de cada necesidad. Por lo tanto, se necesita un sistema actualizado de

información sobre las necesidades de los usuarios, y este debe ser capaz de combatir diferentes elementos que afectan de manera positiva o negativa la nueva gestión de conocimiento.

Retención de conocimiento

La retención de conocimiento es el paso más importante, debido a que si no se realiza de manera efectiva, todo el proceso se habrá realizado sin tomar realmente un impacto positivo. La retención implica preservar conocimiento por medio de fuentes las cuales puedan consultarse frecuentemente.

Para obtener un proceso de retención efectivo, hay tres procesos importantes:

- Selección de personas y proceso
- Conservación eficiente de información
- Actualización del conocimiento; de lo contrario, se vuelve obsoleto

Medición de conocimiento

La medición del conocimiento implica cuantificar la medida en que se cumplen los objetivos. Este paso puede dividirse en los siguientes dos:

- El primero es por medio de inspección visual: verificar cuánto ha cambiado la institución.
- Luego, a partir de los datos, se interpreta su relación con los objetivos de conocimiento.

2.9 Cadena de frío

En la industria farmacéutica o veterinaria, el hecho de garantizar condiciones necesarias para conservar las características y las configuraciones de productos como vacunas y medicamentos es de vital importancia. Las principales condiciones que se monitorean y se controlan son la temperatura y la humedad.

El concepto de cadena de frío, según Mendoza (2016), se refiere al conjunto de acciones logísticas como almacenamiento, conservación, distribución, transporte

y manejo en busca de mantener la temperatura y la humedad dentro del rango establecido hasta que llegue al consumidor final.

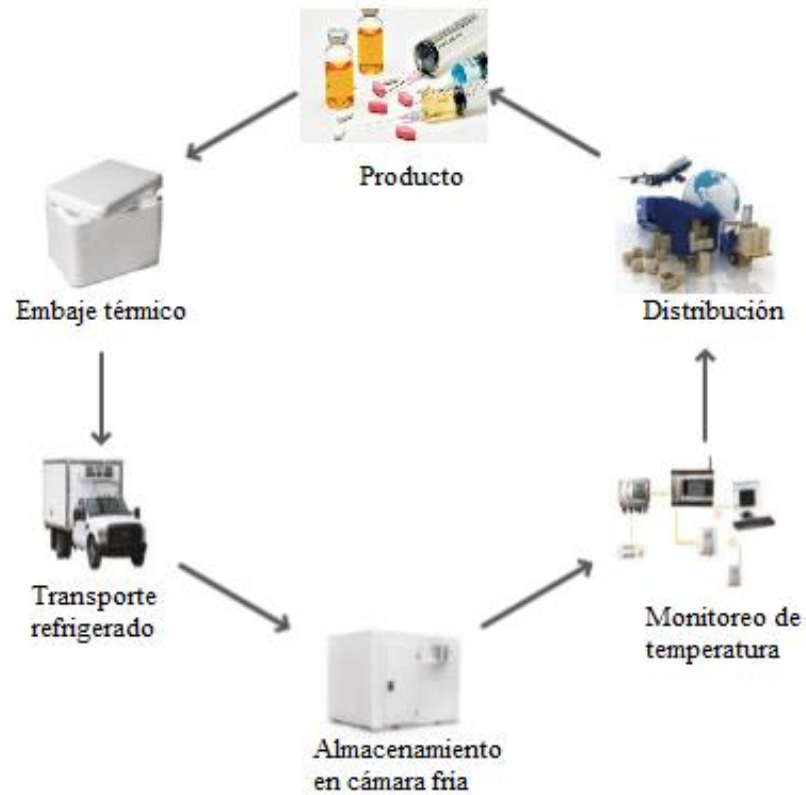


Figura 20. Diagrama de cadena de frío para productos farmacéuticos

Fuente: Mendoza (2016)

La cadena de frío abarca temperaturas de 2 a 8 °C.

2.10 Mantenimiento planificado

El mantenimiento progresivo o planificado es, de acuerdo con según Morales (s.f.), un pilar del TPM enfocado en lograr cero fallos o averías en los equipos. La implantación correcta implica realizar esfuerzos importantes, debido a que, generalmente, los gestores del mantenimiento no cuentan con historial de fallas ni registros de cambios.

En la actualidad, las principales limitaciones presentes en el mantenimiento planificado son:

- No se cuenta con un historial confiable para definir con mayor precisión los tiempos para realizar mantenimiento preventivo. Generalmente, los tiempos son establecidos a partir del conocimiento de fabricante o experiencia de proveedores. El problema de realizarlo de esta manera es que estos tiempos deben establecerse dependiendo del contexto operacional y del historial para responder adecuadamente a las necesidades de mantenimiento.
- Cuando hay paradas de equipos porque la producción está detenida, se aprovecha para realizar todas las inspecciones, pero estos tiempos pueden o no ser suficientes; no son constantes y, además, no se garantiza que se satisfagan las necesidades de los equipos.
- A los equipos se les realiza mantenimiento de forma similar, sin importar su criticidad, su contexto operacional o su ciclo de vida.
- Las inspecciones de mantenimiento no cuentan con normas, estándares o cumplimientos especializados para realizar el trabajo técnico. Por lo tanto, las inspecciones pueden ser muy superficiales y no cumplir realmente con el propósito.
- Los trabajos realizados no incluyen acciones de mejora continua (Kaizen) que permitan mejorar la capacidad técnica y la fiabilidad del trabajo de mantenimiento.

Implementar el mantenimiento planificado desde un marco de TPM mejora la gestión preventiva, puesto que utiliza tres grandes estrategias:

1. Actividades Kaizen enfocadas a la mejora de características de los sistemas o equipos.
2. Actividades de mejora continua en la función técnica y administrativa del mantenimiento.
3. Actividades de corrección y prevención de averías a través de rutinas periódicas, predictivas y diarias.

Dentro de las actividades que se realizan enfocadas a la meta de cero averías están:

- Implantar acciones de prevención, por ejemplo, cambio de piezas u optimización del uso de herramientas.
- Utilizar registros de información para mejorar los tiempos de ejecución de mantenimiento preventivo.
- Participación de la totalidad de todo el personal relacionado con la operación del mantenimiento.
- Utilización de la información para reducir, identificar e inclusive eliminar los fallos que se presentan de manera frecuente.
- Desarrollar acciones en busca de la mejora del Management Maintenance (MM).

El mantenimiento planificado se basa en tres grandes tipos de mantenimiento: el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento de mejora. A su vez, estos se dividen en otros subtipos que abarcan actividades como las que se muestran en la siguiente figura.

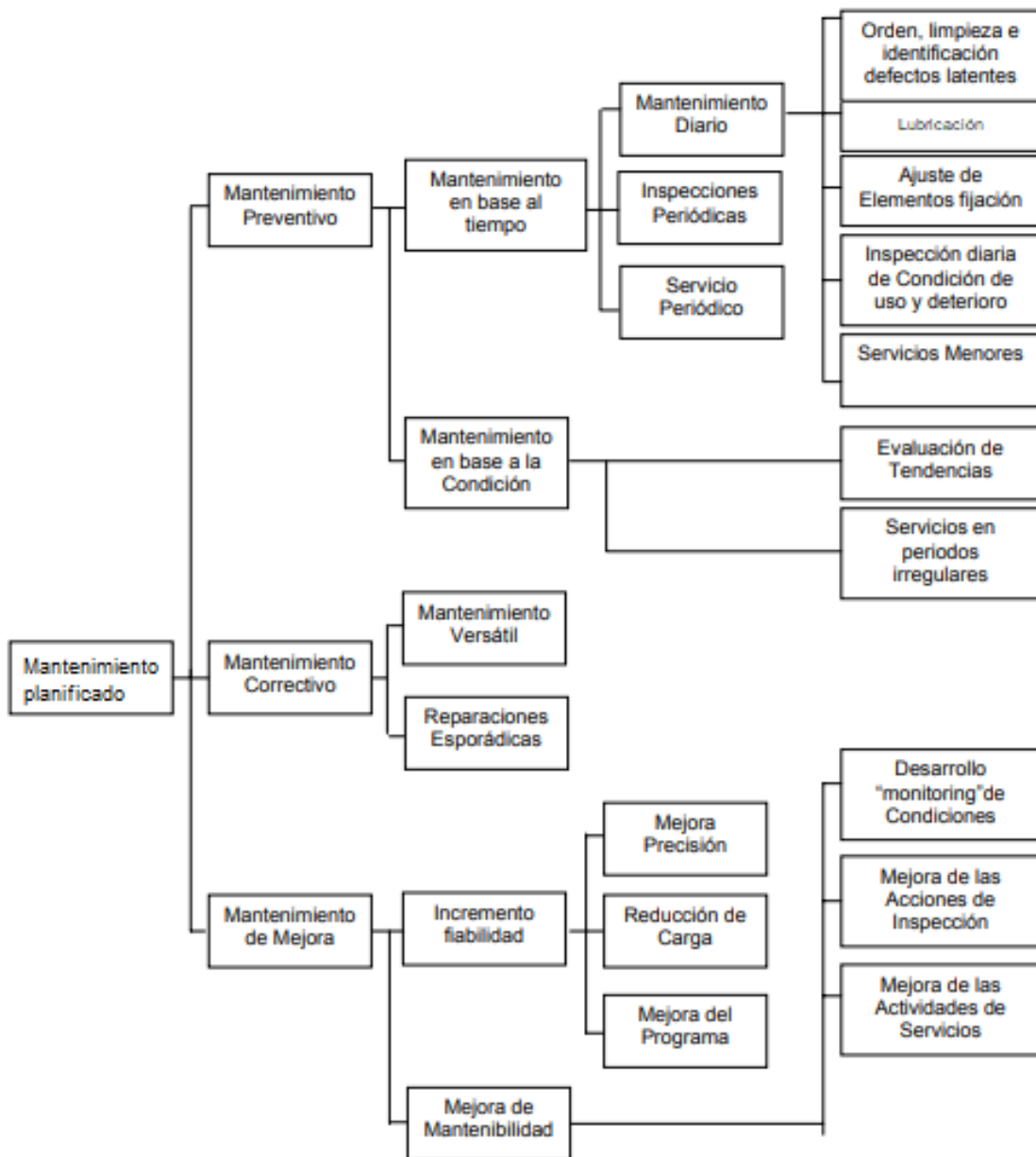


Figura 21. Estructura del mantenimiento planificado

Fuente: Morales (s.f.)

El mantenimiento planificado requiere de dos etapas previas para poder lograr que sea económico, eficiente y eficaz.

La primera etapa consiste en hacer predecible el MTBF, debido a que si este es estable en un equipo, puede que el costo y el esfuerzo asociado sean poco viables. Esto permite que los fallos sean predecibles de igual manera. Acciones

como eliminar negligencia y errores de operación o mantener los equipos en condiciones de operación de fábrica tienen un fin común de reducir la variabilidad cuando se presentan fallos y determinar los deterioros acumulados.

La segunda etapa, realizada después de la predicción del MTBF, se va a tratar de aumentarlo. Se pretende eliminar los fallos causados por razones de diseño, mala gestión o deterioro acumulado, con el objetivo de aumentar el margen de duración de los sistemas y equipos, restaurar deterioros y eliminar fallos repentinos. Para lograr esto, se plantean acciones como la eliminación de sobrecargas en los equipos, la realización de proyectos Kaizen y estandarización de métodos.

La implantación del mantenimiento planificado requiere de seis pasos, los cuales se visualizan en la siguiente figura.

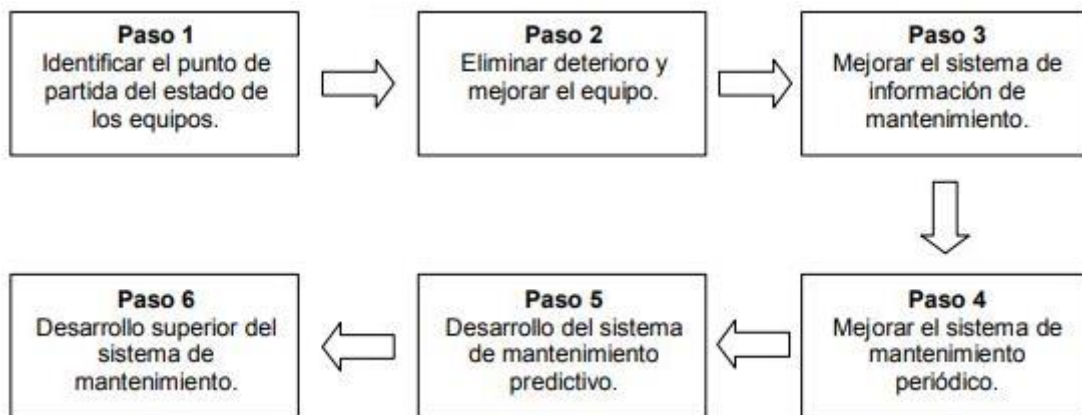


Figura 22. Pasos para implementar el mantenimiento planificado como pilar del TPM

Fuente: Morales (s.f.)

El primer paso consiste en crear una base histórica confiable que funcione como insumo para diagnosticar los problemas en los equipos. Es necesario contar con información necesaria, identificar tipos de fallos, realizar análisis de criticidad, cuantificar los costos de mantenimiento, documentar averías y verificar si las acciones de mantenimiento actuales son capaces de satisfacer los objetivos del negocio.

El segundo paso abarca la eliminación de fallos y problemas, además de la implantación de acciones Kaizen. Como acción complementaria se plantea el manejo de la información para diagnosticar averías y fallos.

El tercera instancia se plantea el mejoramiento del sistema de información; el propósito principal es la creación de modelos de información de averías y fallos. Dentro de las principales acciones se encuentra el control de piezas, repuestos y materiales, la verificación de que el sistema de información es oportuno, la documentación de fallos e intervenciones, entre otras.

Seguidamente, en la implantación de mantenimiento planificado se establecen estándares de mantenimiento, tales como los flujos de acción, la identificación de equipos y la definición de estrategias de desarrollo y mantenimiento. Dentro de sus principales etapas se encuentra la preparación oportuna de estándares como actividades, procedimientos, registros de información, diseño de estrategias como criticidad, tipo de mantenimiento y tablas de indicadores.

El quinto paso busca implementar acciones enfocadas en la introducción de tecnología predictivas o basadas en la condición de los equipos. Dentro de este se encuentran etapas como la introducción de la nueva tecnología, la formación de personal, la creación de diagramas, la identificación de elementos y equipos a aplicar la nueva tecnología y la automatización de la forma de obtener la información.

En el último paso se halla el desarrollo de proceso de mejora continua desde varias perspectivas, como la técnica, la humana y la organizativa. Básicamente, lo que se requiere es evaluar el trabajo hasta ahora, visualizar oportunidades de mejora en las tecnologías y evaluar económicamente el sistema de mantenimiento.

2.11 Análisis de criticidad

De acuerdo con Huerta (s.f.), el análisis de criticidad es una metodología que permite establecer prioridades en sistemas, equipos e inclusive procesos. Esta facilita la toma de decisiones, además de que direcciona recursos y esfuerzos en áreas realmente necesarias.

Con el fin de determinar la criticidad, se establece una matriz donde se ubican los equipos al determinar la frecuencia y la consecuencia de ocurrencia; esta se muestra en la siguiente figura.



Figura 23. Matriz de criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2017

La matriz de colores permite identificar de menor a mayor valor la intensidad de criticidad: se representa con verde la criticidad baja, amarillo la criticidad media y rojo la criticidad alta. Una buena práctica es colocar en la codificación de los equipos la letra y el color que corresponde a la criticidad.

La criticidad corresponde al resultado del producto entre la frecuencia y la consecuencia.

Los pasos necesarios para ejecutar la metodología son los siguientes:

1. Delimitar el nivel de análisis

En este paso se determina si la metodología va a abarcar toda la instalación o solo un área o línea de producción. En este paso se requiere:

- Ubicación y servicio
- Diagramas de flujo
- Registros de impacto (en producción, seguridad y otros)

-Frecuencia de ocurrencia

-Relación

El primer paso abarca la ubicación y el alcance de la criticidad; se define el objeto para realizar el análisis.

2. Definir la criticidad

Se estima la frecuencia de falla y el impacto o consecuencia. Para esto, se utilizan criterios y rangos correspondientes. Para el cálculo de la frecuencia de falla funcional, se utiliza la siguiente figura.

Tabla 3. Criterios para estimar la frecuencia por falla funcional

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2017.

Para la estimación de las consecuencias y los impactos, se utilizan cinco criterios diferentes: consecuencias en la producción, el personal, lo ambiental, la población y la instalación. Todos se califican de 1 a 5 según su impacto. En la siguiente tabla se muestra el criterio correspondiente a cada número de la escala.

Tabla 4. Criterios y rasgos para determinar las consecuencias o impactos de la falla

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2017.

3. Cálculo del nivel de criticidad

La criticidad se define como la multiplicación de la frecuencia por el impacto o consecuencia. Una vez determinada la criticidad, se ubica el equipo en la matriz de criticidad que se muestra a continuación.



Figura 24. Matriz de criticidad

Fuente: Aprendizaje Virtual PEMEX, 2017.

Se puede observar que la matriz tiene tres grandes áreas dependiendo del valor de criticidad.

4. Análisis y validación de los resultados

El cuarto paso implica el análisis de los resultados obtenidos, con el objetivo de definir acciones para disminuir causas de modos de fallas que producen la falla.

En este paso se validan los resultados y se corrigen posibles desviaciones que ameriten reevaluar el análisis nuevamente.

5. Definir el nivel de análisis

En el quinto paso, una vez evidenciados los equipos críticos, se jerarquizan los problemas. Este paso permite orientar los recursos de mantenimiento a la solución de lo que es más valioso y con mayor impacto para el negocio.

6. Determinar la criticidad

En el análisis de criticidad, lo siguiente es evaluar la causa más significativa. Se debe evaluar cuál es el equipo con mayor criticidad y evaluar la causa de esto. Si es la frecuencia, se debe hacer lo posible por mitigar este aspecto. Por otro lado, si son las consecuencias, se deben tomar las medidas pertinentes en el aspecto que causa el problema. Se pueden realizar acciones como:

- Análisis causa-raíz de los impactos más relevantes e implantar acciones que la minimicen o eliminen con análisis causa-raíz.

- Complementar resultados con análisis RAM.

- Desarrollar acciones que minimicen o eliminen las consecuencias de las fallas y los modos de falla a partir de Inspección Basada en Riesgos (IBR) o Análisis Centrado en Confiabilidad (MCC).

6. Sistema de seguimiento de control

Como penúltimo paso se determinan acciones con el fin de establecer control y seguimiento para asegurar el cumplimiento de las recomendaciones y las acciones correctivas. Se pueden realizar medidas como:

- Monitorear acciones derivadas de los resultados del análisis para definir si se debe realizar de nuevo el análisis.

- Promover la cultura de informar eventos anormales en los equipos en todos los niveles de la empresa.

- Asegurar la continuidad de ejecución de acciones de aplicación de análisis.

7. Análisis y validación de los resultados

Como último paso se debe crear un expediente para documentar los resultados obtenidos.

2.12 Diagramas de flujo

Según el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN 2009), los diagramas de flujo son definidos como representaciones gráficas que visualizan procedimientos, procesos, rutinas (o parte de ellos) de manera cronológica. Se emplean símbolos para representar su naturaleza.

La simbología de representación de diagramas de flujo está normalizada por varias instituciones. La más usada es la del Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI por las siglas en inglés), llamada Procesamiento Electrónico de Datos (PED).

En la siguiente figura se muestran los símbolos y su significado según ANSI.






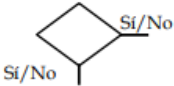



Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Indica la salida y entrada de datos.
	Almacenamiento / Archivo	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Conector	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	Conector de página	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continua el diagrama de flujo.

Figura 25. Simbología de elaboración de diagramas de flujo

Fuente: Guía de Elaboración de Diagramas de Flujo, MIDEPLAN

4. Entorno de la gestión de mantenimiento actual

La empresa Roche Servicios S.A. cuenta con un Departamento de Facilidades, el cual es encargado de organizar y velar por el buen funcionamiento general del edificio, además de tomar las decisiones relacionadas con cualquier cambio en equipos o infraestructura, entre otras.

La coordinación de facilidades está a cargo de un ingeniero electricista, quien se encarga de lo siguiente:

-Solicitar, presupuestar y supervisar todos los trabajos realizados en el edificio. Este aspecto es muy importante, ya que anualmente hay auditorías debido al tipo de industria donde se desarrolla la empresa. Por lo tanto, se realizan mejoras constantemente.

-Coordinar empresas tercerizadas debido a que el 100 % del mantenimiento y los trabajos se realizan de esta manera. Estas atienden diferentes equipos y sistemas, como se muestra en la siguiente figura.

-Verificar que los trabajos de mantenimiento se realicen de manera correcta y completa.

Los técnicos encargados de realizar mantenimiento son tercerizados en su totalidad. Siempre se contratan técnicos especializados según el área en que se necesitan; por ejemplo, mecánicos, eléctricos, electrónica o de servicio de limpieza.

Como se mencionó antes, la estructura departamental cuenta con un ingeniero electricista y un gerente supervisor de las labores de mantenimiento.

La cantidad total de equipos de refrigeración y aire acondicionado es de 123, distribuidos de la siguiente manera por área:

-Área de congelado: 7 equipos

-Área de frío: 30 equipos

-Área de ambiente: 86 equipos

El área de ambiente tiene la mayor cantidad de equipos debido a que corresponde al área de aire acondicionado del CEDI y de las oficinas de ambos pisos.

3.1 Gestión actual del mantenimiento

La gestión de mantenimiento actual tiene como objetivo cumplir con las necesidades del negocio. La industria farmacéutica, para conservar las condiciones necesarias en los productos, debe asegurar que sus equipos no presenten inconvenientes. Actualmente hay equipos con *back up* en las cámaras frías y aire acondicionado de las oficinas. También se cuenta con servicio técnico contratado tercerizado, el cual responde de manera inmediata si algún equipo crítico falla. Lo que se busca principalmente es mantener los productos en condiciones dentro de los rangos necesarios para preservar sus características y asegurar su calidad.

Relacionado con el aspecto presupuestario se encuentran el pago de contratos de mantenimiento preventivo y de servicio, los mantenimientos correctivos, la adquisición de materiales y repuestos, los proyectos aprobados de mejora y los pagos de costos fijos (facturación de electricidad, agua, alquiler de instalaciones y otros).

3.2 Contratos de mantenimiento

En la actualidad, el mantenimiento es 100 % controlado por las empresas tercerizadas; es decir, la función que realiza Roche Servicios S.A. es de dar el visto bueno y no se profundiza en el análisis, la retroalimentación o el seguimiento del mantenimiento; solo se limita a evaluar si funcionan o no los servicios. Los reportes o las evidencias de ejecución de trabajos de mantenimiento que se manejan son solo los que las tercerizadas brindan, pero realmente no brindan información relevante en el momento de administrar el mantenimiento.

Roche Servicios S.A. cuenta actualmente con los contratos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Contratos de mantenimiento actuales en Roche Servicios S.A.

N°	Contratos activos de mantenimiento
1	Sistema de transporte
2	Paletizadora
3	Montacargas
4	Sistema contra incendio
5	Alarma Robo
6	Gas inerte
7	Tableros eléctricos
8	Planta eléctrica
9	Portones Metalicos
10	Niveladoras y puertas de vidrio
11	Iluminación
12	Equipos de refrigeración y A/C
13	UPS
14	EMS y BMS
15	Control de accesos
16	Elevador
17	Impresoras e inyectoras de tinta
18	Puerta y trompos automáticos
19	Extintores

Fuente: Elaboración propia Excel

Básicamente, los contratos críticos son los relacionados con la preservación, el control y el monitoreo de las condiciones de productos dentro del rango necesario. Estos son los equipos de refrigeración y aire acondicionado, además de los sistemas EMS y BMS.

Para administrar el mantenimiento, no se cuenta con ningún software ni hojas de cálculo para abarcar aspectos como el control del *stock* de repuestos y materiales, los costos de mantenimiento, los tiempos de trabajo y los indicadores.

4. Estudio de efectividad de mantenimiento (MES)

4.1 Metodología para evaluar la gestión de mantenimiento

La competitividad de las empresas obliga a los diferentes departamentos a optimizar recursos para obtener los mejores resultados con el menor esfuerzo. La eficiencia de procesos juega un papel elemental. El departamento encargado de

mantenimiento no es la excepción; es uno de los llamados a estudiar sus procesos y mejorar de manera continua. Para conocer el estado de sus gestiones en el mantenimiento industrial, se utilizan auditorías o estudios. Estas evalúan el comportamiento de las áreas más influyentes y su desempeño.

Según Parra y Crespo (2012), una auditoría de mantenimiento se realiza para evaluar la gestión de mantenimiento y compararla con un modelo ideal o perfecto, con el fin de determinar las oportunidades de mejoras. El objetivo de estas auditorías es determinar el nivel de madurez de mantenimiento de las diferentes áreas evaluadas y conocer cuáles son los parámetros más débiles, con el propósito de generar acciones para su fortalecimiento.

El estudio del nivel de gestión de mantenimiento permite al departamento conocer las áreas que presentan un mayor desempeño. Esta evaluación para Roche Servicios S.A. se va a realizar por medio del estudio de efectividad de mantenimiento “Maintenance Effectiveness Survey (MES)” del Instituto Marshall, el cual incluye una serie de preguntas relacionadas a diferentes áreas significativas de mantenimiento que permiten visualizar de manera rápida el estado de la gestión actual comparado con un escenario ideal. El gráfico de radar de mantenimiento, o polígono de productividad, muestra el nivel de efectividad de cinco áreas claves del mantenimiento, como lo son la gerencia de la información, las técnicas y los equipos en mantenimiento preventivo, la ejecución y la planificación, los recursos gerenciales y la calidad, el soporte y la motivación.

En el siguiente gráfico se muestra el escenario ideal en el estudio de efectividad.

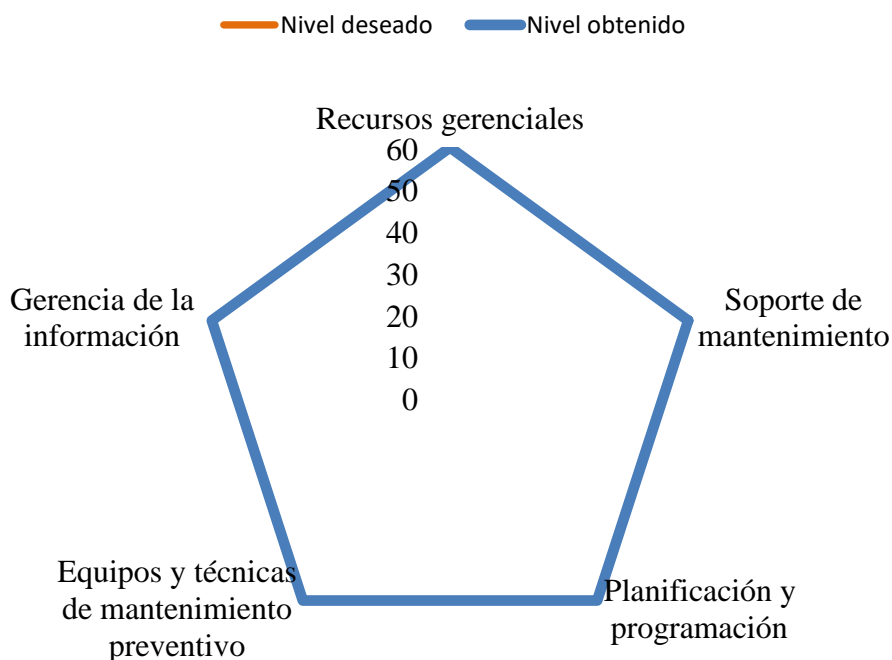


Gráfico 1. Escenario ideal en el estudio MES

Fuente: Elaboración propia en Excel

En este caso ideal, el nivel deseado coincide con el obtenido.

4.2 Escala de medición de MES

La evaluación, según la norma MES, se realiza por medio de la sumatoria de los puntos obtenidos promediados (de todos los encuestados). Cada pregunta equivale a cinco puntos en total, y son sesenta preguntas por área. Por lo tanto, la mayor puntuación es de trescientos puntos. La escala con los criterios asociados se muestra a continuación.

Tabla 6. Escala de medición del nivel de madurez de mantenimiento según MES

Rangos	Categoría
300-261	"Clase mundial"/nivel de excelencia en mantenimiento
201-260	"Muy buena"/nivel de buenas prácticas de mantenimiento
141-200	"Por arriba del promedio"/nivel aceptable en mantenimiento
81-140	"Por debajo del promedio"/nivel no muy bueno de mantenimiento, con oportunidades de mejora
Menos de 80	"Muy por debajo del promedio"/nivel muy malo de mantenimiento con muchas oportunidades de mejorar

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

A cada categoría se le asignó un color que facilita la identificación de las categorías de manera visual e intuitiva, sin la necesidad de poseer mayor conocimiento sobre el estudio de efectividad.

4.3 Resultados del estudio de efectividad de mantenimiento en Roche Servicios S.A.

El estudio se realizó con un total de ocho personas que tienen relación directa con la gestión actual: personal de Roche y de la empresa tercerizada. Las preguntas y los resultados del MES se realizaron por medio de una encuesta en línea, que se muestra en el apéndice 1. Es importante resaltar que, para que el estudio de efectividad sea realmente representativo, se debe ejecutar mínimo a ocho personas.

En la siguiente tabla se muestra la lista de colaboradores con el estudio de efectividad.

Tabla 7. Nombre y puesto de los colaboradores en el estudio

Nombre	Puesto	Empresa
Manuel del Valle	Gerente de almacén y facilidades	Roche
Daniel Méndez	Coordinador de facilidades	Roche
Alejandro Corrales	Ingeniero de Servicio	Empresa tercerizada
Josué Arias	Jefe de los técnicos	Empresa tercerizada
Cristian Brenes	Coordinador de servicio técnico	Empresa tercerizada
Oscar Pérez	Ingeniero	Empresa tercerizada
David Vargas	Coordinador de almacén	Roche
Jaikel Barrantes	Técnico en Refrigeración	Empresa tercerizada

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Los resultados se obtuvieron al promediar cada encuesta realizada a cada colaborador del estudio de efectividad de mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del estudio de efectividad de mantenimiento MES. Está conformada por un total de 60 preguntas, las cuales se dividen en 5 grandes áreas claves de mantenimiento.

Tabla 8. Resumen de resultados obtenidos

Área	Nivel desea	Nivel obtenido	% Aprobación
Recursos gerenciales	60	47	78%
Gerencia de la información	60	30	50%
Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo	60	28	47%
Planificación y programación	60	31	52%
Soporte de mantenimiento	60	32	53%
TOTAL:	300	168	

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

El resultado total es de 168, lo cual corresponde a un nivel de mantenimiento aceptable. Se considera que el nivel es superior al promedio y, además, por cada área se muestra por medio de la escala de colores el porcentaje de aprobación. Las áreas de soporte de mantenimiento, planificación y programación y gerencia de la información presentan un desempeño regular por encima de promedio; por su lado, el área de equipos y técnicas de mantenimiento preventivo presenta un nivel de

malas prácticas de mantenimiento o por debajo del promedio. Finalmente, el área de recursos gerenciales presenta un porcentaje de aprobación equivalente al de buenas prácticas de mantenimiento.

En la siguiente figura se muestra el resultado de la efectividad de mantenimiento por medio de un gráfico de radar.

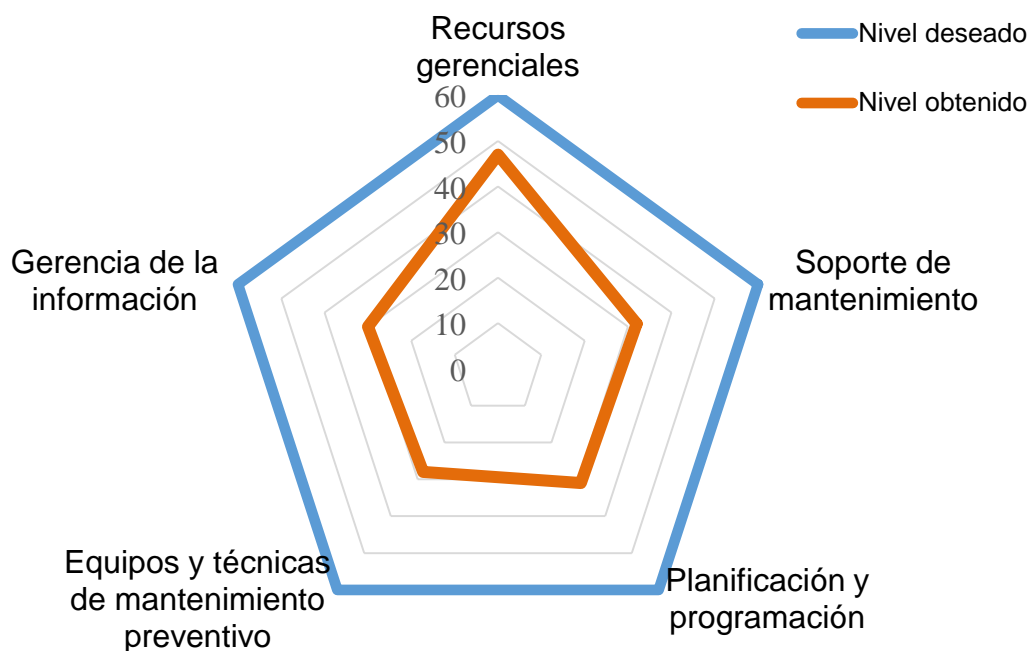


Gráfico 2. Resumen de resultados obtenidos

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En este gráfico se muestra el nivel obtenido con un color naranja, y con azul el nivel de excelencia de cada una de las cinco áreas de mantenimiento evaluadas.

4.4 Análisis de los resultados

Para el análisis de resultados del estudio de efectividad, se va a analizar cada área por separado, y también el nivel obtenido general. Para cada área clave de mantenimiento evaluada, se van a evidenciar los aspectos más significativos que aumentan la brecha.

La siguiente figura muestra la brecha por área clave de mantenimiento, además del porcentaje de aprobación.

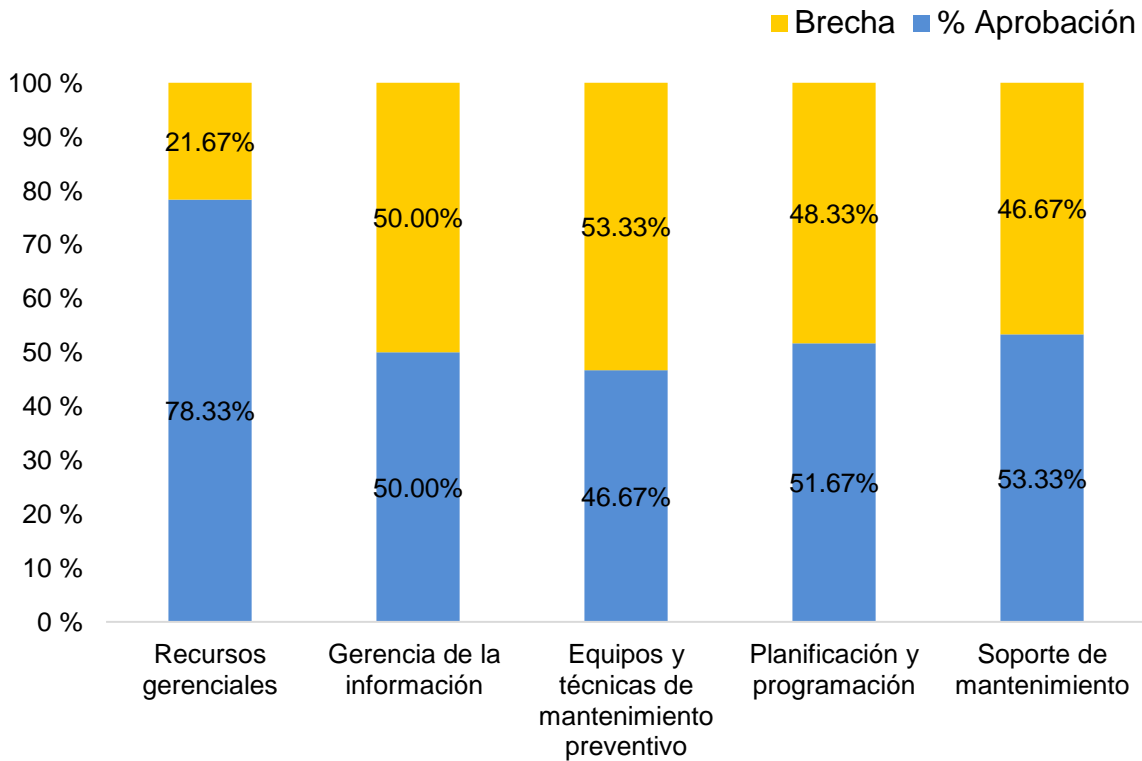


Gráfico 3. Brechas encontradas por el MES

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

4.4.1 Resultados obtenidos en recursos gerenciales

El área de recursos gerenciales es la única que es clasificada con un nivel de buenas prácticas de mantenimiento. Sin embargo, debe considerarse emitir mejoras, debido a que el mantenimiento de excelencia solo se obtiene realizando esfuerzos en conjunto.

Específicamente, hay dos puntos que tienen mayor oportunidad de mejora. La primera está relacionada con la motivación que aporta la gerencia al personal de mantenimiento y producción al trabajar con problemas que afectan la disponibilidad de procesos y, por lo tanto, también de los equipos. Este aspecto es importante

para que en el momento de toma de decisiones exista una convergencia en la solución de problemas supliendo las necesidades de varias áreas.

4.4.2 Resultados obtenidos en gerencia de información

La gerencia de información tiene como resultado un nivel aceptable de mantenimiento. Todas las preguntas tienen designación de 3 o 2, es decir, todas las características se clasifican como regulares o peores. Esta área de mantenimiento evalúa el uso de un software de mantenimiento. En Roche, actualmente, no hay ninguno, debido a que sus necesidades pueden ser suplidas por una base de datos en hojas de cálculo. El proceso de producción de la empresa solo está ligado a la distribución y el reacondicionamiento de fármacos, no hay manufactura. El presente proyecto pretende, mediante hojas de cálculo, establecer las bases de gestión de mantenimiento.

Otros aspectos deficientes son que en Roche no hay información histórica de los equipos. Esto imposibilita la toma de decisiones con base en el ciclo de vida. Tampoco hay registros de paradas de mantenimiento, aunque afecten la eficiencia de mantenimiento. El último aspecto es el más importante respecto a la mejora continua: el uso de indicadores para conocer el nivel actual de los procesos y compararlos con otras organizaciones de clase mundial (*benchmarking*).

4.4.3 Resultados obtenidos en estrategias y equipos de mantenimiento

El área estrategias y equipos de mantenimiento evalúa las inspecciones realizadas a los equipos. En general, muestra un nivel por debajo del promedio, por lo que es una de las dos áreas con mayor oportunidad de mejora.

Las mayores deficiencias detectadas se relacionan con que la organización no utiliza órdenes de trabajo en sus actividades, lo cual genera en ocasiones diferencias de resultados, que la organización no utiliza dentro de sus inspecciones el mantenimiento predictivo (ultrasonido, alineamiento laser, vibración, análisis de aceite, termografía).

La repetitividad y las causas de los fallos catastróficos actualmente no se evalúan ni se documentan, lo cual provoca que la probabilidad de que ocurra sea la misma; no hay retroalimentación.

Un aspecto reiterativo que se muestra a lo largo del estudio es que para los operadores es totalmente ajeno el mantenimiento. Actualmente, no realizan inspecciones básicas, lo cual incrementa los gastos. Además, debido a que los operadores están en mayor contacto con los equipos, estos pueden verificar comportamientos inusuales.

Respecto al mantenimiento preventivo actual, no se realizan reuniones luego de cada visita para revisar las observaciones encontradas. Esta es una oportunidad de mejora, o un ajuste necesario en busca de la mejora continua de procesos.

4.4.4 Resultados obtenidos en programación y planificación

El área de mantenimiento de planificación y programación presenta un nivel de mantenimiento regular, pero cabe destacar que apenas sobrepasa el promedio.

Las características más deficientes son que no hay orden de trabajo ni efectividad, ya que no hay planificación ni estimación en los diferentes trabajos.

Otro aspecto es que no hay planeación adecuada de inspecciones cuando no hay emergencia; se depende de terceros totalmente.

Actualmente, no hay planificación de mantenimiento preventivo, no hay ningún control de efectividad ni de cumplimiento y, además, no se coordina con producción, lo cual no solo retrasa a los técnicos, sino también a los operadores.

4.4.5 Resultados obtenidos en soporte de mantenimiento

El área soporte de mantenimiento presenta un nivel de mantenimiento similar al de programación y planificación. De igual manera, presenta un nivel regular, pero muy cercano a estar por debajo del promedio.

Actualmente, el no contar con un *stock* de repuestos, no conocer el impacto de no tener un repuesto y no tener indicadores de almacén son aspectos que presentan menor efectividad.

La mejora de procesos debe ser política de mantenimiento. Sin embargo, actualmente no hay reuniones con el fin de compartir logros (como medio de motivación) ni objetivos (para enfocar esfuerzos de manera conjunta).

En las inspecciones actuales de mantenimiento realizadas por los técnicos, no se siguen políticas de seguridad. Roche es una empresa que utiliza en su sistema de refrigeración y aire acondicionado el propano grado refrigerante (R-290). Por lo tanto, el factor de seguridad es vital, debido a que presenta una alta inflamabilidad (nivel 4 en el rombo de seguridad).

4.5 Determinación de las expectativas y brechas

4.5.1 Brechas

En el estudio de efectividad de mantenimiento, las brechas se refieren a la diferencia entre el nivel actual y el nivel de excelencia de mantenimiento. En otras palabras, la brecha representa la cantidad de mejoras que hay que realizar para alcanzar un nivel óptimo de mantenimiento. Estas brechas, según el MES, se establecen a partir de la evaluación de cinco grandes áreas. En el siguiente gráfico se muestran las brechas por área de manera porcentual referida al nivel de mantenimiento de clase mundial.

El establecimiento de brechas es muy importante para establecer los componentes que necesitan mayor esfuerzo y presentan mayor oportunidad de mejora.

4.5.2 Expectativas

La expectativa en el MES representa la posibilidad de alcanzar un objetivo o meta. Estas metas deben ser realistas y alcanzables, y siempre se debe considerar

que la mejora es un proceso y debe poder alcanzarse con los recursos de la empresa.

En la siguiente tabla se muestra claramente el significado de expectativa, el cual se refiere a la diferencia numérica requerida para alcanzar, en este caso, un nivel de buenas prácticas de mantenimiento. Se determina que el nivel a alcanzar con el desarrollo del presente proyecto es de buenas prácticas de mantenimiento. Este, en relación con la escala por área (60 puntuación máxima), va desde 40,2 a 52,2. El área de recursos gerenciales según el MES se obtuvo 47 puntos, lo cual indica que está dentro del rango de buenas prácticas de mantenimiento. Por lo tanto, este puntaje se establece como mínimo a alcanzar, además de que este valor es muy cercano a la mitad del rango.

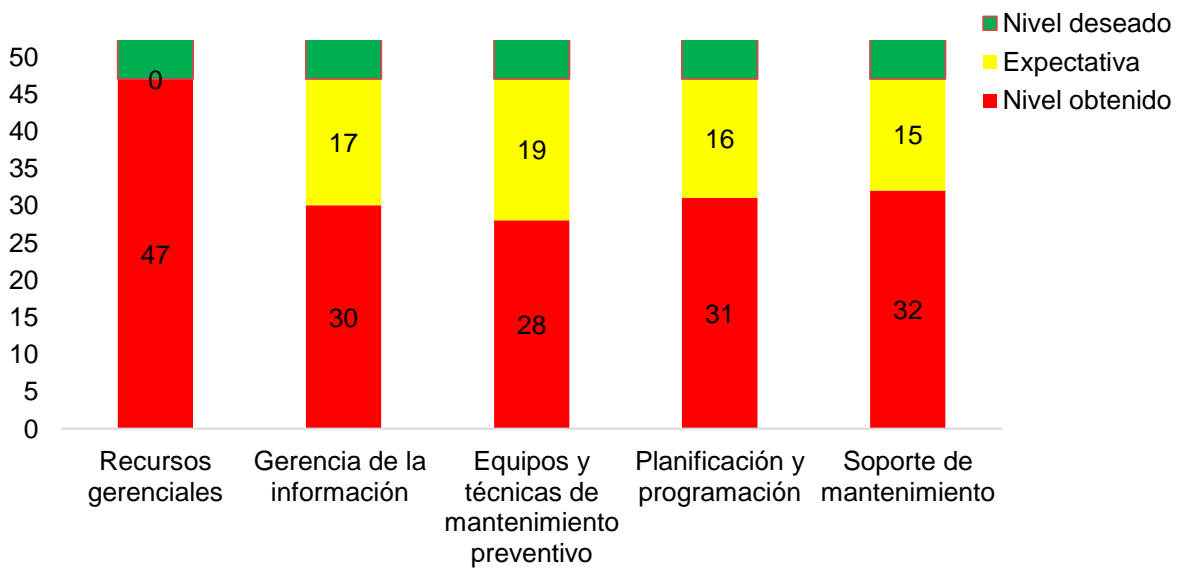


Gráfico 4. Expectativas esperadas para mejorar la efectividad de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

Claramente, el área que requiere un mayor esfuerzo es también en donde la expectativa es mayor, como lo muestra el gráfico anterior. Este corresponde a equipos y técnicas de mantenimiento preventivo. De manera similar, se encuentra gerencia de información, soporte y mantenimiento y planificación y programación. El

área de recursos gerenciales es la única que presenta un buen nivel de prácticas de mantenimiento.

4.5.3 Resultados de expectativas y brechas

Para visualizar de mejor manera las causas por las que ciertas áreas tienen mayor oportunidad de mejora, se desarrolla un diagrama de Ishikawa, el cual tiene como objetivo evidenciar los principales efectos de la manera más sencilla y gráfica posible.



Gráfico 5. Diagrama de Ishikawa con las causas y efectos del MES

Fuente: Elaboración propia en Visio

Una vez identificadas las brechas, se procede a proponer iniciativas, como se muestra en la siguiente tabla. Cada iniciativa se propuso de manera alcanzable a

corto plazo, con énfasis en las áreas evaluadas con el MES, donde se encontraron mayores deficiencias.

Tabla 9. Iniciativas propuestas para disminuir las brechas encontradas en el MES

Área	Iniciativa	Objetivo	Descripción	Meta	Resultado
Recursos gerenciales	Implantación de un sistema de comunicación acertiva	Desarrollar un sistema de gestión de conocimiento entre Roche y las empresas tercerizadas	Introducir técnicas y metodologías de comunicación de conocimiento para agrupar y enfocar esfuerzos hacia un mismo objetivo	Comunicación de conocimiento acertiva de ambas partes	Ambas partes van a tener conocimiento de objetivos, resultados, metas y objetivos
Gerencia de la información	Implementación de indicadores siguiendo normas	Implementar un sistema de indicadores que evidencie el estado actual	Establecer un sistema de indicadores normalizado tomando en cuenta varias perspectivas	Implementar la metodología de cuadro de mando integral para la aplicación del benchmarking	Un sistema normalizado de indicadores
	Establecimiento de un sistema para el manejo de la información	Desarrollar un sistema de información para el registro de información	Crear hojas de cálculo para el manejo de costos, gastos, repuestos, OT, registros de fallas, paradas, indicadores y otros.	Tener conocimiento de registros de mantenimiento cada mes	Con los registros de mantenimiento se pueden evaluar oportunidades de mejora y tomar decisiones
Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo	Mejorar la información histórica de fallos	Revisar de manera periódica el plan de mantenimiento preventivo como parte de la mejora continua	Por medio de reuniones del personal de mantenimiento y de los usuarios de los equipos se van a buscar oportunidades de mejora	Mejora continua de estrategias de mantenimiento cada tres meses (4 visitas por año)	Mejores medidas de mantenimiento alineadas al negocio
		Mejorar la información histórica de fallos de equipos	Incluir el historial de fallos en las bases históricas de equipos	Tener un historial completo de cada fallas y tiempos de reparación, paradas y puesta en marcha para el cálculo de indicadores	Eliminar tiempos de espera de reparación de fallas por falta de repuestos
Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo	Mejorar la información histórica de fallos	Desarrollar un plan de mantenimiento basado en condición	Incluir el mantenimiento predictivo en las estrategias de Roche	Realizar a diferentes equipos críticos medidas predictivas	Evidenciar aspectos típicos que anteceden una falla en equipos críticos
		Crear OT oportunas que registren variables de mantenimiento	Establecimiento de OT por trabajo que faciliten el control de registros	Mensualmente se puede conocer variables importantes de mantenimiento	Tener registros de los trabajos que se realizaron
Planificación y programación	Creación de rutas de acción para trabajos que requieran paros de equipos críticos o necesarios para producción	Desarrollar planes de acción para la ejecución de trabajos de emergencia	Establecer una jerarquización de acciones incluyendo a todas las partes involucradas	Tener flujos de acción actualizados en 3 meses	Rutas de acción efectivas ante emergencias
	Optimización del mantenimiento planeado actual	Aumentar la eficacia de las estrategias de mantenimiento actuales	Desarrollar un plan de inspecciones oportunas que evidencien su cumplimiento en eficacia y repetitividad	Obtener manuales de cumplimiento de inspecciones de mantenimiento eficientes y oportunos por visita	Asegurar la calidad del mantenimiento realizado a los equipos por empresas tercerizadoras
Soporte de mantenimiento	Mejoramiento de la gestión de repuestos	Establecer una correcta gestión del manejo de repuestos de los equipos	Crear criterios para evaluar el impacto, cantidad necesaria y costo de repuestos más utilizados en Roche	Tener un stock de repuestos oportuno y actualizado alineado al negocio	Criterios para gestionar repuestos

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

5. Modelo de gestión de mantenimiento

Un modelo de gestión es una idealización gráfica de actividades que permitan determinar y cumplir los objetivos del departamento por medio del establecimiento de tareas, actividades y estrategias.

En la siguiente figura se muestra la propuesta del modelo para Roche Servicios S.A., el cual está basado en la confiabilidad operacional. Esta funciona perfectamente en el contexto en el que se desarrolla la empresa, puesto que debe mantener sus equipos en funcionamiento y asegurar que los sistemas funcionen sin presentar fallas. Este requisito es una consecuencia de que los productos manejados por Roche requieren encontrarse en condiciones específicas.

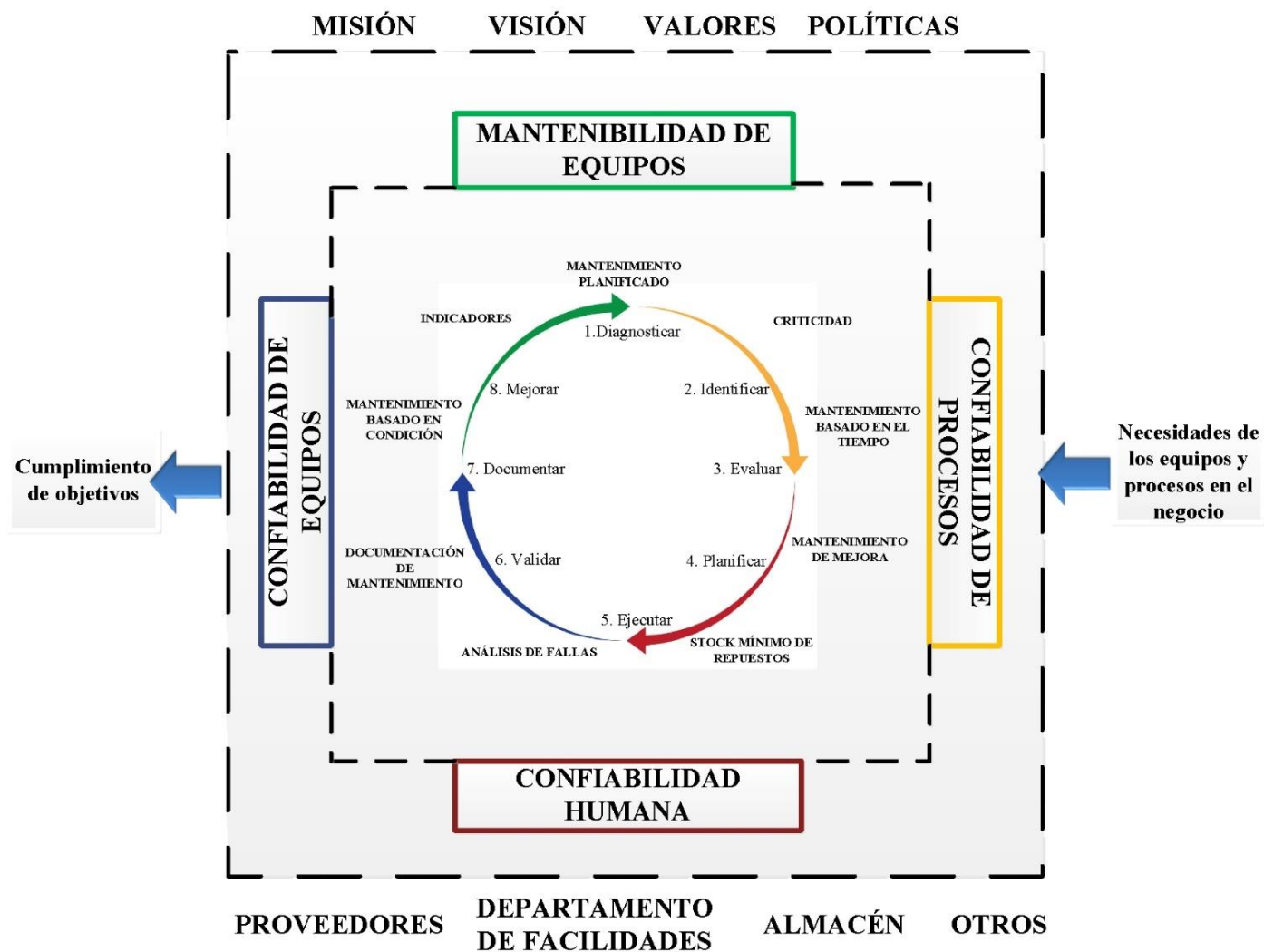


Figura 26. Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento para Roches Servicios S.A.

Fuente: Elaboración propia en Visio

5.1 Características del modelo de gestión

El modelo propuesto presenta las siguientes características:

- **Salida y entrada.** Establece que la entrada al modelo son las necesidades de los equipos y procesos, necesidades desde el punto de vista de rango de operación, disponibilidad y otros. También se establecen las salidas que se resumen en el cumplimiento de objetivos, tanto de mantenimiento como del negocio.

- **Áreas de la confiabilidad operacional.** El modelo muestra las cuatro áreas donde se van a aprovechar las oportunidades de mejora. Estas son: confiabilidad de equipos (estrategias, ciclo de vida), confiabilidad de procesos (operación dentro de parámetros, cumplimiento procedimientos), mantenibilidad de equipos (confiabilidad interna, equipos trabajo) y confiabilidad humana (involucramiento).

- **Estrategias, metodologías e informes.** Dentro de las áreas de confiabilidad operacional se muestran las estrategias, las metodologías y los informes que van a ayudar a mejorar la confiabilidad operacional de manera íntegra.

- **Acciones para ejecutar cada estrategia, informe y metodología.** Cada una de las estrategias que se presentan deben seguir una serie de acciones, según el modelo propuesto, con el fin de asegurar éxito en la gestión y cumplir con los objetivos y las necesidades del negocio. Las acciones son:

1. Diagnóstico: Se debe establecer el estado actual y el contexto inicial
2. Identificar: Identificar desventajas y ventajas asegura tomar en cuenta la mayor cantidad de escenarios.
3. Evaluar: Estimar el impacto de la estrategia a implementar.
4. Planificar: La planificación es importante debido a que asegura tomar todas las medidas prudentes del caso.
5. Ejecutar: Desarrollar la herramienta siguiendo la planificación y medias correspondientes.
6. Validar: En la implementación de una estrategia se debe validar cada resultado obtenido.

7. Documentar: La documentación es vital para asegurar la transmisión de conocimiento y aprendizaje.

8. Mejorar: A partir de la documentación se pueden establecer las oportunidades de mejora para el desarrollo de futuras estrategias.

- **Departamentos involucrados:** Son los departamentos mayormente involucrados en el modelo. Básicamente son los proveedores (los que ejecutan inspecciones de mantenimiento), el almacén (usuarios de los equipos) y el Departamento de Facilidades (encargado de planificar y establecer la gestión de mantenimiento).

- **Políticas del modelo:** El modelo posee aspectos que deben ser políticas, las cuales deben seguirse como medio para alcanzar los objetivos.

5. Implantación del pilar del TPM mantenimiento planificado

En la industria farmacéutica se deben mantener las condiciones necesarias para que los productos no se vean afectados; por ejemplo, la temperatura y la humedad, las cuales deben operar dentro del rango establecido. Una desviación de uno de estos dos factores puede convertirse en una pérdida de producto. Por lo tanto, se debe garantizar en la medida de lo posible que los equipos cumplan el propósito para el cual fueron diseñados. El mantenimiento planificado a partir de un grupo de actividades pretende obtener cero accidentes, paros y averías. Está conformado por tres tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y de mejora.

Por consiguiente, abarca acciones de mejora continua (acciones Kaizen) en la gestión para la prevención de fallas con el establecimiento de rutinas periódicas, preventivas y predictivas, actividades orientadas a mejorar características de los equipos y actividades para mejorar competencias técnicas y administrativas para mejorar el rol de mantenimiento. Dentro de estas actividades se encuentran, entre otras, la utilización de información para reducir los fallos, la mejora de inspecciones de prevención y el uso de información para la determinación de mejores tiempos de mantenimiento.

La implantación de este tipo de mantenimiento requiere de dos aspectos vitales:

- Tiempo para desarrollar cuidadosamente la estrategia de manera que sea efectiva y siga todos los pasos.
- Colaboración de los departamentos. Esto incluye no solo el mantenimiento y la producción, sino todos los departamentos de la empresa, debido a que es un esfuerzo conjunto.

De acuerdo con el estudio de efectividad de mantenimiento del Instituto Marshall, el nivel de mantenimiento para Roche Servicios S.A. es aceptable, lo que significa que se encuentra por encima del promedio. No obstante, se pueden evidenciar fácilmente varios aspectos que presentan gran oportunidad de mejora.

Actualmente, en Roche se realiza mantenimiento preventivo por parte de una empresa experta en equipos frigoríficos y de aire acondicionado, pero a nivel interno no hay ninguna medida de eficacia de las inspecciones o control histórico, y tampoco hay alineamientos de las inspecciones de mantenimiento con el negocio. Estas deficiencias son atacadas con la incorporación de medidas incorporadas en el pilar del TPM del mantenimiento planificado.

El mantenimiento planificado se va a implementar a partir de la metodología de los seis pasos detallados a continuación.

6.1 Paso 1. Establecer el punto inicial

Para empezar a establecer el mantenimiento planificado, se debe de realizar un chequeo inicial de la situación actual. Es necesario tener claro en qué punto se encuentra actualmente, para establecer hacia dónde se quiere llegar.

En primera instancia, hay que visitar las instalaciones de la empresa, realizar reuniones con los encargados de mantenimiento y las empresas tercerizadas para aclarar la situación actual. La metodología establece ciertas preguntas que ayudan a determinar el punto inicial. Las respuestas se muestran a continuación, con el establecimiento de los siguientes puntos:

- Actualmente no hay manera de identificar los equipos, es decir, no hay ningún registro de mantenimiento o criterio para calificarlos por tipo, función o sistema.

- No hay ningún listado priorizado de los equipos, ni un listado de fallos potenciales. Si se tuvieran identificados, se podrían enfocar esfuerzos en sistemas críticos. Además, a partir del establecimiento de escenarios críticos, se pueden generar acciones para disminuir la posibilidad de ocurrencia y consecuencias.

- En el momento en el que ocurre una falla, no se realiza ningún registro, y tampoco de las intervenciones realizadas como puntos de mejora. Esto significa que la probabilidad de ocurrencia es la misma; no hay retroalimentación.

- La gestión actual no registra datos. Por lo tanto, no hay insumos para evaluar indicadores como MTBF, MTTR y disponibilidad. Lo que no se puede medir uno no puede asegurar que cumpla con las expectativas.

- Los costos de mantenimiento actualmente no se cuantifican; no se conoce si costo-beneficio es el adecuado. Esta es una debilidad de mantenimiento, porque no se conoce si se está realizando sobremantenimiento o si faltan ajustes en las inspecciones actuales.

- El departamento encargado del mantenimiento no conoce el verdadero estado de su gestión. Este aspecto es vital, considerando la importancia del producto respecto a la salud de los pacientes y al alto valor económico.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, la empresa Roche Servicios S.A. necesita:

- Crear criterios para identificar los equipos y calificarlos. La codificación funciona como herramienta para solucionar este aspecto. A continuación, se muestra a codificación propuesta para Roche Servicios S.A.

6.1.1 Codificación

La codificación de equipos e instalaciones de la empresa Roche Servicios S.A se propone de forma alfanumérica para que, de manera intuitiva, los colaboradores y los usuarios los ubiquen de manera rápida con solo ver el código.

Este debe ser único para cada equipo. Los diferentes códigos deben ser lo más representativos posible con el menor número de caracteres; estos se van a emplear en los diferentes registros relacionados al mantenimiento.

La propuesta de código básicamente consiste en tres secciones: la primera corresponde a un carácter alfabético correspondiente al área; la segunda también es un carácter alfabético y corresponde al nombre de la máquina o la instalación; la tercera es un número que hace referencia a la repetición de equipos o instalaciones. Esta última toma en cuenta la totalidad de equipos, no solo equipos repetidos dentro del área o sistema.

En la siguiente figura se muestra la codificación propuesta.

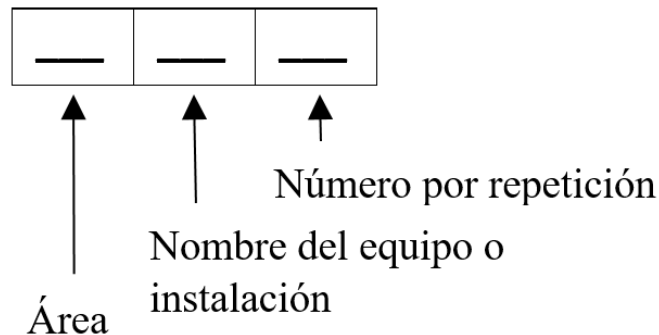


Figura 27. Codificación propuesta para Roche Servicios S.A.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Word

En la siguiente tabla se muestran las áreas utilizadas en la codificación. Estas se utilizan con el fin de facilitar su ubicación por parte de los usuarios (personal de la empresa) y los colaboradores (terceros), quienes manejan estas tres áreas desde hace varios años para identificar los tres grupos de temperatura con la cual cuenta la empresa.

Tabla 10. Código utilizado por área.

Abreviatura	Significado
AM	Ambiente
FR	Frío
CO	Congelado

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

El código asignado para el nombre del equipo es establecido por tres letras representativas.

Tabla 11. Codificación según el nombre de equipo o instalación

Código	Nombre
COR	Cortina de aire
FCU	Fan coil
CHI	Chiller
BOR	Bomba de recirculación
PIC	Piso cielo
AHU	Unidad manejadora de aire
CAM	Cámara de frío o congelado
COM	Compresor
COD	Condensador remoto enfriado por aire
ENF	Enfriador de aire forzado
PAN	Panel de control eléctrico
REA	Unidad de reposición de aire
VAV	Caja de valúmen variable
MUA	Unidad de aire de reposición
UPR	Unidad de presión
CUM	Cuarto de máquinas
UCO	Unidad compresora

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En la siguiente figura se muestra la codificación a modo de ejemplo de un equipo. La idea es tener para cada equipo un adhesivo que funcione como referencia en el momento de registrar fallas, inspecciones, modificaciones y otros.

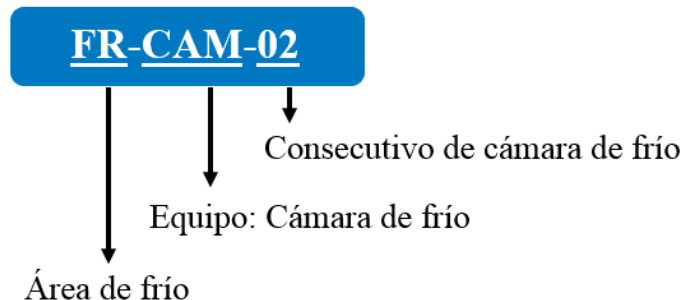


Figura 28. Ejemplo de codificación.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft PowerPoint

La codificación se debe colocar en un lugar visible de los equipos para uso del personal de la empresa y de mantenimiento. Además, debe ser legible y ser lo suficientemente robusta para que no se pierda. A continuación, se muestra el compresor recíprocante de la cámara de congelado antes y después de colocar la codificación.



Figura 29. Equipo antes y después de colocar la codificación

Fuente: Elaboración propia

Para efectos de registrar las fallas y cálculos de indicadores, se establecieron sistemas que corresponden a grupos de equipos destinados a realizar una misma función o brindar un servicio. En la siguiente tabla se muestran los sistemas establecidos.

Tabla 12. Sistemas establecidos para Roche Servicios S.A

Sistema	Función
Cuarto frío 1	Refrigeración de la primera cámara
Cuarto frío 2	Refrigeración de la segunda cámara
Cuarto congelado	Refrigeración cámara de congelado
A/C Primer piso oficinas	Aire acondicionado planta baja
A/C Segundo piso	Aire acondicionado planta alta
A/C CEDI	Aire acondicionado centro distribución
Monitoreo y control	Sistemas BMS y EMS
Reposición glicol - agua	Tanque hidroneumático

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

- Otro aspecto importante es desarrollar un análisis que permita priorizar problemas y enfocar esfuerzos en ciertos equipos clave para que mantenimiento cumpla con sus necesidades de criticidad de equipos. A continuación, se desarrolla el análisis de criticidad para Roche Servicios S.A.

6.1.2 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad prioriza los equipos según cinco aspectos: impacto ambiental, instalación, producción, efecto en el personal y población. La metodología empleada utiliza varios pasos que parten de una primera visualización. A continuación, se detalla el análisis de criticidad realizado en Roche Servicios S.A. utilizando la metodología de 8 pasos.

1. Nivel de análisis.

Primeramente, se define el nivel de criticidad, el cual en este caso solo se va a realizar para los equipos de aire acondicionado y refrigeración de Roche Servicios S.A. El análisis se plantea de acuerdo con la lista de equipos generada para realizar la codificación.

Actualmente, la empresa no cuenta con datos históricos; es decir, no hay registros de frecuencia de ocurrencia de fallos, de impacto en el personal, registro de fallas y otros que son necesarios para ejecutar el análisis de criticidad de la mejor manera. Por lo tanto, la metodología se va a ejecutar de acuerdo con datos

que se puedan recaudar y con la experiencia de usuarios de Roche. El desarrollo de este proyecto abarca el establecimiento de documentación y procesos para solucionar esta deficiencia.

2. Definir la criticidad.

Para conocer la criticidad de los equipos sin contar con registros, se va a emplear el conocimiento histórico de los usuarios. Por medio de una reunión se va a determinar la frecuencia de ocurrencia, con base en tendencias anteriores y el impacto de cada criterio en los equipos en una hoja de cálculo. Para agilizar el proceso, se van a agrupar los equipos iguales que operan bajo un mismo contexto operacional y que pertenecen al mismo sistema.

La frecuencia de ocurrencia se va a determinar dependiendo del número de eventos al año. Por su lado, el impacto se va a definir como la suma del resultado de cada consecuencia, y la criticidad como el producto de las anteriores, donde cada una tiene un valor que depende del criterio.

La metodología empleada utiliza ciertos criterios que no aplican de la mejor manera al negocio. Por esta razón, a partir del documento consultado se van a realizar ciertas modificaciones a ciertos criterios, tales como la frecuencia de fallos, el daño a las instalaciones y el impacto a la producción, como se muestra a continuación.

Tabla 13. Frecuencia de fallas al año

Categoría	Interpretación
5	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	Es probable que ocurra varias veces en 3 años
3	Es probable que ocurra varias veces en 5 años
2	Es probable que ocurra varias veces en 10 años
1	Es probable que ocurra varias veces en 15 años

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Impacto de pérdida de producción e instalación

Categoría	Pérdida de producción (€)	Daños a la instalación (€)
5	Mayor a 50 mill	Mayor a 30 mill
4	De 10 a 50 mill	De 5 a 30 mill
3	De 2 a 10 mill	De 1 a 5 mill
2	De 200 mil a 2 mill	De 100 mil a 1 mill
1	Menor a 200 mil	Menor a 200 mil

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

3. Cálculo de la criticidad

Para realizar el cálculo de la criticidad y facilitar su visualización, se va a utilizar una hoja de cálculo donde, para cada equipo, se registra la frecuencia y el impacto en la población, el personal, el ambiente, la producción y la instalación. Asimismo, en las últimas dos columnas se muestran los resultados obtenidos del impacto total y la criticidad final.

El impacto ambiental se mantiene en categoría 1 o 2, debido a que en Roche se utilizan refrigerantes naturales que no dañan el ambiente. El daño en producción es mayormente 5, por el gran valor que tiene en el mercado de productos. A continuación, se muestran los resultados del análisis de criticidad.

Tabla 15. Resultados del análisis de criticidad.

Equipo	Sistema	Codificación	Frecuencia	Impacto en el personal	Impacto en la población	Impacto ambiental	Impacto en la producción	Impacto en la instalación	Impacto total	Criticidad
Cortina de aire andén	A/C CEDI	AM-COR-01 a 05	2	1	1	1	2	1	6	12
Cortina de aire cocina	A/C 2do piso	AM-COR-05	2	1	1	1	1	1	5	10
Fan coil CEDI	A/C CEDI	AM-FCU-01 a 13	4	2	3	1	5	3	14	56
Fan coil	A/C 2do piso	AM-FCU-14	3	2	2	1	5	2	12	36
Chiller 1	A/C 2do piso	AM-CHI-01	4	4	2	3	5	5	19	76
Chiller 2	A/C 2do piso	AM-CHI-02	4	4	2	3	5	5	19	76
Bomba de recirculación chiller	A/C 2do piso	AM-BOR-01 a 02	3	2	2	1	5	3	13	39
Unidad de presión	A/C 2do piso	AM-UPR-01	3	2	3	1	5	4	15	45
Piso cielo	A/C 1er piso	AM-PIC-01 a 03	3	2	3	1	5	2	13	39
Panel variadores de frecuencia chiller	A/C 2do piso	AM-PAN-04	2	1	1	1	2	2	7	14
Unidad manejadora de aire	A/C CEDI	AM-AHU-01	4	2	3	1	5	3	14	56
Unidad manejadora de aire	A/C 1er piso	AM-AHU-02	3	2	3	1	4	3	13	39
Unidad manejadora de aire	A/C 2do piso	AM-AHU-03 a 08	3	2	3	1	4	3	13	39
Caja de volumen variable	A/C 2do piso	AM-VAV-n (total=49)	1	1	2	1	2	1	7	7
Makeup air unit	A/C 2do piso	AM-MUA-01	3	3	4	1	5	4	17	51
Cámara de frío 1	Cámara de frío 1	FR-CAM-01	4	3	2	1	5	3	14	56
Compresor CF1	Cámara de frío 1	FR-COM-01 a 02	4	4	2	2	5	4	17	68
Bomba de recirculación CF1	Cámara de frío 1	FR-BOR-03 a 04	3	2	2	1	5	3	13	39
Condensador enfriado por aire CF1	Cámara de frío 1	FR-COD-01 a 02	2	3	2	1	5	3	14	28
Panel de control CF1	Cámara de frío 1	FR-PAN-01	2	3	2	1	5	3	14	28
Intercambiador de aire forzado CF1	Cámara de frío 1	FR-INT-01 a 04	2	3	2	1	5	3	14	28
Cámara de frío 2	Cámara de frío 2	FR-CAM-02	4	3	2	1	5	3	14	56
Compresor CF2	Cámara de frío 2	FR-COM-03 a 04	4	4	2	2	5	4	17	68
Bomba de recirculación CF2	Cámara de frío 2	FR-BOR-05 a 06	3	2	2	1	5	3	13	39
Condensador enfriado por aire CF2	Cámara de frío 2	FR-COD-03 a 04	2	3	2	1	5	3	14	28
Panel de control CF2	Cámara de frío 2	FR-PAN-02	2	3	2	1	5	3	14	28
Intercambiador de aire forzado CF2	Cámara de frío 2	FR-INT-05 a 08	2	3	2	1	5	3	14	28
Tanque hidroneumático	Reposición glicol	FR-TAH-01	2	2	2	1	5	3	13	26
Unidad compresora CF1	Cuarto frío 1	FR-UCO-01 a 02	4	4	2	2	5	3	16	64
Unidad compresora CF2	Cámara de frío 2	FR-UCO-03 a 04	4	4	2	2	5	3	16	64
Compresor CC	Congelado	CO-COM-05	3	3	2	2	5	4	16	48
Condensador enfriado por aire CC	Congelado	CO-COD-05	2	3	2	1	5	3	14	28
Cámara de congelado CC	Congelado	CO-CAM-03	2	3	2	1	5	4	15	30
Intercambiador de aire forzado CC	Congelado	CO-INT-09	3	3	2	1	5	3	14	42
Panel de control CC	Congelado	CO-PAN-03	2	3	2	1	5	3	14	28
Bomba de recirculación CC	Congelado	CO-BOR-07	3	2	2	1	5	2	12	36
Unidad compresora	Congelado	CO-UCO-05	3	3	2	2	5	3	15	45

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel.

La última columna de la tabla anterior muestra la criticidad codificada con tres colores que representan la categorización mostrada en la siguiente figura.

Criticidad alta	A	$50 \leq \text{criticidad} \leq 125$
Criticidad media	B	$30 \leq \text{criticidad} \leq 49$
Criticidad baja	C	$5 \leq \text{criticidad} \leq 29$

Figura 30. Clasificación de la criticidad

Fuente: Análisis de criticidad

Como se observa, la última columna de la tabla tiene formato condicional para mostrar el color correspondiente a la criticidad según el resultado obtenido por equipo.

4. Análisis de resultados

En la siguiente figura se muestra de manera gráfica la criticidad de los equipos.

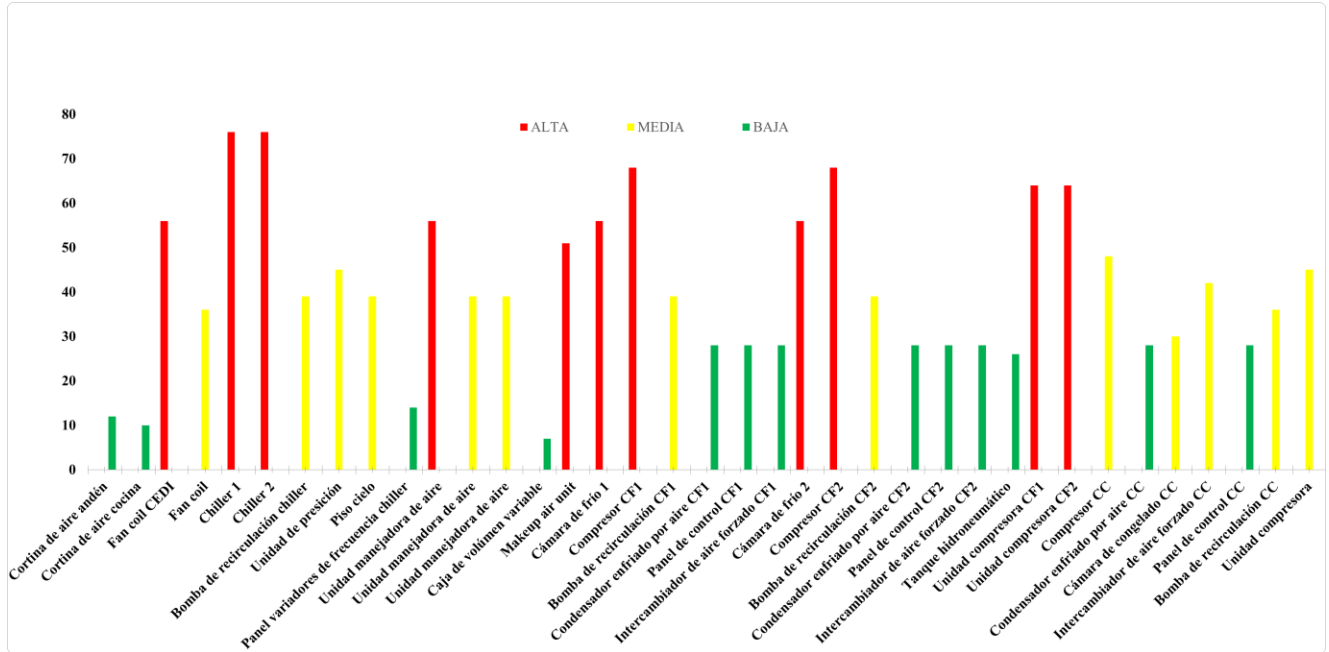


Gráfico 6. Resultados del análisis de criticidad de equipos

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Como se observa en el gráfico anterior, los equipos críticos son el *fan coil* CEDI, los *chillers* 1 y 2, la manejadora de aire del cuarto de reacondicionamiento, las cámaras de frío 1 y 2 con respectivos compresores y unidades compresoras, así como la unidad de reposición de aire fresco. Estos equipos son clasificados con criticidad A, lo cual significa que son prioritarios.

Los equipos con criticidad media, o tipo B, son el *fan coil* en el cuarto de servidores, las bombas de recirculación del *chiller* y de las cámaras de frío, los condensadores de cámaras de fríos y los compresores. Estos equipos no son prioritarios, pero requieren atención debido a que pueden convertirse en peligros.

Los equipos con criticidad C corresponden a criticidad baja y no requieren atención especial, pero sí se deben tomar en cuenta, por su función en el proceso productivo de la empresa.

- Actualmente, Roche Servicios S.A. no cuenta con documentos que especifiquen las capacidades técnicas y el historial de modificaciones de los equipos. A continuación, se propone un documento que responde a esta necesidad.

6.1.3. Ficha técnica

Las fichas técnicas son hojas manejadas por personal de la empresa. En estas se encuentra información como, por ejemplo, el código del equipo, el nombre, la función, una fotografía y el historial de modificaciones. Esta manera de llevar un control de los equipos requiere de un compromiso importante, debido a que el personal debe actualizar la información constantemente. Es importante anotar los repuestos, las modificaciones y los datos técnicos. Esta información sobre cada equipo se va a manejar por medio de hojas, como se ejemplifica en la siguiente figura.



Ficha técnica		Roche Servicios S.A	
			
Información general del equipo			
N° consecutivo:	34	Área:	Ambiente
Equipo:	Compresor de tornillo	Código:	AM-CHI-01
Fabricante:	FRASCOLD	Sistema:	Aire acondicionado general
Modelo:	CXWI0-120-340Y	Criticidad:	Alta
Potencia (kW)	90	Presión máxima (psi)	435
Desplazamiento (m ³ /h) @ 60 hz	408	Presión mínima (psi)	298
		Carga de aceite (l)	11
Voltaje nominal @ 60 Hz 3 ph (V)	440/480	Tipo de aceite	POE 170 cSt
		Máxima corriente de arranque (A):	373
Diámetro descarga (mm):	54	Nivel de sonido (dB)	78.1
Diámetro de succión (mm):	80	Grado de protección:	IP65
Frecuencia máxima (Hz)	70	Máxima corriente de operación (A)	134
Frecuencia mínima (Hz):	30		
Peso neto (kg)	570	Función:	
		Eleva la presión en el refrigerante primario por medio de trabajo mecánico con el fin de asegurar el intercambio de calor con el refrigerante secundario en el intercambiador de placas y suplir de agua helada los equipos como fan coil, manejadoras de aire forzado, unidad de presión y otros.	
Historial de modificaciones			
Fecha:	Modificación:		
05/FEB/2019	Ajuste de la sujeción en tornillería debido a fugas de refrigerante primario		
09/MAR/2019	Cambio del transformador debido a fallo		
N° ítem	Cantidad:	Descripción:	Proveedor:
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Figura 31. Ficha técnica propuesta para un equipo

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

La idea es que, en el momento de tomar una decisión de si es rentable reparar el equipo actual o cambiarlo, se tenga esta herramienta que contribuye a agilizar el proceso. Otro aspecto importante que beneficia el uso de fichas técnicas es el hecho de poder dar seguimiento a fallas recurrentes en equipos. Estas tendencias de fallos no se evidencian si ocurren en un tiempo prolongado.

- Actualmente se realizan los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo sin ningún documento que funcione como respaldo del trabajo; es decir, los trabajos se llevan a cabo sin saber cuál es su objetivo o su impacto. No se documentan aspectos como la cantidad de materiales, los repuestos utilizados, el tiempo de duración o el personal. Cuando todo el personal de mantenimiento es tercerizado, este aspecto es vital para llevar una gestión correcta.

6.1.3 Orden de trabajo

La orden de trabajo es un documento manejado por usuarios de la empresa para llevar un control de los trabajos no planeados, ya sea por avería o por mejora. En la siguiente figura se muestra una propuesta de orden de trabajo para Roche Servicios S.A.


ORDEN DE TRABAJO		Roche Servicios S.A			
Número consecutivo:		N°:			
Fecha y hora de solicitud:				:	
Solicitado por:					
Nombre del equipo:					
Código del equipo:					
Sistema al que pertenece:					
Requiere paro de:		Sistema ()	Equipo ()		
Tipo de mantenimiento:	Preventivo ()	Correctivo ()	Autónomo ()	Predictivo ()	
Tipo de trabajo:	Emergencia ()	Urgente ()	Programada ()	Rutinaria ()	
RECURSOS NECESARIOS					
Recurso	Descripción				Cantidad
Materiales y respuestos					
Equipo necesario					
Personal	Nombre		Puesto		
SUBCONTRATACIÓN					
Fecha y hora de inicio:		Descripción del trabajo a realizar:			
Fecha y hora de finalización:					
Tiempo de ejecución del trabajo hasta la puesta en marcha :	horas				
Tiempo total (desde fallo hasta puesta marcha):	horas				
Observaciones:					
NOTA: El personal debe seguir todas las normas de seguridad recomendadas según el tipo de trabajo sin excepción					
Técnico encargado	_____	Firma	_____		
Nombre supervisor	_____	Firma	_____		

Figura 32. Propuesta de orden de trabajo propuesta por trabajo

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

La intención es que para cada trabajo no planeado se crea un documento donde se anoten los recursos utilizados: humanos, materiales, tiempos de duración, prioridad, nombre del equipo, etcétera.

La hoja de orden de trabajo se desarrolló como se mostró anteriormente para facilitar su documentación por medio de la base de datos.

6.2 Paso 2. Eliminación del deterioro

Este paso consiste en emplear acciones que eliminen de manera parcial o total los fallos futuros en el mismo equipo y en equipos similares. Esto aumenta la confiabilidad en los equipos para que no fallen y mantengan las condiciones para las cuales se diseñaron. Primeramente, antes de pensar en eliminar fallas, se deben tener registros para determinar cuáles son las causas reales, para luego implementar acciones proactivas en busca de eliminar o disminuir su ocurrencia. Por lo tanto, como respuesta ante la necesidad de tener registros, se desarrollaron las boletas de fallas.

6.2.1 Boleta de fallas

Las boletas de fallas son documentos elaborados con el fin de registrar y documentar información necesaria relacionada con las fallas de los equipos para conformar un historial oportuno, el cual es importante en el control de mantenimiento y la toma de decisiones. Este documento se caracteriza por incorporar variables como tiempos de reparación, tiempo fuera de servicio, costos, causas de fallos y retroalimentación. Lo anterior es vital en el momento de evaluar indicadores o verificar el ciclo de vida para plantearse cambios en equipos.

En la industria farmacéutica, y en especial en Roche Servicios S.A., es muy importante evitar que se presenten fallas que puedan causar que la temperatura (variable de mayor relevancia) se encuentre fuera del rango, debido a que los productos pueden verse afectados de modo parcial o total.

Se proponen registros de fallas basados en tres grandes áreas de atención:

-Información básica sobre las fallas. Corresponde a la documentación de datos generales, como datos del equipo, tiempos de respuesta, fecha de fallas, codificación, si afectó al área para evaluar disponibilidad, etcétera.

-Atención de fallas: La atención de fallas se relaciona con la respuesta ante la falla y datos como la fecha de atención, las causas, los materiales y los repuestos, la duración total y observaciones generales. Este espacio es de gran importancia, debido a que el fin es evitar que vuelva a suceder.

-Costos: En esta parte se desglosan los costos de materiales, repuestos y mano de obra. SConocer cuáles son los costos reales es imprescindible para enfocar esfuerzos en fallas mayormente significativas.

Los registros de fallas en Roche Servicios S.A. corresponden a dos tipos: en el primero se realiza una recopilación mensual de las fallas y costos, y en la segunda se realiza un resumen anual.

A continuación, se muestra el registro de fallas propuesto mensual y anual por equipo. Se estiman 20 fallas anuales, lo cual es el promedio de años anteriores.

En la siguiente figura se muestra un resumen del mes de enero de las fallas. Este se debe llenar a partir de los registros individuales por equipo.


Boleta de registro ante fallas		Roche Servicios S.A				
Mes:	ENERO					
Información general de las fallas						
Áreas:		Congelado	Frío	Ambiente		
Cantidad por mes:						
Total de paros de sistema:						
Tiempo total de paros en horas:						
Duración total de los trabajos (con o sin paro de área) en horas:						
Cantidad de técnicos involucrados:						
Cantidad de fallas por sistema:						
Cuarto frío 1	A/C Segundo piso					
Cuarto frío 2	A/C CEDI					
Cuarto congelado	Monitoreo y control					
A/C Primer piso oficinas	Reposición glicol					
Información de costo mensual						
Tipo de gasto:	Área					
	Congelado	Frío	Ambiente			
Gasto materiales y respuestos (₡):						
Gasto de mano de obra (₡):						
Otros gasto (₡):						
Gasto total (₡):	₡	-	₡	-	₡	-
TOTAL=						
Observaciones:						
Encargado de mantenimiento nombre y firma:	_____					

Figura 33. Registro mensual de fallas

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Por último, el registro anual de fallas muestra un resumen de todo el año. Este se completa de manera automática al registrar la información en el resumen mensual de fallas.


Boleta anual de registro de fallas		Roche Servicios S.A							
Información general de las fallas									
Año: 20__									
Área:		Congelado	Frío	Ambiente					
Cantidad total de fallas en el año:									
Cantidad total de paros de sistema:									
Tiempo total de interrupción (con paro):									
Duración total fallos (con o sin paro):									
Información general de las fallas									
Costos totales de fallas por mes en el año (€):									
Enero	€	-	Julio	€	-				
Febrero	€	-	Agosto	€	-				
Marzo	€	-	Septiembre	€	-				
Abril	€	-	Octubre	€	-				
Mayo	€	-	Noviembre	€	-				
Junio	€	-	Diciembre	€	-				
Cantidad de fallas por sistema:									
Cuarto frío 1		A/C Segundo piso							
Cuarto frío 2		A/C CEDI							
Cuarto congelado		Monitoreo y control							
A/C Primer piso oficinas		Reposición glicol - agua							
Costo total (€):									
Tipo de gasto:		Congelado		Área Frío Ambiente					
Gasto materiales y respuestos (€):									
Gasto de mano de obra (€):									
Otros gasto (€):									
Gasto total (€):									
Cantidad de fallas por área por mes:									
Área		Mes							
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Congelado:									
Frío:									
Ambiente:									
Total:									
Área		Mes				TOTAL DE FALLAS POR ÁREA:			
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre				
Congelado:									
Frío:									
Ambiente:									
Total:									
Encargado de mantenimiento nombre y firma:		_____							

Figura 34. Registro anual de fallas

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Si los diferentes registros de fallas se ejecutan de manera adecuada, se pueden obtener beneficios como:

- Disminución de la cantidad de fallas, debido a que si se registran correctamente, se pueden generar medidas proactivas que disminuyan la probabilidad de ocurrencia.
- Si se cuenta con el historial de un equipo, este se puede utilizar como insumo en el momento de tomar decisiones de reemplazo.
- Relativo a los costos, se pueden plantear escenarios de costo-beneficio para determinar si es factible conservar un equipo o, inclusive, detectar anomalías.
- Se dice que de lo que no se puede medir no se puede conocer su estado; a partir de los registros de fallas se pueden obtener insumos para obtener indicadores que evidencien el estado real de los equipos.
- Con la implementación de la herramienta de registro de fallas se puede, inclusive, predecir un rango de tiempo en el que un equipo es más susceptible a presentar fallas.

Estos beneficios son realmente importantes, puesto que conforman información estadística relevante de diagnóstico. Además, considerando que Roche Servicios S. A. pertenece a la industria farmacéutica, en la que los productos deben estar siempre en condiciones controladas de temperatura, esto implica que los equipos relacionados con esta variable deben presentar el menor número de fallas posible para garantizar las condiciones deseadas.

Una vez generados los registros de fallas, se pueden realizar ajustes a las inspecciones de mantenimiento para disminuir la probabilidad de falla y su recurrencia; esto es, básicamente, alineamiento de mantenimiento al negocio. Es de vital importancia documentar las fallas en el menor tiempo posible luego de su ocurrencia, debido a que conforme pasa el tiempo se pierden datos relevantes, o simplemente no se realizan.

6.3 Paso 3. Mejora del sistema de información

El sistema de información de mantenimiento es vital en la toma de decisiones. Este paso no incluye la implementación de un sistema de información,

sino de modelos de sistemas; es decir, de preparación: en el momento de incorporar el sistema se deben de tener las bases bien definidas.

Por lo tanto, para la preparación del sistema de información se establecieron los siguientes puntos:

6.3.1 Flujos de procesos de mantenimiento

Las creaciones de flujogramas de mantenimiento tienen como objetivo agilizar el proceso para que se realicen de manera ordenada y limpia. El resultado ideal al generar los flujogramas es que todas las partes involucradas tengan conocimiento de las labores de mantenimiento para realizar esfuerzos en conjunto.

Cada diagrama muestra, de la manera más sencilla posible, cada proceso sin la necesidad de explicarlo. Roche realiza la totalidad de sus labores de mantenimiento de manera tercerizada, por lo que se incluyeron estos en los flujos, pues lo representado en los flujos son las acciones que se esperan por parte del personal técnico y el encargado del personal técnico (personal tercerizado).

En el apéndice 4 se muestran los diagramas de flujo propuestos para Roche Servicios S.A.

6.3.2 Control de inventarios de repuestos

Actualmente, la empresa Roche Servicios S.A. no cuenta con ningún control de repuestos. La situación es que cada vez que hay una falla, se depende totalmente de proveedores. El problema de proceder de esa manera es que, si eventualmente no hay repuestos y hay una falla imprevista, el equipo aumenta su tiempo de indisponibilidad y en un escenario trágico puede darse hasta la pérdida de producto.

Por lo tanto, como respuesta a la necesidad de conocer el *stock* mínimo de repuestos y mantener un control oportuno, se establecen las variables que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Variables necesarias para establecer el stock mínimo de repuestos

Nomeclatura	Significado
Cm	consumo mínimo
Tr	tiempo de reposición
CM	consumo máximo
Cp	consumo promedio
CA	cantidad actual
Pp	punto de pedido
EM	existencia máxima
Em	existencia mínima
CP	cantidad de pedido
CA	cantidad actual

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En la siguiente tabla se muestra el cálculo para determinar el *stock* mínimo de repuestos.

Tabla 17. Cálculo del stock de mínimo de repuestos.

Número de repuesto	Equipo	Variable	Cantidad (cantidad/mes)	Cantidad (cantidad/día)	Variable	Valor	Cantidad
1		Cm	0.00	0.00	Em	0.00	0
		Tr (en días)	0.00	0.00	EM	0.00	0
		CM	0.00	0.00	Pp	0.00	0
		Cp	0.00	0.00	CP	0.00	0
		CA (unidades)	0.00	0.00			

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Mediante un color verdoso se identifican las celdas donde el usuario debe ingresar información. Por su lado, las celdas de color rojizo no deben ser editadas. De igual manera, a la hoja se le añadió una protección adicional que se desbloquea solo con contraseña, la cual impide que se modifiquen celdas equivocadas.

Por último, como resumen, se generó una tabla para llevar el control del inventario.

Tabla 18. Lista de repuestos necesarios

Número de repuesto	Descripción	Proveedor	Prioridad	Cantidad de pedido	Cantidad actual	Cantidad mínima	Cantidad máxima
			2				
			3				
			1				
			3				
			1				
			2				
			1				
			3				
			1				
			2				
			3				
			2				
			1				
			2				

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Con la excepción de la columna de prioridad, esta tabla se genera automáticamente a partir de la tabla de cálculo del *stock* de repuestos.

Los aspectos que involucra esta tabla son:

-Número de repuesto y descripción: Este establece una forma rápida de identificar cada repuesto.

-Proveedor: Un aspecto importante, debido a que, en ocasiones, se requiere rapidez y eficiencia en el momento de solicitar repuestos.

-Prioridad: De manera visual, mediante tres colores, se establece la prioridad; rojo es para repuestos urgentes, amarillo para indicar que es necesario y verde indica que no es necesario, pero deseable. El color se genera automáticamente luego de digitar el número.

-Cantidad actual, mínima y máxima: Se refiere a la cantidad actual, mínima y máxima de repuestos en *stock*. La cantidad actual es representada con colores: con rojo se representan los repuestos necesarios de pedir de inmediato, amarillo indica repuestos de los que debe realizarse la orden de compra, pero sin urgencia, y con verde se marcan los repuestos de los que no es necesario hacer pedido, debido a que la existencia actual es mayor que la existencia mínima.

-Cantidad de pedido: Una vez realizada la revisión de la tabla de cálculo de *stock*, el resultado es la cantidad de pedido, la cual, con anterioridad, es comparada con la cantidad actual para determinar la verdadera cantidad necesaria de repuestos.

La combinación de la representación por medio de colores de la cantidad de repuestos necesaria de la prioridad y la cantidad actual funcionan de manera excelente para que el usuario pueda identificar la urgencia de renovar el *stock*, así como para brindarle seguridad al usuario de que el *stock* está bien abastecido. El cálculo del *stock* de repuestos por medio del uso de estas tablas generadas a partir de fórmulas simplifica la necesidad de pensar constantemente en la cantidad ideal de repuestos sin gastar demás y cumpliendo con las necesidades de mantenimiento. En primera instancia, se deben editar las variables necesarias en el cálculo de *stock*, pero luego basta simplemente con actualizar la cantidad actual luego de utilizar algún repuesto.

En el apéndice 5 se muestra la lista de repuestos necesarios para Roche Servicios S.A.

6.4 Paso 4. Mejora sistema de mantenimiento periódico

El paso 4 está enfocado en el establecimiento y la mejora de procedimientos de mantenimiento periódico actual.

En Roche Servicios S.A, como antes se mencionó, se realiza mantenimiento preventivo, pero se limita a inspecciones basadas en el tiempo. Están estandarizadas (no hay alineamiento con los objetivos del negocio) y las inspecciones son ejecutadas a criterio de los técnicos. Aunque son realizadas por personal calificado y de gran experiencia, no hay ningún documento que garantice su calidad. Además, se omite el mantenimiento de mejora. Actualmente, en las visitas de mantenimiento se realizan las mismas inspecciones y, en ocasiones, se omiten equipos. Esto provoca gastos, debido al sobremantenimiento en algunos equipos y el incumplimiento de las necesidades en otros.

El escenario al que se quiere llegar a partir del mantenimiento preventivo actual es obtener, por visita, una serie de inspecciones por equipo para verificar la

ejecución de las inspecciones necesarias, documentar variables de operación y realizar anotaciones para retroalimentación. El aspecto más importante que se busca es el alineamiento de los objetivos del negocio con los de mantenimiento y que el personal de Roche Servicios S.A. tenga conocimiento de qué inspecciones se realizan y sus resultados. Asimismo, hay que asegurar que se cumplan los requisitos del negocio, ubicado en la industria farmacéutica.

Los aspectos que se tomaron en cuenta para la confección de la serie de inspecciones son los siguientes:

- El programa de mantenimiento anterior, el cual contiene una lista de inspecciones estándares para los equipos de refrigeración y aire acondicionado. Estas no están alineadas a las necesidades reales de mantenimiento y no se respeta la frecuencia de ejecución, pero fundamentalmente representan una base que funciona de gran insumo para la nueva lista de inspecciones.

- A partir de reuniones con el ingeniero encargado de mantenimiento en Roche Servicios S.A., se establecieron algunas necesidades desde el punto de vista de fallos históricos de equipos. Estas necesidades funcionan como insumos para establecer ciertas inspecciones proactivas en busca de mejora continua.

- El personal de operadores es un sector importante, puesto que es el que tiene más contacto con los equipos finales. Por lo tanto, pueden ser fundamentales en la detección de comportamientos inusuales, y también se consultaron para establecer inspecciones necesarias desde un punto de vista operativo.

- El formato utilizado se muestra en la siguiente figura. Es de tipo lista de verificación. En cada visita, el técnico encargado verifica cada inspección y la realiza. Luego, el encargado de supervisar el mantenimiento va al sitio y da el visto bueno. En la siguiente figura se muestra el formato utilizado.

- El personal tercerizado es fundamentalmente el que posee el conocimiento experto, por lo cual, una vez establecidas algunas necesidades de mantenimiento a partir de acercamientos, se establecieron su viabilidad para ejecución. Además, se incorporaron otras.


Roche Servicios S.A					
Lista de verificación MP					
Fecha:		Realizado por:			
Equipo:		Codificación:			
No	Inspecciones trimestrales	PER	DUR	Chequeo:	
1				<input type="checkbox"/>	
2				<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones semestrales	PER	DUR	Chequeo:	
3				<input type="checkbox"/>	
4				<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones anuales	PER	DUR	Chequeo:	
5				<input type="checkbox"/>	
6				<input type="checkbox"/>	

Figura 35. Formato de lista de verificación de mantenimiento programado

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

La intención es que el encargado de supervisar el mantenimiento tenga a mano todas las listas de inspecciones por equipo, y que junto con el personal de mantenimiento verifique que se cumpla cada una de las inspecciones.

A continuación, se muestra, a manera de ejemplo, la lista de inspecciones del compresor del cuarto frío 1, el cual se clasifica como crítico.


Roche Servicios S.A				
Lista de verificación MP				
Fecha:		Realizado por:		
Equipo:	Compresor	Codificación:	FR-COM-01	
No	Inspecciones trimestrales	PER	DUR	Chequeo:
1	Limpieza externa de la carcasa eliminación de exceso de polvo y acumulación de lubricante	A	10	<input type="checkbox"/>
2	Chequeo del nivel (recondameble el nivel entre 1/2 y 3/4) y el sistema de retorno del lubricante (debe ser color transparente), revisar también la presión de succión, agregar lubricante si es necesario. IMPORTANTE: Anotar el valor actual	T	10	<input type="checkbox"/>
3	Revisión del cableado de alimentación, ajustar bornes y control eléctrico del motor, en caso de deterioro reemplazar inmediatamente	T	5	<input type="checkbox"/>
4	Medición y documentación de las variables eléctricas (amperaje y voltaje) V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	A	5	<input type="checkbox"/>
5	Medición y documentación de las variables mecánicas (presión de succión y descarga) y presostatos Pd= Ps= Presostato Pin= Pout= Palta=	T	10	<input type="checkbox"/>
6	Chequeo temperatura de descarga y succión (a 15 cm de la Td= Ts=	T	5	<input type="checkbox"/>
7	Documentar las la temperatura y presión de succión, la temperatura de evaporación, sobrecalentamiento y porcentaje de apertura de la válvula mostrados en la VEE Ps= psi Ts= °C Peva= psi SH= °C Apertura= %	T	10	<input type="checkbox"/>
8	Chequeo temperatura de descarga y succión (a 15 cm de la Td= Ts=	T	5	<input type="checkbox"/>
9	Verificación de los elementos de anclaje	A	5	<input type="checkbox"/>
10	Revisión de la hermeticidad de los empaques del motor para descartar fugas	A	5	<input type="checkbox"/>
11	Revisión presiones trabajo del refrigerante secundario Pt= psi	T	5	<input type="checkbox"/>
Nota: La toma de datos del display y con el instrumento de medición deben ser simultáneas				
Observaciones:				

Figura 36. Lista de inspecciones en la visita número 1 del compresor 1 de la cámara de frío 1

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel


Roche Servicios S.A				
Lista de verificación MP				
Fecha:		Realizado por:		
Equipo:	Compresor	Codificación:	FR-COM-01	
No	Inspecciones trimestrales	PER	DUR	
1	Limpieza extrema de la carcasa eliminación de exceso de polvo y acumulación de lubricante	A	10	<input type="checkbox"/>
2	Chequeo del nivel (recondameble el nivel entre 1/2 y 3/4) y el sistema de retorno del lubricante (debe ser color transparente), revisar también la presión de succión, agregar lubricante si es necesario. IMPORTANTE: Anotar el valor actual	T	10	<input type="checkbox"/>
3	Revisión del cableado de alimentación, ajustar bornes y control eléctrico del motor, en caso de deterioro reemplazar	T	5	<input type="checkbox"/>
4	Medición y documentación de las variables eléctricas (amperaje y voltaje) V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	A	5	<input type="checkbox"/>
5	Medición y documentación de las variables mecánicas (presión de succión y descarga) y presostatos Pd= Ps= Presostato Pin= Pout= Palta=	T	10	<input type="checkbox"/>
6	Chequeo temperatura de descarga y succión (a 15 cm de la Td= Ts=	T	5	<input type="checkbox"/>
7	Documentar las la temperatura y presión de succión, la temperatura de evaporación, sobrecalentamiento y porcentaje de apertura de la válvula mostrados en la VEE Ps= psi Ts= °C Peva= psi SH= °C Apertura= %	T	10	<input type="checkbox"/>
8	Chequeo temperatura de descarga y succión (a 15 cm de la Td= Ts=	T	5	<input type="checkbox"/>
9	Verificación de los elementos de anclaje	A	5	
10	Revisión de la hermeticidad de los empaques del motor para descartar fugas	A	5	<input type="checkbox"/>
11	Revisión presiones trabajo del refrigerante secundario Pt= psi	T	5	<input type="checkbox"/>
No	Inspecciones anuales	Chequeo:		
12	Medición de la resistividad, documentar de inmediato. R= MΩ	T	15	<input type="checkbox"/>
Nota: La toma de datos del display y con el instrumento de medición deben ser simultáneas				
Observaciones:				

Figura 37. Lista de inspecciones en la visita número 2 del compresor 1 de la cámara de frío 1

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Como se muestra en las dos figuras anteriores, hay inspecciones de limpieza, eléctricas y mecánicas. En el área eléctrica se incorporó la recolección de variables eléctricas de voltaje y amperaje. Además, la documentación es muy importante, debido a que ayuda a evaluar tendencias. Por parte de las inspecciones mecánicas, y como respuesta a recientes fallos en la empresa, se incorpora al mantenimiento la verificación del nivel de lubricante en el refrigerante, el cual, en un momento anterior, por bajo nivel, hizo que el compresor saliera de funcionamiento; esto afectó el proceso productivo.

Otro aspecto puntual son las recolecciones de variables mecánicas, como el porcentaje de glicol (como se manejan temperaturas bajo cero en el refrigerante primario y secundario, debe evitarse que se congele y usarse propilenglicol), el cual asegura que su nivel sea el adecuado, y evitar que algún elemento se congele y falle. También se puede observar en las figuras anteriores que las inspecciones cambian conforme a la visita, pues la prueba del aislamiento de los devanados se realiza anualmente. Por facilidad, se realiza en la segunda visita, lo que funciona de manera excelente para llevar un registro de las inspecciones que se deben realizar, las que se realizaron y las que se realizarán. El espacio de “observaciones” permite establecer oportunidades de mejora y plantear trabajos correctivos en caso de que se requieran.

Por último, para ciertas inspecciones deben tomarse en cuenta ciertas indicaciones adicionales, las cuales corresponden a la sección de “notas”.

Para cada visita, se programan tareas diferentes, según corresponda. En el siguiente gráfico se muestra el diagrama de Gantt utilizado para la planificación de las inspecciones. En este se puede apreciar que la inspección 3 del manual de mantenimiento preventivo, la cual es anual, solo se realiza en la segunda visita.

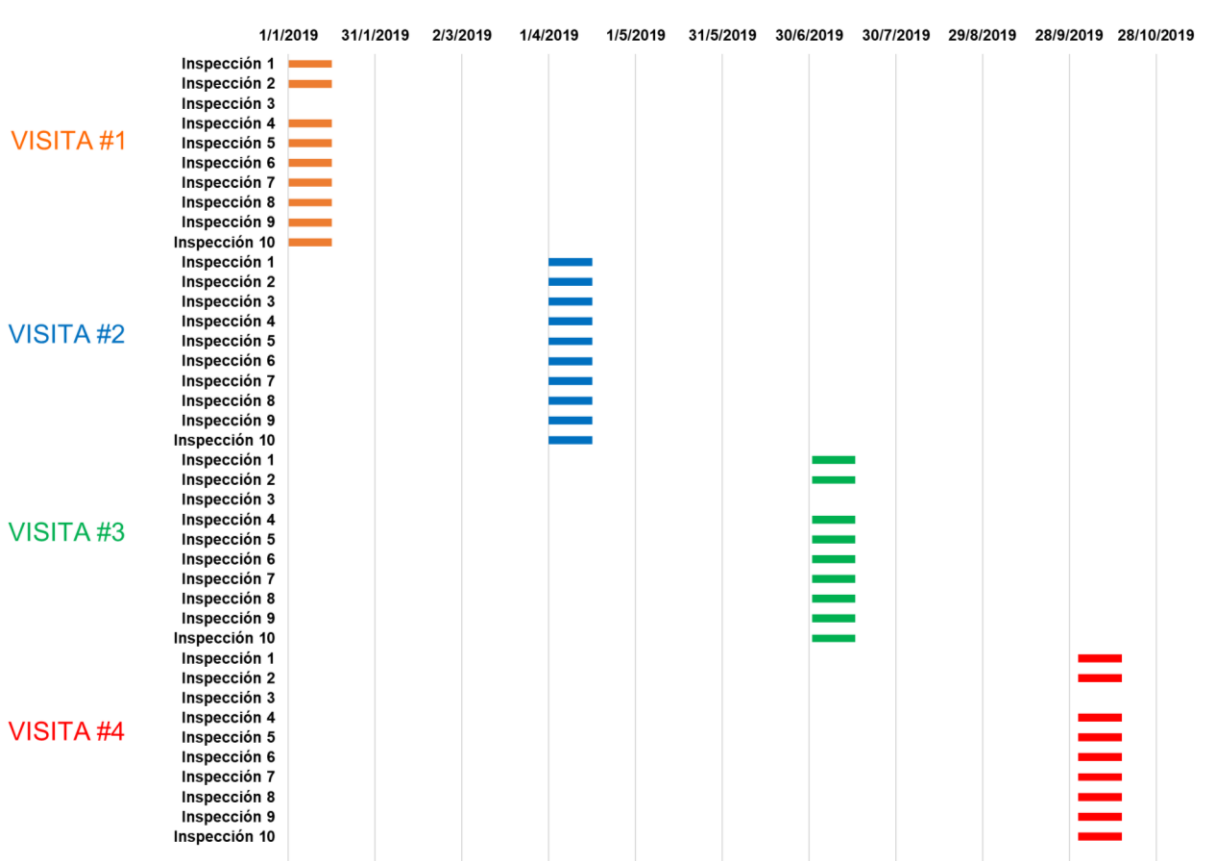


Gráfico 7. Diagrama de Gantt de la planificación de mantenimiento preventivo del compresor recíprocante.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

A continuación, se muestran de manera puntual algunos aspectos en los cuales se mejora del mantenimiento periódico actual.

- Alineamiento de las acciones de mantenimiento con las necesidades del negocio. En la industria farmacéutica se requieren estándares mínimos que responden a necesidades de la industria. Por ejemplo, respecto a las cámaras de frío, se requiere cierto nivel aséptico. Por lo tanto, es necesario aumentar la frecuencia en la limpieza limpieza de las aspas de cada enfriador de aire, incorporar productos biodegradables (para no afectar el producto) para limpieza de los serpentines de los enfriadores, o también incorporar una revisión de la bandeja de

condensados en busca de acumulación de agua, la cual puede filtrarse y afectar el producto.

- Documentación de variables de los equipos. Algunos equipos poseen variables que son necesarias para conocer el estado real de funcionamiento. Variables de tipo mecánico en equipos como compresores dan una buena idea de su funcionamiento. También las variables eléctricas establecen una idea de cómo se encuentra el equipo.

- Respaldo de ejecución de las inspecciones de mantenimiento. En cada visita se cuenta con un manual que por cada equipo incluye una lista de inspecciones en forma de lista de chequeo, el cual permite a usuarios del equipo verificar que cada inspección ha sido ejecutada y que cumple con los requerimientos del negocio.

- Mantenimiento de mejora. Cada equipo cuenta con un espacio para anotar observaciones, el cual funciona como mecanismo de mejora continua y ajuste de inspecciones. Los inconvenientes que se encuentren y no se solucionen con el mantenimiento preventivo de inmediato se reportan a la empresa tercerizada y se procede a coordinar el correctivo.

- Funciona como respaldo de mantenimiento. La industria farmacéutica califica sus sistemas de acuerdo con ciertos estándares propios del negocio. El documento llamado Lista de Inspecciones de Mantenimiento por Equipo recopila cada inspección por cada equipo. Este funciona como respaldo ante auditores u otros departamentos de que el mantenimiento se ejecuta correctamente.

- La planificación del mantenimiento asegura que todos los equipos reciban las inspecciones que corresponden; esto porque, históricamente, no se les brinda mantenimiento a todos los equipos. La metodología nueva consiste en que en cada visita se le da al equipo técnico un folleto con todos los equipos y las inspecciones necesarias para esa visita en específico. Por lo tanto, si la hoja de algún equipo está incompleta o semicompleta, el mantenimiento se reporta y se procede a solicitar su ejecución. El encargado de mantenimiento es responsable de supervisar el cumplimiento. Todas las inspecciones que estén en el folleto para cada visita se deben realizar. Si para un equipo existen varias inspecciones anuales, lo que se

intenta es distribuir las a lo largo de cada visita y agrupar las inspecciones que requieren algún equipo especial.

- El mantenimiento planificado en el que, por visita, existe una hoja con una serie de inspecciones funciona para el reporte de anomalías. En cada hoja hay un espacio destinado para observaciones donde, en cada visita, el encargado técnico de mantenimiento debe anotar detalladamente posibles fallas futuras u oportunidades de mejora, en caso de encontrarlas. Las oportunidades de mejora pueden ser, por ejemplo, la falta de aislante en tuberías de refrigeración o niveles bajos de lubricante. Aquí se toma en consideración que Roche es una empresa farmacéutica y que preservar la integridad mecánica es un requisito para no afectar la calidad de los productos.

En el apéndice 6 se muestran las listas de inspecciones planificadas para la visita número 2 de mantenimiento en Roche Servicios S.A.

6.5 Paso 5. Desarrollo de un sistema de mantenimiento predictivo

Cada visita implementa inspecciones diferentes en las que, además de acciones periódicas, de servicio y diarias correspondientes a mantenimiento basado en tiempo, se incorporan acciones fundamentadas en la condición. Aquí se evalúan tendencias y períodos irregulares, además de que se incorpora mantenimiento de mejora, tal como aumentos de fiabilidad, mejora de mantenibilidad con el monitoreo o mejora de acciones de inspección.

6.5.1 Selección método predictivo

Para seleccionar dentro de los diferentes métodos el que mejor funcione, se deben establecer y analizar ciertos criterios para decidir cuál es la técnica predictiva por utilizar, o si la mejor opción es realizar solo mantenimiento preventivo. Los diferentes aspectos que se toman en cuenta para la selección del método predictivo son:

a) Ubicación de los equipos

Independientemente de la técnica predictiva que se utilice, se debe valorar si el equipo es de difícil acceso para realizar el monitoreo e inspecciones predictivas. Este aspecto es definitorio por el hecho de que si no hay acceso al equipo, se deben seguir con las estrategias preventivas debido a la imposibilidad de realizar mantenimiento predictivo.

Este aspecto toma en cuenta situaciones como:

- Se compromete la seguridad del personal.
- El equipo está físicamente fuera del alcance del personal.
- El equipo tiene un estado dinámico que no permita realizar inspecciones predictivas.

b) Período de funcionamiento

El monitoreo de equipos requiere estrictamente que estos se encuentren en funcionamiento en el momento de realizar la inspección predictiva, ya que se valora el estado de su condición. Por esta razón, se requiere un mínimo de tiempo para que la medición sea representativa. Este aspecto toma en cuenta los ciclos de funcionamiento, de modo que, si este es muy corto, una inspección predictiva no es la mejor opción, debido a que no sería verdaderamente representativa. La mayoría de los equipos funcionan de manera automática y son operados vía BMS (Building Monitoring System). Por lo tanto, por medio de este sistema se puede seleccionar el estado “forzado” para que opere bajo un ciclo prolongado y se puedan realizar inspecciones predictivas.

c) Potencia del motor

La potencia es un aspecto que solo se va a tomar en cuenta en bombas y motores. En los paneles eléctricos no se considera, debido a que se refiere a potencia mecánica. Este aspecto es importante, pues a partir de cierta potencia es recomendable realizar únicamente mantenimiento preventivo, ya que no es rentable realizar inspecciones predictivas. La potencia referente para determinar si la mejor opción es realizar mantenimiento predictivo es 20 hp (ISO 10816-3, 2009).

d) Criterio técnico

Este aspecto toma en cuenta criterios especiales que implican que incluyan equipos que quedaron excluidos por baja potencia. Se incluyen porque su criticidad es de clase A (criticidad alta como se muestra en el análisis realizado anteriormente) o por alguna otra razón especial especificada por usuarios de la empresa.

Otros criterios que podrían utilizarse son: temperatura y existencia en *stock* de repuestos. En la empresa se manejan solamente equipos de refrigeración, aire acondicionado y ventilación. Por lo tanto, no se manejan temperaturas de ambiente altas, así que el criterio temperatura en todos los equipos no es relevante. El otro aspecto, existencia en *stock*, no se incluyó, ya que, actualmente, no hay bodega en la empresa. En cambio, cada repuesto es traído por empresas tercerizadas (este es un aspecto de mejora, debido a que los equipos tienen una gran importancia en el negocio y es necesario evaluar la posibilidad de tener repuestos de gran costo en la empresa).

Los criterios válidos para paneles de control eléctrico solo son la ubicación accesible y el periodo de funcionamiento. Además, solo es aplicable la ejecución de termografías, ya que es un equipo estático. Por lo tanto, si la ubicación es accesible y el ciclo de operación permite realizar mediciones para estos equipos, está claro que solo se deben realizar termografías.

En el caso de bombas y motores, solo se consideran vibraciones, debido a que no poseen aceite (para el análisis de aceite) y la termografía no brinda información que no contemple el análisis de vibraciones (este último refleja varios aspectos más).

Respecto a los compresores, solo se van a tomar en cuenta el análisis de vibraciones y el de aceite. En Roche Servicios S.A. hay compresores de tipo tornillo y recíprocante de gran potencia. Claramente, ambos poseen aceite lubricante, por lo que, a partir del análisis de criticidad, se determina si el equipo es crítico y se procede a realizar análisis de aceites.

De este modo, se puede realizar un flujograma para tomar la decisión de cuál es la inspección predictiva que mejor se adecúa según el equipo y las condiciones. En la siguiente figura se muestra el flujograma para definir la técnica predictiva según los criterios anteriores.

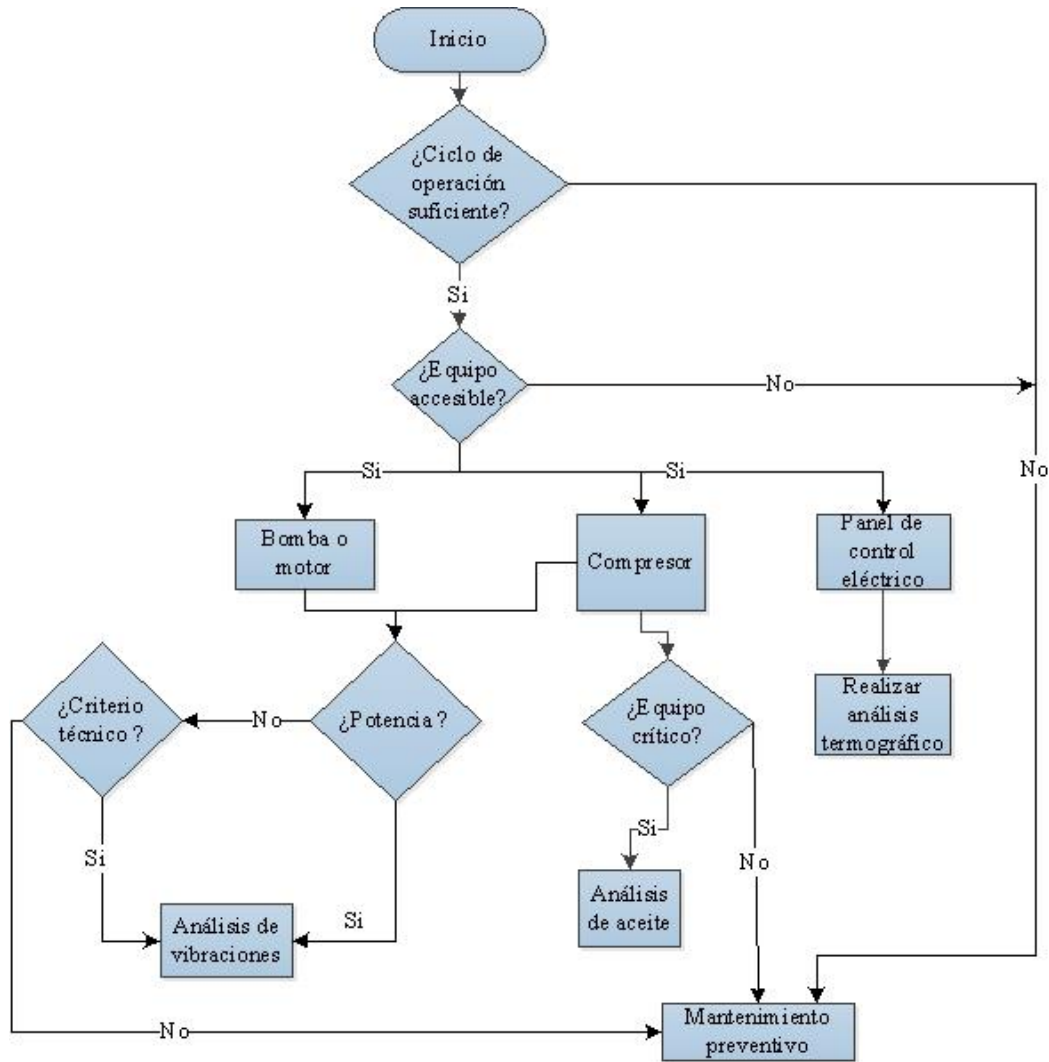


Figura 38. Flujograma para elegir cada inspección predictiva por equipo

Fuente: Elaboración propia en Visio

A partir de la lista de equipos y los criterios anteriormente desarrollados, se establece la siguiente tabla la cual muestra un resumen donde para cada equipo se establece la estrategia predictiva o preventiva según corresponda.

Tabla 19. Estrategia de mantenimiento por equipo

Equipo	Codificación	Tipo de equipo	Fabricante	Modelo	Potencia>20hp	Equipo accesible	Período suficiente de funcionamiento	Criticidad	Estrategia predictiva
Compresor reciprocante CF1	FR-COM-01	COMPRESOR RECIPROCANTE	DORIN	HEX3500CS	SI	SI	SI	A	ACEITES-VIBRACIONES
Compresor reciprocante CF1	FR-COM-02	COMPRESOR RECIPROCANTE	DORIN	HEX3500CS	SI	SI	SI	A	ACEITES-VIBRACIONES
Compresor reciprocante CF2	FR-COM-03	COMPRESOR RECIPROCANTE	DORIN	HEX1001CS	SI	SI	SI	A	ACEITES-VIBRACIONES
Compresor reciprocante CF2	FR-COM-04	COMPRESOR RECIPROCANTE	DORIN	HEX1001CS	SI	SI	SI	A	ACEITES-VIBRACIONES
Compresor reciprocante CCO	FR-COM-05	COMPRESOR RECIPROCANTE	DORIN	HEX2201CC	SI	SI	SI	B	ACEITES-VIBRACIONES
Bomba de recirculación agua	AM-BOR-01	BOMBA	BALDOR	EM3714T	NO	SI	SI	B	VIBRACIONES
Bomba de recirculación agua	AM-BOR-02	BOMBA	BALDOR	EM3714T	NO	SI	SI	B	VIBRACIONES
Compresor tornillo chiller 1	AM-CHI-01	COMPRESOR TORNILO	FRASCOLD	CXWI0-120-340Y	SI	SI	SI	A	VIBRACIONES-ACEITES
Compresor de tornillo chiller 2	AM-CHI-02	COMPRESOR TORNILO	FRASCOLD	CXWI0-120-340Y	SI	SI	SI	A	VIBRACIONES-ACEITES
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-03	BOMBA	MARATRON	NVM 56T34F5589D	SI	SI	SI	B	VIBRACIONES
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-04	BOMBA	MARATRON	NVM 56T34F5589D	SI	SI	SI	B	VIBRACIONES
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-05	BOMBA	US MOTOR	G74262	SI	SI	SI	B	VIBRACIONES
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-06	BOMBA	US MOTOR	G74262	SI	SI	SI	B	VIBRACIONES
Bomba de recirculación propilenglicol 55%	FR-BOR-07	BOMBA	BALDOR	36K518-1868G1	SI	SI	SI	B	VIBRACIONES
Panel eléctrico de control CF1	FR-PAN-01	PANEL	-	-	-	SI	SI	C	TERMOGRAFÍA
Panel eléctrico de control CF2	FR-PAN-02	PANEL	-	-	-	SI	SI	C	TERMOGRAFÍA
Panel eléctrico de control CC	CO-PAN-03	PANEL	-	-	-	SI	SI	C	TERMOGRAFÍA
Motor eléctrico con correa (AHU 1.1)	AM-AHU-01	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	SI	SI	A	VIBRACIONES
Motor eléctrico con correa (AHU 1.2)	AM-AHU-02	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.1)	AM-AHU-03	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.2)	AM-AHU-04	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.3)	AM-AHU-05	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.4)	AM-AHU-06	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.5)	AM-AHU-07	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (AHU 2.6)	AM-AHU-08	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	NO	SI	B	PREVENTIVO
Motor eléctrico con correa (MUA)	AM-MUA-01	MOTOR	BALDOR	EM3714T	NO	SI	SI	A	VIBRACIONES

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

6.5.2 Selección de puntos para las mediciones

Definir los puntos de medición en el análisis de vibraciones es importante para crear tendencias. La importancia se centra en que si se evalúa el mismo punto en todas las ocasiones, se pueden identificar comportamientos inusuales.

Los puntos de medición se plantean siguiendo las líneas de energía. Es decir, en una bomba, los sensores para vibraciones se localizan a lo largo del acople cerca del árbol de manera paralela y céntrica. En el caso de Roche Servicios S.A., solo se cuenta con motor acoplado a bombas o motores acoplados a bandas, lo cual se muestra en la siguiente figura.

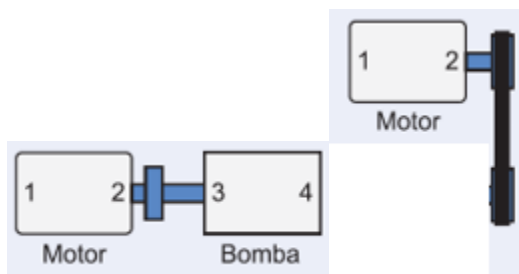


Figura 39. Puntos de medición de vibraciones en los equipos

Fuente: Manual Fluke 810

La termografía se va a realizar a la totalidad de los elementos del panel, y el análisis de aceite se va a realizar a cada equipo previamente.

6.5.3 Frecuencia de inspección

A continuación, se van a determinar las frecuencias de inspección de acuerdo con una técnica desarrollada por TECHGNOSIS, la cual se basa en la curva P-F, que establece los puntos donde una falla empieza a ocurrir, se convierte en potencial y termina en funcional. El objetivo de una inspección predictiva es detectar y corregir una falla antes de que sea funcional. El método de

cálculo de una inspección de aceites predictiva se basa en el modelo matemático que se muestra a continuación:

$$I = C * F * A$$

Donde:

I = frecuencia de inspección

C = factor de costo

F = factor de fallo

A = factor de ajuste

El factor de costo se calcula como el cociente del costo de la inspección predictiva dividido entre el costo de no detectar el fallo. Por su lado, el factor de fallo se calcula como el cociente de la cantidad de fallas detectables dividido entre la cantidad de fallas presentadas por equipo. Por último, el factor de ajuste el cual proviene de un modelo matemático basado en el hecho de que ocurra más de 0 fallas al año utilizando la tasa de fallas al año.

El costo unitario de inspección se tomó de la cotización de análisis de aceites (anexo 1). El costo por no detectar la falla se asoció al equipo como tal, y no con el proceso productivo, debido a que hay redundancia. La cantidad de fallas se obtuvo por medio de la experiencia del personal de mantenimiento, mientras que la cantidad de fallas detectables se obtuvo mediante la sugerencia de TECHGNOSIS de establecer veinte. Por lo tanto, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para cada equipo al que se le van a realizar análisis de aceite.

Tabla 20. Cálculo de frecuencia de inspección predictiva análisis de aceites

Equipo	Codificación	Costo unitario por inspección (\$)	Costo por no detectar la falla (\$)	C	Cantidad de fallas que pueden detectarse	Tasa de fallas por año	F	A	I	Inspecciones por año	Frecuencia de inspección definitiva
Compresor recíprocante CF1	FR-COM-01	50	4000	0,013	20	0,50	40,00	0,93	0,47	2,14	Bianual
Compresor recíprocante CF1	FR-COM-02	50	4000	0,013	20	0,50	40,00	0,93	0,47	2,14	Bianual
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-03	50	4000	0,013	20	0,50	40,00	0,93	0,47	2,14	Bianual
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-04	50	4000	0,013	20	0,50	40,00	0,93	0,47	2,14	Bianual
Compresor recíprocante CCO	FR-COM-05	50	5000	0,010	20	0,40	50,00	1,11	0,55	1,80	Año y medio
Compresor tornillo chiller 1	AM-CHI-01	50	6000	0,008	20	0,30	66,67	1,35	0,75	1,33	Anual
Compresor tornillo chiller 2	AM-CHI-02	50	6000	0,008	20	0,30	66,67	1,35	0,75	1,33	Anual

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Las frecuencias de inspecciones de termografías se basan en factores como el costo de fallo asociado, la criticidad del equipo, el impacto en el proceso productivo, la seguridad y el impacto en mantenimiento. Se deben investigar fallas anteriores en los equipos. Esto, según *Fluke* el cual es líder mundial en manufactura de instrumentos de medición y ente capacitador en inspecciones predictivas, apunta hacia una misma frecuencia de inspecciones, las cuales se muestran a continuación.

Tabla 21. Frecuencia de inspección según el tipo de dispositivo eléctrico

Tipo de equipamiento	Frecuencia de las inspecciones
Subestaciones de alta tensión	De 1 a 3 años
Transformadores	Anualmente
Motores de 400 V de centros de control, refrigerados	De 6 a 12 meses
Sin refrigeración o con cierta antigüedad	De 4 a 6 meses
Equipos de distribución eléctrica	De 4 a 6 meses
Motores grandes*	Anualmente
Motores más pequeños	De 4 a 6 meses
<i>*Se supone que también se están realizando análisis de vibraciones, MCA y análisis de aceites.</i>	

Fuente: Implementación de un Programa de Mantenimiento Mediante Termografía por Infrarrojos, Fluke

Por lo tanto, debido a que en Roche Servicios S.A. solamente se manejan paneles de distribución eléctrica dentro de los equipos de refrigeración y aire acondicionado, se establece una frecuencia de inspección semestral.

Para determinar la frecuencia de análisis de vibraciones por primera vez en una empresa, se debe tener en cuenta que puede que no se detecten resultados visibles. Además, no existe ninguna norma que asigne un valor recomendado a la frecuencia de inspección de análisis de vibraciones, sino que lo que se utiliza es un estudio de requisitos que se encuentren ligados al negocio.

Algunos de los factores que se deben considerar, según ISATECK en una de sus publicaciones, *La importancia del análisis de vibraciones de máquinas rotatorias*, son:

- Ubicación en la planta; si es de fácil acceso o no
- Criticidad en el proceso productivo
- Fallos que presenta el equipo
- Costos de reparación y reemplazo
- Facilidad de obtención de repuestos

También establece que dependiendo de la ocurrencia de fallas debe ir aumentando para ajustar el periodo de inspección o disminuyendo según sea la necesidad. Por lo tanto, la mejor práctica para averiguar la frecuencia óptima de inspección es conocer los equipos, evaluar las tendencias y generar históricos. La frecuencia se va a establecer trimestralmente en el caso de Roche Servicios S.A., para generar algún tipo de criterio para ampliar o disminuir la frecuencia de inspección predictiva.

En la siguiente tabla se muestra, a modo de resumen, la frecuencia con la que se van a ejecutar las inspecciones y el número de equipos por técnica predictiva.

Tabla 22. Resumen de cantidad de equipo y frecuencia de inspección por estrategia predictiva

Estrategia predictiva	Cantidad de equipos	Frecuencia de inspección
Análisis de vibraciones	16	Trimestral
Termografía	3	Semestral
Análisis de aceites	7	Desde anual hasta BIANUAL según el equipo

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado

El mantenimiento planificado constituye una herramienta basada en la incorporación de mantenimiento fundamentado en el tiempo, condición y mantenimiento de mejora. Además de planificar por medio de calendarización y ajuste de inspecciones, según las necesidades del negocio, involucra la creación

de documentación de mantenimiento, desarrollo de metodologías y otras estrategias. Se plantea el uso de una hoja en la que, de manera ordenada y amigable con el usuario, se pueda acceder a la documentación de mantenimiento. Cada ítem o documento al que se accede está representado por un botón.

Esta incluye toda la documentación desarrollada en el presente proyecto, además de información relevante para el Departamento de Facilidades. Los documentos incluidos en la hoja se detallan a continuación.

NUEVO REGISTRO DE FALLA: Registra cada falla que ocurra en los equipos.

REGISTROS DE FALLA: Base donde se guardan todos los nuevos registros de fallas documentados.

NUEVA OT: Genera una hoja donde se establece una nueva orden de trabajo.

REGISTROS DE OT: Base donde se guardan todas las órdenes de trabajo.

STOCK DE REPUESTOS: Establece un control de repuestos, evidencia la cantidad mínima, máxima, cantidad de pedido, prioridad de repuestos y otros. Todo está basado en ecuaciones.

CUADRO DE MANDO INTEGRAL: Actualiza el sistema de indicadores para luego colocarlo en la pizarra. Utiliza insumos para el cálculo de indicadores.

DISPONIBILIDAD: El indicador de disponibilidad se establece por aparte del CMI, debido a que es muy relevante en la empresa y abarca mucho espacio en la hoja de cálculo.

CONTRATOS DE MANTENIMIENTO: Establece todos los contratos vigentes que tiene Roche en todas las áreas. Contiene información de contactos, teléfonos, correos, equipos, contratistas y encargados.

INSPECCIONES DE MTO P Y Pd: Establece las inspecciones que deben realizarse por visita de mantenimiento preventivo y predictivo.

CUMPLIMIENTO DE CONTRATOS: En esta hoja se compara la totalidad de visitas planeadas de empresas tercerizadas para ejecutar el mantenimiento con las ejecutadas.

CODIFICACIÓN DE EQUIPOS: Establece la codificación y la ubicación de cada equipo codificado en la empresa.

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: Una vez desarrollada la metodología, esta hoja se coloca a disposición para análisis, ajustes y tomas de decisiones.

En la siguiente figura se muestra la portada con los registros de mantenimiento de Roche Servicios S.A.

**REGISTROS DE MANTENIMIENTO DE ROCHE
SERVICIOS S.A**



NUEVO REGISTRO DE FALLA	NUEVA OT
REGISTROS DE FALLA	REGISTROS DE OT
STOCK DE REPUESTOS	CUADRO DE MANDO INTEGRAL
DISPONIBILIDAD	CONTRATOS DE MTO
INSPECCIONES DE MTO P y Pd VISITAS	CUMPLIMIENTO DE CONTRATOS
CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	ANÁLISIS DE CRITICIDAD
LISTA DE TEMP TALE	

Figura 40. Registros de mantenimiento propuesto para Roche Servicios S.A.

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Los registros de mantenimiento son importantes desde el punto de vista de la toma de decisiones, puesto que se pueden generar criterios a partir de la generación de tendencias, análisis de datos y otros factores.

7. Propuesta de diseño de un cuadro de mando integral

En la actualidad, para mantener su competitividad en el negocio, las empresas deben mejorar la rentabilidad en sus procesos. Esto los obliga a buscar

nuevas opciones para aumentar su eficiencia. El mantenimiento de los equipos en el pasado era considerado un gasto; es decir, no se consideraba como una inversión para que los equipos mantuvieran sus condiciones de operación, lo cual es un problema. Una forma de cambiar esta mentalidad es evidenciando resultados con el uso de la información sobre efecto o causa de mantenimiento. Esto se puede desarrollar con el uso de indicadores.

El cuadro de mando integral busca cuantificar el cumplimiento de objetivos de una empresa. De este modo, se podrán resolver problemas relacionados con la falta de recolección de información y análisis. A continuación, se muestra el Balanced Scorecard o cuadro de mando integral (CMI) propuesto para el Departamento de Facilidades de Roche Servicios S.A.

La metodología para la elaboración del CMI se muestra a continuación:

7.1 Metodología

El procedimiento utilizado sigue una serie de pasos que se describen a continuación:

1. Recolectar la visión y la misión del departamento encargado de mantenimiento para definir los objetivos meta bases.
2. Realizar un análisis de Fortalezas Oportunidades Debilidades y Oportunidades (FODA), esto con la finalidad de anticipar eventos positivos o negativos del departamento.
3. Desarrollar un sistema de objetivos para ejecutar la estrategia; estos son establecidos por el negocio en primera instancia (por parte de la gerencia) y luego para cada perspectiva según se requiera.
4. Desarrollar un mapa estratégico; en este se relacionan las cuatro perspectivas entre sí para comparar causas y efectos.
5. Establecer indicadores en atraso y adelanto según sea necesario.
6. Crear una herramienta que permita registrar la información de los indicadores establecidos anteriormente: esto es vital, debido a que para

toda información, sean indicadores o insumos, debe poderse verificar su trazabilidad.

7. Desarrollar manual de indicadores.
8. Establecer el CDI que será presentado ante el personal de la empresa.

7.2 Desarrollo de los pasos para ejecución del CMI

A continuación, se procede a ejecutar cada paso del CMI.

7.2.1 Misión y visión del departamento

El Departamento de Facilidades de Roche Servicios S.A no cuenta con ninguna misión o visión como base para establecer la estrategia del CMI. Como parte de la estructuración de la gestión de mantenimiento, se propone una misión y una visión del Departamento de Facilidades de la empresa, alineadas al negocio y a los valores, los cuales son coraje, pasión e integridad.

Misión

Proporcionar las facilidades y utilidades necesarias para garantizar el funcionamiento correcto de los departamentos de la empresa, con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Visión

Ser un departamento basado en la mejora continua que garantice el funcionamiento de cada servicio de la empresa, enfocado en sistemas críticos, utilizando recursos de la mejor calidad para mantener los sistemas en excelentes condiciones, para asegurar la salud integral de los pacientes.

7.2.2 Análisis FODA

El análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para el Departamento de Facilidades de Roche Servicios S.A. se plantea utilizando la experiencia de los colaboradores encargados de mantenimiento junto con la técnica de lluvia de ideas y el estudio de efectividad de mantenimiento MES.

El FODA es un tipo de análisis que requiere una evaluación progresiva; es decir, se debe evaluar cada elemento a lo largo del ciclo de vida de los activos. Es recomendable que se realice anualmente, para establecer avances en los cuatro aspectos del FODA. Esto es necesario debido a que el principal motivo para realizar este análisis es que las fortalezas ataquen las debilidades y las eliminen de manera total o parcial. El mismo principio debe evidenciarse con las oportunidades y las amenazas, respectivamente.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta es que las oportunidades y las amenazas son externos al departamento, mientras que las debilidades y las fortalezas son a nivel interno.

En la siguiente imagen se muestra el análisis FODA realizado al Departamento de Facilidades de Roche Servicios S.A.

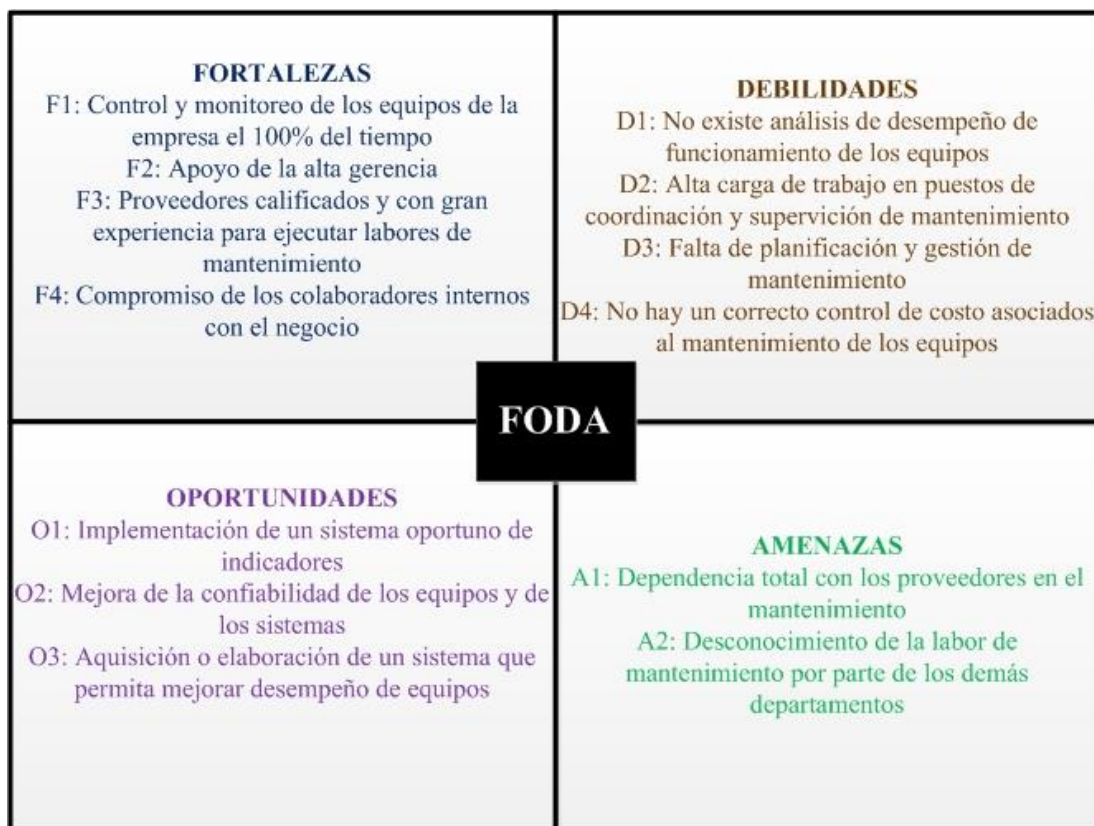


Figura 41. Análisis FODA al Departamento de Facilidades de Roche

Fuente: Elaboración propia en Visio

7.2.3 Sistema de objetivos estratégicos

Con base en la recolección de la misión, la visión, los valores de la empresa y la ejecución del análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), se procede a plantear los objetivos que conforman la propuesta de estrategia del CMI, con el fin de alcanzar las metas.

Para cada perspectiva, se van a formular dos objetivos. A su vez, a cada objetivo se le van a asociar uno, dos o tres indicadores, según corresponda y se plantee la necesidad. La estructura anterior se muestra de manera gráfica en la siguiente figura.

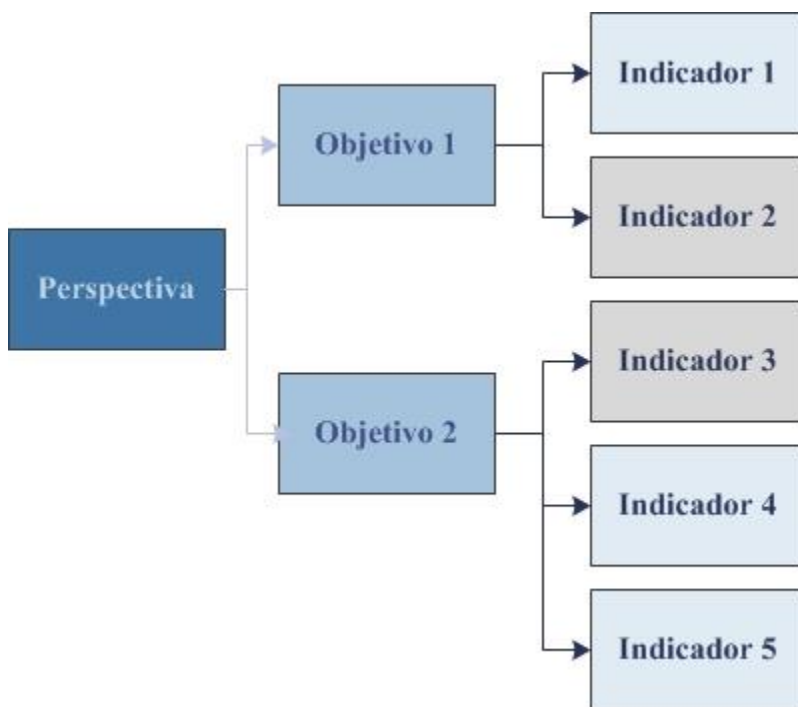


Figura 42. Estructura de formulación de objetivos

Fuente: Elaboración propia Visio

El desarrollo se va a ejecutar por perspectiva: primeramente, la financiera; luego, la perspectiva del cliente y los procesos internos: por último, el desarrollo y el aprendizaje.

Objetivos estratégicos de la perspectiva financiera

Estos objetivos se fundamentan en la reducción de costos asociados al departamento. No se debe incurrir en el error de pensar que disminuir el uso de recursos es la solución, sino que lo ideal es aumentar la eficiencia y eficacia.

-Reducir los gastos asociados a la tercerización de personal contratado por el Departamento de Facilidades con un 7 %; esto con mejor planificación, supervisión, análisis costo-beneficio y evaluación de resultados.

-Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1,5 % en la facturación de la empresa, como parte del compromiso ambiental. El ahorro energético toma en cuenta los sistemas de aire acondicionado, refrigeración, iluminación y control y monitoreo.

Objetivos estratégicos de la perspectiva del cliente

Esta perspectiva se va a abordar estableciendo que los clientes son los usuarios de los servicios. Además, se van a tomar en cuenta las necesidades del negocio.

-Asegurar una disponibilidad de 100 % de los sistemas del Departamento de Facilidades para garantizar el buen desempeño de la empresa en el negocio. Este objetivo toma en cuenta sistemas relacionados con el aire acondicionado, la refrigeración y el control y monitoreo de equipos. Cabe resaltar que se habla de sistema y no de equipo.

-Gestionar correctamente el 100 % de averías de todos los equipos relacionados con el proceso de distribución de fármacos en áreas de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo. Este aspecto se refiere a la documentación, la retroalimentación y el establecimiento de nuevas medidas preventivas y predictivas, con el fin de evitar parcial o totalmente la ocurrencia de fallas.

-Atender el 100 % de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y, además, cumplir con los contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas, para garantizar el correcto desempeño de la empresa. El cumplimiento de estas tareas del Departamento de Facilidades se puede alcanzar eficientemente con la incorporación de un cronograma de programación y planificación.

Objetivos estratégicos de la perspectiva de procesos internos

En la perspectiva de procesos internos, se pretende orientar los esfuerzos conjuntos de la empresa en busca de aumentar la eficiencia interna y apuntar hacia un nivel de mantenimiento de clase mundial.

-Evidenciar, de manera semestral, que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento mejora el tiempo medio entre fallas. El tiempo entre cada falla mejora si se realizan actividades que disminuyan la ocurrencia de fallas. Esto es posible si hay retroalimentación en los trabajos de mantenimiento.

-Reducir con 3 % el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, la refrigeración y el control y monitoreo, por medio de la implementación del mantenimiento planificado como nueva estrategia. Las inspecciones de mantenimiento deben ajustarse según el negocio.

Esta gestión debe realizarse de manera sistemática con la incorporación de mantenimiento planeado con visión al estado de cero averías.

Objetivos estratégicos de la perspectiva desarrollo y aprendizaje

El desarrollo y el aprendizaje del personal contratado es de gran importancia, debido a que asegura la solidez del plan estratégico con el desarrollo de las bases necesarias para cumplir con los demás objetivos planteados en otras perspectivas. El activo principal de una empresa es el personal, por lo que es necesario desarrollar capacitaciones e involucrarlos en el cumplimiento de objetivos. Los objetivos son los siguientes:

-Asegurar que el personal de mantenimiento reciba al menos 16 horas de capacitación anuales para mejorar la calidad de ejecución de inspecciones e incorporación de nuevas metodologías. Estas capacitaciones no solo deben contemplar el aspecto técnico, sino también la incorporación y la adopción de nuevas metodologías.

-Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos tres reuniones anuales para informar acerca del

cumplimiento de resultados y el establecimiento de nuevas oportunidades de mejora.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los objetivos propuestos por perspectiva.

Tabla 23. Objetivos propuestos por perspectiva del Departamento de Facilidades

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
Financiera	Reducir los gastos en un 7% asociados a la tercerización de personal contratado por el departamento de facilidades	Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1.5% en la facturación de la empresa como parte del compromiso ambiental
Cliente	Asegurar una disponibilidad de 100% de los servicios del departamento de facilidad que garanticen el buen desempeño de la empresa en el negocio.	Atender el 100% de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y también el cumplimiento contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas para garantizar el correcto desempeño de la empresa
Procesos internos	Evidenciar de manera semestral que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento se disminuye el tiempo medio entre fallas	Reducir 3% el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo implementando el mantenimiento planificado como nueva estrategia
Desarrollo y aprendizaje	Asegurar que el personal de mantenimiento reciba al menos 16 horas de capacitación anuales para mejorar la calidad de ejecución de inspecciones e incorporación de nuevas metodologías	Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos 3 reuniones anuales informativas de cumplimiento de resultados y establecimiento de nuevas oportunidades de mejora

Fuente: Elaboración propia

7.2.4 Mapas estratégicos

Los mapas estratégicos son una representación gráfica que presenta causas y efectos de los objetivos planteados para cada perspectiva. Para la

elaboración del mapa correspondiente al Departamento de Facilidades en Roche Servicios S.A., se van a plantear las perspectivas de desarrollo y aprendizaje, además de procesos internos cómo la forma de lograr los resultados y por otro lado las perspectivas financiera y clientes describen resultados.

Un mapa constituye una forma de comunicación entre el personal en general y el personal de mantenimiento. Por lo tanto, simplifica el hecho de que todos los integrantes del grupo de trabajo apunten hacia un mismo objetivo.

El mapa estratégico para Roche Servicios S.A. se desarrolló con personal de mantenimiento, la gerencia, el encargado de la coordinación de mantenimiento y los usuarios finales de los equipos, para garantizar que todas las perspectivas tengan una participación asertiva en el proceso de elaboración de indicadores.

En la siguiente figura se muestra el mapa estratégico propuesto para la ejecución del Balanced Scorecard en el Departamento de Facilidades.

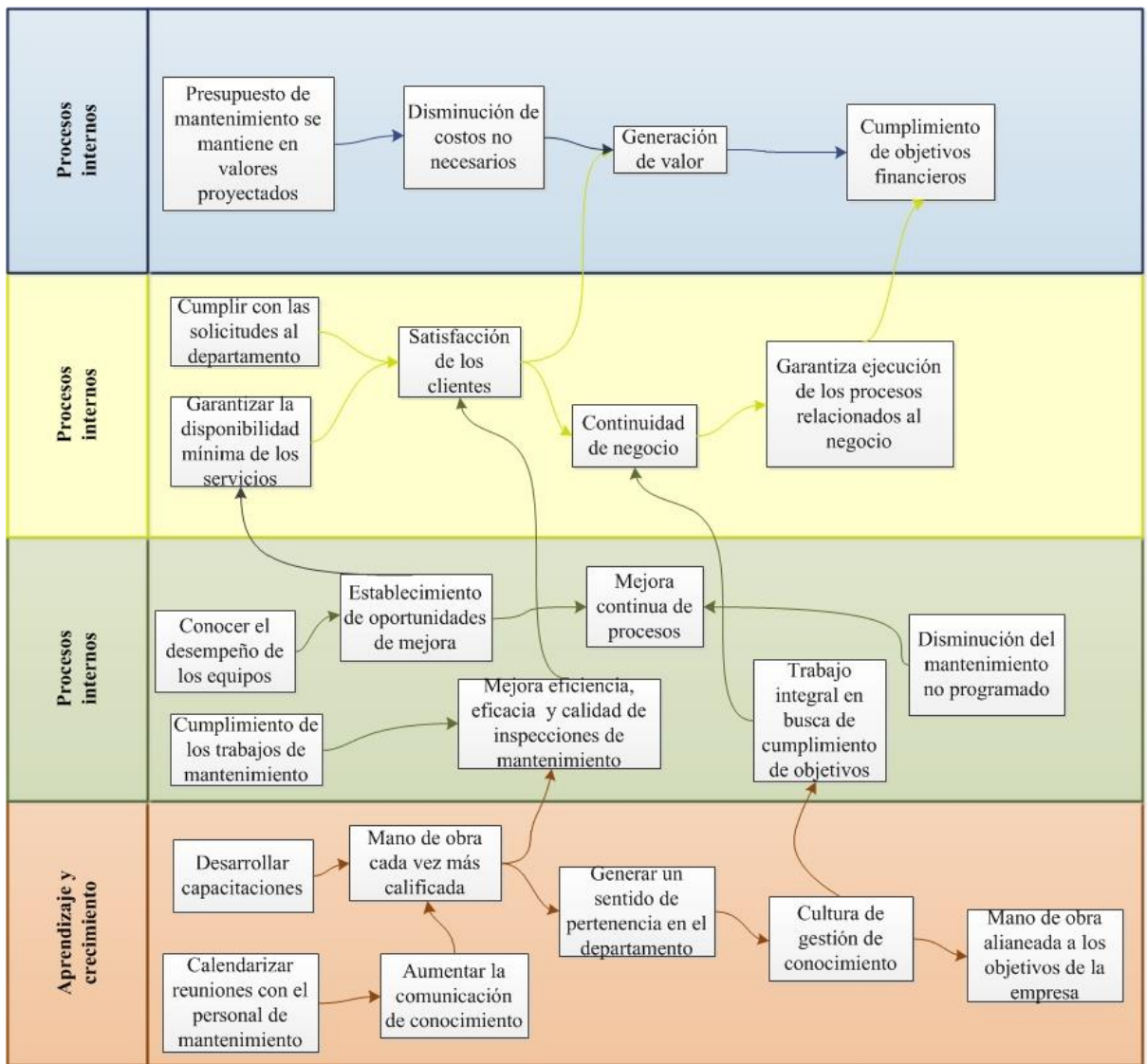


Figura 43. Mapa estratégico en el departamento de facilidades

Fuente: Elaboración propia en Visio

7.2.5 Indicadores de desempeño

Para medir el desempeño de la función del Departamento de Facilidades, se plantean indicadores integralmente para cada perspectiva. Estos indicadores se generaron según los objetivos estratégicos propuestos por perspectiva, ya sea en adelanto o en atraso. La propuesta de indicadores debe tomar el alcance del departamento, es decir, debe tomar en cuenta variables como responsables,

disponibilidad de toma de datos, frecuencia de inspección y otras. Este aspecto es vital, debido a que, como se estableció antes, el cuadro de indicadores debe ser alcanzable por el departamento.

Perspectiva financiera

En la siguiente tabla se muestran los indicadores propuestos para el área financiera.

Tabla 24 . Indicadores según la perspectiva financiera

Perspectiva	Objetivos	Indicador
Financiera	Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1% en la facturación de la empresa como parte del compromiso ambiental	Facturación eléctrica
		Número de proyectos de ahorro
	Reducir los gastos en un 7% asociados a la tercerización de personal contratado por el departamento de facilidades	Reducción de tasa de costos de mantenimiento
		Costo promedio de OT

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Consumo energético: Este indicador es para registrar el consumo energético cada mes y analizar el impacto de los proyectos de ahorro. Cada mes se va a tomar el dato directamente de la factura eléctrica. Este es el insumo necesario para determinar si el porcentaje de reducción en la facturación disminuye. La frecuencia del indicador será anual.

Número de proyectos de ahorro energético: El presente indicador establece un número mínimo de proyectos de ahorro energético en el edificio como parte del compromiso de sostenibilidad de la empresa. La frecuencia de actualización del indicador se realizará anualmente, pero cuatrimestralmente se realizará una revisión de los proyectos para evaluar su avance.

Tasa de cambio de costos de mantenimiento: El indicador evidencia el porcentaje de cambio del total de costos totales de mantenimiento respecto al año anterior.

Los insumos abarcan costos totales de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. Estos deben recolectarse de manera mensual, pero el indicador se actualiza anualmente. A continuación, se muestra la fórmula de cálculo del indicador:

$$\%RCMTO = Costomto \frac{\textit{anterior} *}{Costosmto\textit{presenteaño}} * 100$$

Donde:

%RCMTO: porcentaje de reducción de costos de mantenimiento

Costo mto anterior: total de costos hechos el año anterior

Costos mto presente año: costos totales de mantenimiento del año en curso

Costo promedio de OT: El costo promedio de OT cuantifica en promedio el costo asociado a cada orden de trabajo, ya sea preventiva o predictiva. Este indicador debe actualizarse cada cuatro meses para realizar correcciones en corto plazo, pero los insumos deben recolectarse mensualmente. A continuación, se muestra la fórmula asociada con el indicador:

$$CostopromedioOT = \frac{CostoOT(\textit{preventivas} + \textit{correctivas})}{OT(\textit{preventivas} + \textit{correctivas})}$$

Donde:

Costo promedio OT: indicador de costo promedio de OT

Costo OT (preventivas y correctivas): insumo de costos de OT preventivas y correctivas

OT (preventivas y correctivas): cantidad total de OT correctivas y preventivas

Perspectiva de clientes

La siguiente tabla muestra los indicadores propuestos para la perspectiva del cliente.

Tabla 25. Indicadores propuestos para la perspectiva de cliente

Perspectiva	Objetivos	Indicador
Cliente	Asegurar una disponibilidad de 100% de los servicios del departamento de facilidades que garanticen el buen desempeño de la empresa en el negocio en equipos y sistemas críticos	Disponibilidad de sistemas
		Disponibilidad de equipos
	Atender el 100% de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y el cumplimiento contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas para garantizar el correcto desempeño de la empresa	Cumplimiento de visitas
		OT concluidas vs OT abiertas

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Disponibilidad de equipos: El indicador de disponibilidad determina el porcentaje que describe en qué grado un equipo está en condiciones de cumplir la función para la cual se diseñó. Este indicador requiere de insumos como tiempo medio entre fallas (TMEF) y tiempo medio para reparar (TMPR). Por lo tanto, la disponibilidad se calcula con la siguiente forma:

$$DISP = \frac{TMEF}{TMPR + TMEF} * 100$$

Donde:

DISP: indicador de disponibilidad

TMEF: tiempo medio entre fallas

TMPR: tiempo medio para reparar

Tiempo medio entre fallas: Este factor se determina mediante el cociente del producto del número de equipo y las horas operativas entre la cantidad total de fallas.

$$TMEF = \frac{Horastotalesoperación}{Totaldefallas}$$

Donde:

TMEF: tiempo medio entre fallas

Horas totales de operación: total de tiempo que debería operar el equipo

Total de fallas: número total de fallas registradas

Tiempo medio para reparar: El tiempo medio para reparar se obtiene como cociente del número total de horas dedicadas al mantenimiento correctivo entre el número total de fallas.

$$TMPR = \frac{\textit{Tiempototalpararestaurar}}{\textit{Totaldefallas}}$$

Donde:

TMPR: tiempo medio para reparar

Tiempo total para restaurar: tiempo destinado a reparaciones

Total de fallas: número de fallas totales

6. Disponibilidad de sistemas: Este tipo de disponibilidad se refiere al total de horas que un sistema, como anteriormente definido en la codificación de equipos, realiza su función y que, por lo tanto, hay disponibilidad de un servicio.

$$DISPSIST = \frac{\textit{Tiempototaloperación} - \textit{Tiemposinoperar}}{\textit{Tiempototaloperación}} * 100$$

Donde:

DISP SIST: disponibilidad del sistema

Tiempo total de operación: tiempo total que debería operar

Tiempo total operación: tiempo total sin operar debido a fallas

Este indicador se va a actualizar de manera mensual según el sistema (el cual se va a mostrar al personal de la empresa) y la disponibilidad de equipo, solo si algún colaborador lo requiere, debido a que son una gran cantidad de equipos.

OT concluidas versus OT abiertas: Este indicador muestra el porcentaje de órdenes de trabajo que fueron emitidas y cerradas respecto al total de órdenes de trabajo incluyendo las que aún no están cerradas.

$$\%OTconcluidasvstotales = \frac{OTconcluidas}{OTtotales} * 100$$

Donde:

OTc: órdenes de trabajo concluidas

Tot: total de órdenes de trabajo

La frecuencia de actualización se realizará trimestralmente y el dato se va a tomar de igual forma.

Cumplimiento de visitas: Este indicador evidencia de manera porcentual el cumplimiento de las visitas de empresas para ejecutar trabajos de mantenimiento programados. En ocasiones, estas se incumplen respecto al contrato previamente acordado. Este indicador se va a actualizar mensualmente, debido a la gran cantidad de empresas que realizan mantenimiento de diferentes áreas y sistemas en Roche.

$$\%Cv = \frac{Visitasejecutadas}{Visitasplanificadas + Visitasejecutadas} * 100$$

Donde:

%Cv: cumplimiento de visitas de mantenimiento

VE: visitas ejecutadas

VP: visitas planificadas

Perspectiva de procesos internos

En la siguiente tabla se muestran los indicadores propuestos para la perspectiva de procesos internos.

Tabla 26. Indicadores propuestos para la perspectiva de procesos internos

Perspectiva	Objetivos	Indicador
Procesos internos	Evidenciar de manera semestral que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento mejora el tiempo medio entre fallas	TMEF
	Reducir 3% el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo implementando el mantenimiento planificado como nueva estrategia	Horas de mantenimiento correctivo
		Horas de mantenimiento predictivo y mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tiempo medio entre fallas: Este factor se determina mediante el cociente del producto del número de equipo y las horas operativas entre la cantidad total de fallas.

$$TMEF = \frac{Horastotalesoperación}{Totaldefallas}$$

Donde:

TMEF: tiempo medio entre fallas

Horas totales de operación: total de tiempo que debería operar el equipo

Total de fallas: número total de fallas registradas

Horas de mantenimiento correctivo: El presente indicador muestra la totalidad de horas necesarias para realizar trabajos correctivos en equipos críticos de refrigeración, aire acondicionado y monitoreo. La actualización del indicador se va a realizar trimestralmente y la información se va a obtener directamente del registro de fallas planteado en el presente proyecto. La fórmula se muestra a continuación:

$$HorasMCo = \frac{Horasmto(MCo)}{Horastotalesdemantenimiento}$$

Donde:

Horas MCo: horas de mantenimiento correctivo

Horas mto (MP y MPd): horas destinadas a mantenimiento correctivo y predictivo

Horas totales de mantenimiento: horas totales empleadas en mantenimiento correctivo

Horas de mantenimiento predictivo y mantenimiento preventivo: Este indicador evidencia las horas invertidas en mantenimiento preventivo y en mantenimiento predictivo versus el total de horas de mantenimiento. Se va a actualizar trimestralmente, pues este es el tiempo que se definió de acuerdo con las implicaciones del negocio, que se basa en la industria farmacéutica.

$$HorasMPyMPd = \frac{Horasmto(MP + MPd)}{Horastotalesdemantenimiento}$$

Donde:

Horas MP y MPd: horas invertidas en mantenimiento preventivo y predictivo

Horas mto (MP+MPd): horas invertidas en mantenimiento preventivo y predictivo

Horas totales de mantenimiento: horas totales invertidas en mantenimiento

Perspectiva de desarrollo y aprendizaje

La siguiente tabla muestra los indicadores propuestos que corresponden a la perspectiva de desarrollo y aprendizaje.

Tabla 27. Propuesta de indicadores para la perspectiva desarrollo y aprendizaje

Perspectiva	Objetivos	Indicador
Desarrollo y aprendizaje	Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos 2 reuniones anuales informativas de cumplimiento de resultados y establecimiento de nuevas oportunidades de mejora	Cantidad de reuniones
		Encuestas de satisfacción de personal
	Asegurar que el personal de Roche reciba al menos 16 horas de capacitación anuales en el área de mantenimiento como parte de la mejora de la respuesta ante fallas que amenacen el negocio	Registro de capacitaciones

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Registro de capacitaciones: El indicador de registro de capacitaciones consiste en llevar un control de la cantidad total de horas que el personal recibe las capacitaciones. El personal a capacitar debe estar relacionado con el área operativa, para garantizar que, en el momento de una falla, haya personal capacitado cerca que sepa actuar de la mejor manera.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los objetivos y los indicadores por perspectiva.

Tabla 28. Objetivos e indicadores por perspectiva

Perspectiva	Objetivos	Indicador
Financiera	Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1% en la facturación de la empresa como parte del compromiso ambiental	Facturación eléctrica
		Número de proyectos de ahorro
	Reducir los gastos en un 7% asociados a la tercerización de personal contratado por el departamento de facilidades	Reducción de tasa de costos de mantenimiento
		Costo promedio de OT
Cliente	Asegurar una disponibilidad de 100% de los servicios del departamento de facilidades que garanticen el buen desempeño de la empresa en el negocio en equipos y sistemas críticos	Disponibilidad de sistemas
		Disponibilidad de equipos
	Atender el 100% de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y el cumplimiento contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas para garantizar el correcto desempeño de la empresa	Cumplimiento de visitas
		OT concluidas vs OT abiertas
Procesos internos	Evidenciar de manera semestral que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento mejora el tiempo medio entre fallas	TMEF
	Reducir 3% el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo implementando el mantenimiento planificado como nueva estrategia	Horas de mantenimiento correctivo
		Horas de mantenimiento predictivo y mantenimiento preventivo
Desarrollo y aprendizaje	Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos 2 reuniones anuales informativas de cumplimiento de resultados y establecimiento de nuevas oportunidades de mejora	Cantidad de reuniones
		Encuestas de satisfacción de personal
	Asegurar que el personal de Roche reciba al menos 16 horas de capacitación anuales en el área de mantenimiento como parte de la mejora de la respuesta ante fallas que amenacen el negocio	Registro de capacitaciones

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

7.2.6 Desarrollo de herramienta de registro

La herramienta de registro permite documentar insumos para el cálculo de indicadores, evaluar si se encuentra dentro de los rangos propuestos y llevar un control asertivo. Según el indicador, se tiene una herramienta de registro.

Para el cálculo de la disponibilidad, se propone utilizar el registro mostrado a continuación. Este toma en cuenta el tiempo que debe operar el equipo según su diseño. Las siguientes tablas muestran la disponibilidad para el 2019.

Tabla 29. Cálculo de disponibilidad de sistemas

Sistema (TIPO SERVICIOS)	Promedio año anterior	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio año actual
Cuarto frío 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Cuarto frío 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Cuarto congelado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
A/C Primer piso oficinas		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
A/C Segundo piso		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
A/C CEDI		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Monitoreo y control		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Reposición glicol - agua		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Ventilación		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,00%
Cuarto frío 1														0,00
Cuarto frío 2														0,00
Cuarto congelado														0,00
A/C Primer piso oficinas														0,00
A/C Segundo piso														0,00
A/C CEDI														0,00
Monitoreo y control														0,00
Reposición glicol - agua														0,00
Ventilación														0,00

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 30. Cálculo de disponibilidad de equipos.

Equipos	Servicio	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
Cámara de frío 1	CF1	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Compresor 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Compresor 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Condensador enfriado por aire 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Condensador enfriado por aire 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Panel de control		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad compresora 1		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad compresora 2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Otros:																											
0		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cámara de frío 2	CF2	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Compresor 3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Compresor 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Condensador enfriado por aire 3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Condensador enfriado por aire 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Panel de control		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 5		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 6		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 7		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador de aire forzado 8		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad compresora 3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad compresora 4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Otros:																											
0		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Compresor	Cuarto Congelado	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad compresora 5		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cámara de congelado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Enfriador por aire forzado		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Panel de control		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 7		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Otros:																											
0			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Piso cielo 1		A/C 1er piso	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Unidad manejadora 2			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Piso cielo 2			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Otros:																											
0			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Fan coil FCU-2-1		A/C 2do piso	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%													
Chiller 250 TON	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Chiller 250 TON	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 1	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Bomba de recirculación 2	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad de precisión	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Piso cielo 2	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-1	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-2	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-3	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-4	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-5	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora de aire AHU-2-6	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Panel del variador de frecuencia	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad de reposición de aire	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%															
Cortina de aire cocina	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%															
Otros:																											
0		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cortina de aire AC-01	A/C CEDI	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cortina de aire AC-02		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cortina de aire AC-03		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Cortina de aire AC-04		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Unidad manejadora REACONDI		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-2		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-3		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-4		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-5		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-6		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-7		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-8		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%														
Fan coil FCU-1-9		100%	100																								

La disponibilidad de equipos y sistemas contiene una condición de colores, la cual indica, según los rangos establecidos, si se encuentra en un nivel alto, medio o bajo.

Para llevar a cabo el cálculo de indicadores de manera más ágil y rápida, se desarrolló una calculadora. En esta, se debe digitar el valor de cada insumo para obtener un indicador.

Tabla 31. Calculadora de indicadores del BSC

Calculadora de indicadores				
Tasa de cambio de costos de mantenimiento	Costos año anterior	Costos año en curso	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Costos totales año anterior}}{\text{Costos de mantenimiento año en curso}} * 100$
Costo promedio de OT	Costo de OT	Cantidad total de OT	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Costo total OT}}{\text{Cantidad total de OT}}$
Cumplimiento de visitas	Vista ejecutadas	Visitas planificadas	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Visitas ejecutadas} * 100}{\text{Visitas planificadas} + \text{Visitas ejecutadas}}$
OT concluidas vs OT totales	OT concluidas	OT totales	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{OT concluidas}}{\text{T totales}} * 100$
TMEF	Total de fallos	Horas totales operación	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Horas totales de operación}}{\text{Total de fallos}}$
Horas de mantenimiento correctivo	Horas MC	Horas totales mto	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Horas de mto (Correctivo)}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$
Horas MP y MPd	Horas MP	Horas MPd	Indicador	Fórmula
				$\frac{\text{Horas invertidas en mto (MP + MPd)}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En la siguiente tabla se muestra el registro de indicadores. Este debe ser actualizado en el BSC, que debe mostrarse al personal general en los meses marcados con color rojo.

Tabla 32. Registro mensual de indicadores

Código	Indicador	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio anual
FI-T1	Facturación energética													
FI-A2	Número de proyectos de ahorro													
FI-T3	Tasa de cambio de costos de													
FI-T4	Costo promedio de OT													
CN-A3	Cumplimiento de visitas													
CN-A4	OT concluidas vs OT abiertas													
PI-T1	TMEF													
PI-T2	Horas de mantenimiento													
PI-A3	Horas de mantenimiento													
DA-A1	Cantidad de reuniones													
DA-T2	Registro de horas de capacitaciones													

Fuente: Elaboración propia Excel

La tabla anterior contiene formato condicional establecido según las metas por cada indicador. De este modo, inmediatamente después de actualizar el valor, este toma un color verde, rojo o amarillo que muestra si es aceptable o no.

7.2.7 Conformación del manual de un manual de indicadores

Para la conformación del cuadro de mando integral, se van a definir ciertos aspectos relevantes que faciliten al personal de mantenimiento y al Departamento de Facilidades la comprensión de cada indicador, además de la información implícita que brinda. Los apartados definidos se explican a continuación.

Codificación de indicadores

La codificación de los indicadores es importante para asegurar su identificación por parte del personal de mantenimiento y del Departamento de Facilidades. Esta práctica evita que se ingresen datos de manera errónea y que se obtengan indicadores no representativos. A continuación, se expone el código propuesto para cada perspectiva.

Tabla 33. Código propuesto por perspectiva

Perspectiva	Código
Financiera	FN
Cliente	CN
Procesos internos	PI
Desarrollo y aprendizaje	DA

Fuente: Elaboración propia Excel

Además del código según la perspectiva al que pertenece, el indicador contiene una letra que identifica el tipo: T por atraso y D por adelanto. También se requiere integrar el consecutivo de indicador dentro de cada perspectiva. A continuación, se muestra un ejemplo de la codificación de un indicador.



Figura 44. Ejemplo de codificación de un indicador

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Metas

Las metas se establecen a partir de un nivel superior e inferior. Estas deben ser alcanzables por el personal y deben estar alineadas tanto a los objetivos estratégicos planteados como a las necesidades de mantenimiento. A partir del establecimiento de metas y, por lo tanto, de un rango de operación, se establece el nivel de desempeño esperado. Este funciona para comparar el estado actual de la empresa y compararla con casos ideales.

Indicación de cumplimiento de metas

Con el objetivo de evidenciar si el indicador planteado cumple o no con la meta establecida, se plantea una señalización gráfica mediante tres colores —rojo, amarillo y verde— que indican cumplimiento bajo, medio y alto, respectivamente.

Tabla 34. Señalización de cumplimiento de indicadores

Nivel de cumplimiento	Color
Bajo	Rojo
Medio	Amarillo
Alto	Verde

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Unidad de medida

La unidad de medida indica la forma de expresar cada indicador. Puede ser porcentual, pueden usarse las unidades de medida del SI, o bien, se puede hacer el registro sin unidad de medida (se expresaría simplemente como unidad).

Frecuencia de actualización

Los indicadores deben actualizarse durante el año según la necesidad del departamento de conocer el valor de cada indicador. La frecuencia puede ser mensual, trimestral, cuatrimestral, semestral o anual.

Por otro lado, los insumos que conforman la base para calcular indicadores deben documentarse con menor frecuencia, para garantizar que los indicadores sean lo más representativos posible.

Los indicadores con frecuencia de actualización anual son de tipo estratégicos. Se utilizan para evaluar resultados y el trabajo durante el año, con el fin de evaluar la estrategia actual y tomar decisiones. Los indicadores semanales y mensuales se establecen en actividades del día a día de mantenimiento; por ejemplo, órdenes de trabajo y programación de mantenimiento. Por último, los indicadores trimestrales, semestrales y cuatrimestrales evalúan el comportamiento a corto plazo, con la finalidad de realizar ajustes.

Responsables

Para que un cuadro de mando integral sea realmente exitoso, se deben definir encargados que actualicen la tabla de indicadores según la frecuencia establecida y la recolección de insumos.

A continuación, se muestran los responsables según el indicador.

Gerente de almacén y mantenimiento: El Ing. Manuel de Valle será el encargado del plan de ahorro energético, el cual se compone de los indicadores de facturación eléctrica y número de proyectos de ahorro. También se encargará de la perspectiva de desarrollo y aprendizaje, con los indicadores de cantidad de reuniones y registro de capacitaciones.

Coordinador de facilidades: El Ing. Daniel Méndez llevará el registro de los indicadores relacionados con la perspectiva de cliente y procesos internos en su totalidad.

Asistente administrativa: Adriana Díaz, debido a que lleva el registro de la facturación de Roche, se va a encargar de los indicadores de reducción de costos de mantenimiento y costo promedio de OT.

Al asignar un responsable para un indicador, se debe tener claro que este no solo debe actualizar cada indicador según la frecuencia establecida, sino que también debe recolectar los insumos necesarios.

El manual del cuadro de mando integral se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 35. Manual de indicadores de la perspectiva financiera

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta (final)		
										Alta	Media	Baja
Financiera	Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1% en la facturación de la empresa como parte del compromiso ambiental	Facturación energética	Registra el consumo total de energía eléctrica	Extraído directamente del recibo eléctrico	FI-T1	Directamente del recibo eléctrico	kWh	Anual	Gerente de almacén y facilidades	1.5%≥ ahorro	<1.5% y ≥0.5% ahorro	<0.5% ahorro
		Número de proyectos de ahorro	Evidencia la cantidad total de proyectos para ahorro energético	Proyectos de ahorro	FI-A2	Cantidad total de proyectos de ahorro	Unidad	Anual	Gerente de almacén y facilidades	2≥	<2 y ≥1	<1
	Reducir los gastos en un 7% asociados a la tercerización de personal contratado por el departamento de facilidades	Tasa de cambio de costos de mantenimiento	Cuantifica el cambio de costos de mantenimiento	Facturación del departamento relacionada con mantenimiento	FI-T3	$\frac{\text{Costos totales año anterior}}{\text{Costos de mantenimiento año en curso}} * 100$	%	Anual	Asistente administrativo	4%≥	<4% y ≥2.5%	<2.5%
		Costo promedio de OT	Establece el costo promedio por OT preventiva o predictiva	Ordenes de trabajo	FI-T4	$\frac{\text{Costo total OT}}{\text{Cantidad total de OT}}$	\$/OT	Cuatrimstral	Coordinador de Facilidades	2%≥ ahorro	<2% y ≥1% ahorro	<1% ahorro

Fuente: Elaboración propia Excel

Tabla 36. Manual de indicadores de la perspectiva cliente

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta (final)		
										Alta	Media	Baja
Clientes	Asegurar una disponibilidad de 100% de los servicios del departamento de facilidades que garanticen el buen desempeño de la empresa en el negocio en equipos y sistemas críticos	Disponibilidad de equipos	Indica el tiempo el en que cada equipo realiza su función respecto del total	Registros de fallas	CN-A1	$\frac{TMEF}{TMEF+TMPR} * 100$	%	Mensual	Coordinador de Facilidades	≥98%	<98% y ≥95%	<95%
		Disponibilidad de sistemas	Indica el tiempo el en que un sistema cumple su función respecto del total	Registros de fallas	CN-A2	$\frac{\text{Tiempo total operación} - \text{Tiempo sin operar}}{\text{Tiempo total operación}} * 100$	%	Mensual	Coordinador de Facilidades	≥98%	<98% y ≥95%	<95%
	Atender el 100% de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y el cumplimiento contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas para garantizar el correcto desempeño de la empresa	Cumplimiento de visitas	Evidencia la cantidad visitas de mantenimiento ejecutado comparado al planificado	Registros de mantenimiento planificado vs ejecutado	CN-A3	$\frac{\text{Visitas ejecutadas} * 100}{\text{Visitas planificadas} + \text{Visitas ejecutadas}}$	%	Mensual	Coordinador de Facilidades	100%	<99% y ≥95%	<95%
		OT concluidas vs OT abiertas	Establece la cantidad de órdenes de trabajo concluidas vs el total	Ordenes de trabajo	CN-A4	$\frac{\text{OT concluidas}}{\text{Totales}} * 100$	%	Mensual	Coordinador de Facilidades	≥90%	<90% y ≥80%	<80%

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 37. Manual de indicadores de la perspectiva procesos internos

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta (final)		
										Alta	Media	Baja
Procesos internos	Evidenciar de manera semestral que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento mejora el tiempo medio entre fallas	TMEF	Indica el tiempo medio entre cada falla	Registros de fallas	PI-T1	$\frac{\text{Horas totales de operación}}{\text{Total de fallos}}$	h/falla	Mensual	Coordinador de Facilidades	≥720	<720 y ≥480%	<480
	Reducir 3% el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo implementando el mantenimiento planificado como nueva estrategia	Horas de mantenimiento correctivo	Contabiliza la cantidad de visitas de personal para ejecutar mantenimiento correctivo	Registros de fallas	PI-T2	$\frac{\text{Horas de mto (Correctivo)}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$	h	Trimestral	Coordinador de Facilidades	≥80%	<80% y ≥70%	<70%
		Horas de mantenimiento predictivo y mantenimiento preventivo	Cuantifica el tiempo total de mantenimiento predictivo y preventivo	Inspecciones de mantenimiento por equipo	PI-A3	$\frac{\text{Horas invertidas en mto (MP + MPd)}}{\text{Horas totales de mantenimiento}}$	h	Trimestral	Coordinador de Facilidades	20%≥	20%< y ≥25%	25%<

Fuente: Elaboración propia Excel

Tabla 38. Manual de indicadores de la perspectiva desarrollo y aprendizaje

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta (final)		
										Alta	Media	Baja
Crecimiento, aprendizaje y personal de mantenimiento	Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos 2 reuniones anuales informativas de cumplimiento de resultados y establecimiento de nuevas oportunidades de mejora	Cantidad de reuniones	Registra el total de reuniones ejecutadas con el personal de mantenimiento	Registro de cada reunión	DA-A1	Registros de mantenimiento	Unidad	Anual	Gerente de almacén y facilidades	≥2	2< y ≥1	0
	Asegurar que el personal de Roche reciba al menos 16 horas de capacitación anuales en el área de mantenimiento como parte de la mejora de la respuesta ante fallas que amenacen el negocio	Registro de horas de capacitaciones	Establece el total de horas de capacitaciones por cada colaborador	Registros de capacitaciones	DA-T2	Registros de horas dedicadas a formación	horas	Anual	Gerente de almacén y facilidades	≥16	<16 y ≥8	>8

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

7.2.8 Establecimiento del cuadro de mando integral para la empresa

Uno de los aspectos más importantes del cuadro de mando integral es que este debe ubicarse en un lugar visible para todo el personal. Por lo tanto, a continuación, se muestra el cuadro de mando integral resumido que se va a actualizar y colocar en las oficinas de mantenimiento de Roche Servicios S.A.

Tabla 39. Resumen del CMI para colocar en el departamento

CUADRO DE MANDO INTEGRAL DEL DEPARTAMENTO DE FACILIDADES

Misión

Proporcionar la facilidades y utilidades necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de los departamentos de la empresa con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Visión

Ser un departamento basado en la mejora continua que garantice el funcionamiento de cada servicio de la empresa, enfocado en sistemas críticos utilizando recursos de la mejor calidad para mantener los sistemas en excelentes condiciones para asegurar la salud integral de los pacientes.

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Código	Unidad	Frecuencia	Actual	Meta (final)		
							Alta	Media	Baja
Financiera	Desarrollar un plan de ahorro que permita una reducción del 1% en la facturación de la empresa como parte del compromiso ambiental	Facturación energética	FI-T1	kWh	Anual		1.5%≥ ahorro	<1.5% y ≥0.5% ahorro	<0.5% ahorro
		Número de proyectos de ahorro	FI-A2	Unidad	Anual		2≥	<2 y ≥1	<1
	Reducir los gastos en un 7% asociados a la tercerización de personal contratado por el departamento de facilidades	Tasa de cambio de costos de mantenimiento	FI-T3	%	Anual		4%≥	<4% y ≥2.5%	<2.5%
		Costo promedio de OT	FI-T4	\$/OT	Cuatrimestral		2%≥ ahorro	<2% y ≥1% ahorro	<1% ahorro
Clientes	Asegurar una disponibilidad de 100% de los servicios del departamento de facilidades que garanticen el buen desempeño de la empresa en el negocio en equipos y sistemas críticos	Disponibilidad de equipos	CN-A1	%	Mensual		≥98%	<98% y ≥95%	<95%
		Disponibilidad de sistemas	CN-A2	%	Mensual		≥98%	<98% y ≥95%	<95%
	Atender el 100% de las solicitudes de trabajos de mantenimiento y el cumplimiento contratos de mantenimiento de visitas de empresas contratadas para garantizar el correcto desempeño	Cumplimiento de visitas	CN-A3	%	Mensual		100%	<99% y ≥95%	<95%
		OT concluidas vs OT abiertas	CN-A4	%	Mensual		≥90%	<90% y ≥80%	<80%
Procesos internos	Evidenciar de manera semestral que con la incorporación de la nueva estrategia de mantenimiento mejora	TMEF	PI-T1	h/falla	Mensual		≥720	<720 y ≥480%	<480
	Reducir 3% el mantenimiento correctivo en los equipos de aire acondicionado, refrigeración y control y monitoreo implementando el mantenimiento planificado como nueva estrategia	Horas de mantenimiento correctivo	PI-T2	h	Trimestral		≥80%	<80% y ≥70%	<70%
		Horas de mantenimiento predictivo y mantenimiento	PI-A3	h	Trimestral		20%≥	20%< y ≥25%	25%<
Crecimiento, aprendizaje y personal de mantenimiento	Aumentar el sentido de pertenencia del personal tercerizado en el negocio con la incorporación de al menos 2 reuniones anuales informativas de cumplimiento de resultados y establecimiento de	Cantidad de reuniones	DA-A1	Unidad	Anual		≥2	2< y ≥1	0
	Asegurar que el personal de Roche reciba al menos 16 horas de capacitación anuales en el área de mantenimiento como parte de la mejora de la respuesta ante fallas	Registro de horas de capacitaciones	DA-T2	horas	Anual		≥16	<16 y ≥8	>8

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

8. Estrategia de gestión de conocimiento

La gestión de conocimiento es la forma en la que se transmiten y se desarrollan habilidades e información en una empresa. Esta no se limita a un nivel interno, sino que también se podría extender a un nivel externo.

Para realizar una verdadera gestión de conocimiento, se establecen ciertas herramientas que contribuyen no solo a formar conocimiento, sino también a evaluarlo y preservarlo, lo cual es un recurso muy valioso para cualquier empresa. El conocimiento es el resultado del análisis de causa y consecuencias de acciones, pero si se procesa y se interpreta correctamente, puede dar resultados positivos.

Según Cárcel (2009), el conocimiento tiene tres grandes elementos, además de contexto: personal, instalaciones y máquinas. Por lo tanto, estos funcionan como activos productores de conocimiento importantes, lo cual en muchas ocasiones, se pierde o no es registrado.

Una estrategia de conocimiento define una serie de herramientas de diferentes tipos, como diagnóstico, estratégicas, formadoras de conocimiento, de almacenaje y producción de conocimiento, utilización y circulación y medición de conocimiento. A continuación, se desarrollan las herramientas que mejor se aplican a Roche Servicios S.A.

8.1 Herramientas estratégicas

8.1.1 Mediciones en los equipos de refrigeración y aire acondicionado

En equipos frigoríficos y de aire acondicionado. se puede encontrar una serie de variables eléctricas y mecánicas que pueden ser medibles y documentables y que funcionan para determinar desviaciones de comportamiento o, inclusive, para determinar una posible falla. Por eso, el monitoreo de variables puede producir una ventaja importante que en la mayoría de las ocasiones no se

toma en cuenta, y puede producir una mejora en la eficiencia y eficacia, así como prever cualquier eventualidad.

Cada equipo se diseña a partir de una variable, y son los llamados valores nominales. Sin embargo, esta puede variar en cierto porcentaje, según los fabricantes. El intervalo en el que un equipo puede operar de manera normal es llamado “rango de operación”, y es vital tenerlo presente.

Como parte de la mejora del mantenimiento preventivo, realizado con la incorporación del mantenimiento planificado, se establece la medición y la documentación de variables eléctricas y mecánicas, las cuales dan una idea del estado actual de los equipos.

Variables de medición en equipos de refrigeración y aire acondicionado

Las variables que se miden y se documentan en cada manual de inspecciones generado en este proyecto, llamado *Lista de Inspecciones de Mantenimiento por Equipos*, son las siguientes.

- Variables eléctricas

Voltaje (V): El voltaje es una variable importante para determinar problemas relacionados con la capacidad de alimentar el equipo para producir energía mecánica. Por lo tanto, primero se obtiene la corriente promedio:

$$V_{prom} = \frac{V_{AB} + V_{BC} + V_{AC}}{3}$$

Luego, se calcula el desbalance de corriente por cada línea:

$$I_{prom} = M\acute{A}XIMO \left(\frac{V_{AB} - I_{prom}}{I_{prom}}; \frac{V_{BC} - I_{prom}}{I_{prom}}; \frac{V_{AC} - I_{prom}}{I_{prom}} \right) * 100$$

Donde:

$V_{AB} = V_{BC} = V_{AC}$ = voltaje entre líneas

I_{prom} = voltaje promedio

Según IEC el desbalance permitido, tanto para corriente como para voltaje, es de 5 %, mientras que NEMA MG1-12.68 estima un 10 %.

Corriente (A): Esta variable se relaciona con el nivel de carga del equipo, ya sea un motor o una bomba, o si hay daño en el cableado, falsos contactos, etcétera.

Para cada línea, se mide la corriente y se calcula el porcentaje de desbalance de corriente. En un caso ideal, la corriente de cada línea es la misma. Si el porcentaje de desbalance es muy elevado, pueden presentar fallos, tales como sobrecalentamientos, deterioro de aislamiento y disparos en dispositivos de protección. El desbalance de carga se obtiene de la siguiente manera; primero se calcula la corriente promedio:

$$I_{prom} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}$$

Luego, se calcula el desbalance de corriente por cada línea:

$$I_{prom} = M\acute{A}XIMO \left(\frac{I_A - I_{prom}}{I_{prom}}, \frac{I_B - I_{prom}}{I_{prom}}, \frac{I_C - I_{prom}}{I_{prom}} \right) * 100$$

Donde:

$I_A = I_B = I_C$ = corriente por cada línea medida

I_{prom} = corriente promedio

El desbalance de corriente permitido es de 10 %.

Aislamiento del devanado ($M\Omega$): La medición del aislamiento en un motor o una bomba es importante, dado que detecta fatiga eléctrica y mecánica, o fatiga por cambios de temperatura que pueden concluir en fallos por cortocircuito. De igual manera, en el folleto de *Lista de Inspecciones de Mantenimiento por Equipos*, se incorpora la medición de esta variable. Según FEST, por cada voltio de prueba, se añade un megohmio. En la siguiente tabla se muestra el valor de resistencia de aislamiento recomendada.

Tabla 40. Aislamiento recomendado según la tensión de prueba

<i>Tensión nominal del sistema</i>	<i>Tensión c.c. nominal de prueba</i>	<i>Resistencia de aislamiento más baja permitida (Mohmios.)</i>
Baja tensión de seguridad	250	0,25
Tensión hasta 500 V, excepto bajas tensiones de seguridad	500	0,5
Tensiones superiores a 500 V	1000	1

Fuente: Resistencia de aislamiento entre conductores, FUST

Frecuencia (Hz): Cuando hay variadores de frecuencia, la variación respecto al voltaje debe ser lineal. Por lo tanto, si el voltaje varía, la frecuencia debería cambiar proporcionalmente. Cada equipo debe operar en el rango establecido por el fabricante.

- Variables mecánicas

Temperatura de congelación (°C): Esta variable establece, según el porcentaje de propilenglicol en la mezcla de refrigerante secundario, la temperatura de congelación. De acuerdo con el diseño del circuito frigorífico en el folleto Proyecto de refrigeración Roche Servicios S.A., la temperatura de refrigerante primario respecto al secundario debe tener un diferencial de temperatura de 7 °C, el cual es el mismo diferencial de la temperatura de cámara respecto a la temperatura del refrigerante secundario. Por consiguiente, la temperatura debe estar en el mínimo que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 41. Temperatura mínima requerida de propilenglicol

	Rango de temperatura de cámara (°C)	Temperatura mínima requerida del glicol (°C)
Cámara de frío 1	2-8	-5
Cámara de frío 2	2-8	-5
Cámara de congelado	-21 a -15	-27

Fuente: PROYECTO CÁMARA DE REFRIGERACIÓN ROCHE SERVICIOS S.A.

Presión de descarga (psi): La presión de descarga se refiere a la fuerza ejercida por unidad de área en el lado de alta del circuito frigorífico en la salida del compresor. Por recomendación de los proveedores, la presión de descarga no debe sobrepasar los 200 psi.

Presión de succión (psi): La presión de succión se refiere a la fuerza por unidad de área ejercida por unidad de área en la entrada del compresor. Esta presión no debe ser mayor a los 35 psi, lo cual es la presión establecida para que el compresor arranque.

Presiones del presostato (psi): Las presiones en el presostato son las encargadas de que el compresor arranque o pare, según el *put in* o *put out*, respetivamente. Estas son presiones en el lado de baja. También es importante verificar la presión de alta. Esta debe estar en 200 psi, y la presión de arranque y de pare debe estar en 35 psi y 20 psi, respectivamente.

Variables del módulo (VEE): El módulo de la válvula de expansión electrónica brinda información valiosa acerca de variables del compresor. Esta válvula funciona a partir de dos parámetros: presión y temperatura, estos determinan la necesidad apertura de la VEE en la salida del intercambiador de calor de placas. También se calcula el SH (super heat), el cual es la resta de temperaturas en la salida del intercambiador de placas y la succión del compresor. Se recomienda que este valor se encuentre en el rango de 2,5–5 °C (5–10 °F) para asegurar que todo el líquido se evapore y evitar el gasto innecesario de energía. Otra variable es la apertura de la válvula en porcentaje o por pasos del actuador. En la siguiente figura se muestra el módulo de la válvula de expansión electrónica.

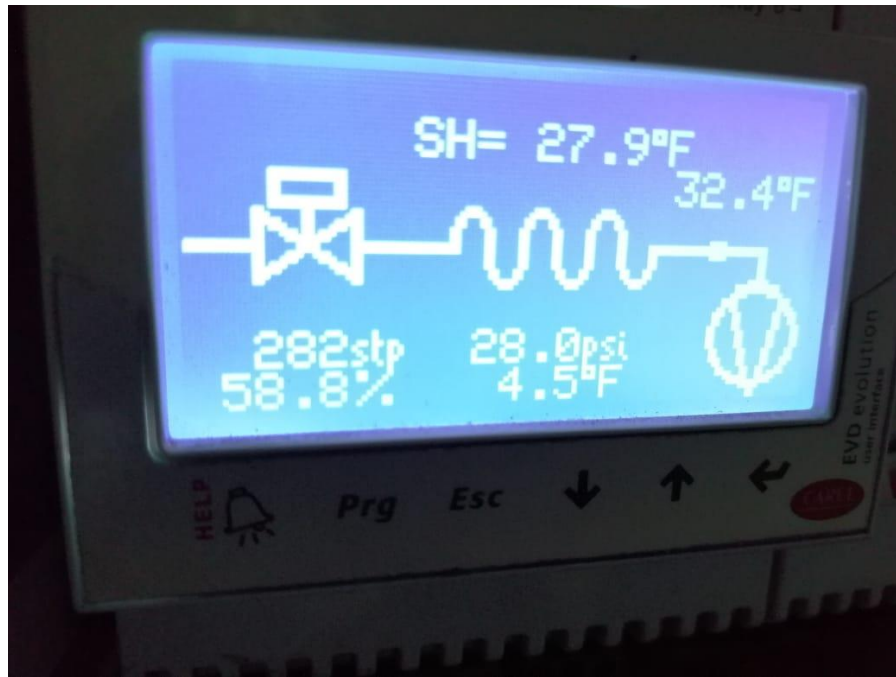


Figura 45. Módulo de la válvula de expansión electrónica

Fuente. Elaboración propia, fotografía tomada en sitio

Nivel de aceite: El nivel de aceite en compresores recíprocos es vital para lubricar partes móviles. El rango permitido para esta variable es de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$; sin embargo, es importante conocer el nivel actual.

Temperatura de descarga y succión del compresor: Esta variable indica el valor de temperatura en la salida y la entrada del compresor, según PROYECTO DE REFRIGERACIÓN ROCHE SERVICIOS S.A, donde se exponen las variables de diseño. Las temperaturas típicas para temperatura de succión y descarga son $< 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $< 125\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Caída de presión (psi): En algunos equipos de aire acondicionado, como las manejadoras de aire forzado, existen sensores de presión que indican la presión antes y después de la sección de filtros. Este diferencial de presión se calcula restando los valores de presión de salida y presión de entrada. Funcionan para verificar que realmente se cambian los filtros desechables y ver tendencias, para en un futuro valorar que los filtros no se cambien con tanta frecuencia.

Presiones de arranque de la bomba de reposición de propilenglicol (psi): La reposición de refrigerante secundario se realiza por medio de un tanque hidroneumático y una bomba que se acciona cuando la presión del tanque es igual a 40 psi y cuando la presión es igual a 60 psi, valor cercano a la presión de operación (debe ser mayor para garantizar la integridad mecánica de las tuberías).

8.1.2 Rangos y valores normales de operación

El conocimiento es un activo de las empresas que debe analizarse con el fin de obtener los resultados requeridos. Para cada variable existen valores establecidos por fabricantes, literatura, condiciones de diseño, normativas y otros que califican a cada uno como aceptable.

En la siguiente tabla se muestran los valores para los equipos de Roche Servicios S.A, los cuales se consideran aceptables según los criterios señalados anteriormente.

Tabla 42. Valores y rangos aceptables de operación para variables mecánicas

Variables eléctricas	Rango o valor permitido	Unidad
Desbalance de corriente	10	%
Desbalance de voltaje	10	%
Aislamiento de devanado @500 V (voltaje prueba)	0.5	MΩ
Frecuencia	40-60	Hz
Variables mecánicas	Rango o valor permitido	Unidad
Presión de descarga	<200	psi
Presión de succión	<125	psi
Put in	35	psi
Put out	20	psi
Temperatura del congelación		
Cuartos fríos	<-5	°C
Cuarto de congelado	<-27	°C
Variables de VEE		
Sobrecalentamiento	2.5-5	°C
Nivel de aceite	1/4-3/4	Unidad
Temperatura de succión	<1	°C
Temperatura de descarga	<125	°C
Caída de presión	N/A	-
Reposición de propilenglicol		
Presión de arranque	40	psi
Presión de pare	60	psi
Caudal	N/A	l/s

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 43. Valores y rangos aceptables de operación para variables eléctricas

Variables eléctricas	Rango o valor permitido	Unidad
Desbalance de corriente	10	%
Desbalance de voltaje	10	%
Aislamiento de devanado @500 V (voltaje prueba)	0.5	MΩ
Frecuencia	40-60	Hz

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

8.1.3 Análisis de resultados de variables mecánicas y eléctricas

A partir del establecimiento de las variables mecánicas y eléctricas aceptables, se procede con el análisis que implica la recolección de variables especificada en el manual Lista de inspecciones de mantenimiento por visita. A continuación se proponen, según el equipo, las variables que serán parte del análisis.

Tabla 44. Variables para analizar en las bombas de recirculación

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Resistencia de aislamiento (MΩ)	Frecuencia (Hz)	Caudal (l/s)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3				
	Bomba de recirculación 1 chiller	AM-BOR-01											
	Bomba de recirculación 2 chiller	AM-BOR-02											
	Bomba de recirculación 1 CF1	FR-BOR-03											
	Bomba de recirculación 2 CF1	FR-BOR-04											
	Bomba de recirculación 1 CF2	FR-BOR-05											
	Bomba de recirculación 2 CF2	FR-BOR-06											
	Bomba de recirculación CCO	CO-BOR-07											

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 45. Variables para analizar en los compresores

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Resistencia de aislamiento (MΩ)	Presión de descarga	Presión de succión (psi)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3				
	Compresor 1 CF1	FR-COM-01											
	Compresor 2 CF1	FR-COM-02											
	Compresor 2 CF2	FR-COM-03											
	Compresor 2 CF2	FR-COM-04											
	Compresor CCO	CO-COM-05											
Fecha de medición	Equipo	Nivel de aceite	Temperatura de congelación (°C)	Presostato			Módulo VEE						
				Put in (psi)	Put out (psi)	P alta (psi)	T succión (psi)	T evapo (psi)	SH	Apertura VEE (%)			
	Compresor 1 CF1												
	Compresor 2 CF1												
	Compresor 2 CF2												
	Compresor 2 CF2												
	Compresor CCO												

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 46. Variables para analizar en equipos *fan coil*

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Corriente de la resistencia de ducto (A)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3		
	Fan coil 1	AM-FCU-01									
	Fan coil 2	AM-FCU-02									
	Fan coil 3	AM-FCU-03									
	Fan coil 4	AM-FCU-04									
	Fan coil 5	AM-FCU-05									
	Fan coil 6	AM-FCU-06									
	Fan coil 7	AM-FCU-07									
	Fan coil 8	AM-FCU-08									
	Fan coil 9	AM-FCU-09									
	Fan coil 10	AM-FCU-10									
	Fan coil 11	AM-FCU-11									
	Fan coil 12	AM-FCU-12									
	Fan coil 13	AM-FCU-13									
	Fan coil 14	AM-FCU-14									

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 47. Variables para analizar en equipos *fan coil*

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Corriente de la resistencia de ducto (A)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3		
	Fan coil 1	AM-FCU-01									
	Fan coil 2	AM-FCU-02									
	Fan coil 3	AM-FCU-03									
	Fan coil 4	AM-FCU-04									
	Fan coil 5	AM-FCU-05									
	Fan coil 6	AM-FCU-06									
	Fan coil 7	AM-FCU-07									
	Fan coil 8	AM-FCU-08									
	Fan coil 9	AM-FCU-09									
	Fan coil 10	AM-FCU-10									
	Fan coil 11	AM-FCU-11									
	Fan coil 12	AM-FCU-12									
	Fan coil 13	AM-FCU-13									
	Fan coil 14	AM-FCU-14									

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 48. Variables para analizar en equipos piso cielo

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Presión de operación (psi)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3		
	Piso cielo 1	AM-PIC-01									
	Piso cielo 2	AM-PIC-02									
	Piso cielo 3	AM-PIC-03									

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 49. Variables para analizar en las unidades manejadoras de aire

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Frecuencia (Hz)	Caída de presión (psi)	
			L1	L2	L3		V1	V2	V3			Antes cambio filtros	Despues cambio filtros
	Unidad manejadora de aire 1	AM-AHU-01											
	Unidad manejadora de aire 2	AM-AHU-02											
	Unidad manejadora de aire 3	AM-AHU-03											
	Unidad manejadora de aire 4	AM-AHU-04											
	Unidad manejadora de aire 5	AM-AHU-05											
	Unidad manejadora de aire 6	AM-AHU-06											
	Unidad manejadora de aire 7	AM-AHU-07											
	Unidad manejadora de aire 8	AM-AHU-08											
	Unidad de reposición de aire	AM-MUA-01											
	Unidad de presión	AM-UPR-01											

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 50. Variables para analizar en los paneles de control eléctrico

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)
			L1	L2	L3		V1	V2	V3	
	Panel de control eléctrico 1	FR-PAN-01								
	Panel de control eléctrico 2	FR-PAN-02								
	Panel de control eléctrico 3	CO-PAN-03								

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 51. Variables para analizar en los enfriadores de aire forzado

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)		
			L1	L2	L3		V1	V2	V3
	Enfriador de aire forzado 1	FR-ENF-01							
	Enfriador de aire forzado 2	FR-ENF-02							
	Enfriador de aire forzado 3	FR-ENF-03							
	Enfriador de aire forzado 4	FR-ENF-04							
	Enfriador de aire forzado 5	FR-ENF-05							
	Enfriador de aire forzado 6	FR-ENF-06							
	Enfriador de aire forzado 7	FR-ENF-07							
	Enfriador de aire forzado 8	FR-ENF-08							
	Enfriador de aire forzado 9	CO-ENF-09							

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 52. Variables para analizar en los condensadores de aire forzado

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)	Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Presostato de ciclado		
			L1	L2	L3		V1	V2	V3		Put in (psi)	Put out (psi)	P alta (psi)
	Condensador remoto enfriado por aire 1	FR-COD-01											
	Condensador remoto enfriado por aire 2	FR-COD-02											
	Condensador remoto enfriado por aire 3	FR-COD-03											
	Condensador remoto enfriado por aire 4	FR-COD-04											
	Condensador remoto enfriado por aire 5	CO-COD-05											

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Tabla 53. Variables para analizar en el tanque hidroneumático

Fecha de medición	Equipo	Temperatura de congelación (°C)	Presión de arranque de la bomba (psi)	Presión de pare de la bomba (psi)
	Tanque hidroneumático			

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Las tablas anteriores son para recoger cada variable de cada equipo, pero en el momento del análisis, esa información conjunta de grupos de equipos debe dividirse y agruparse para cada equipo, con el fin de evaluar tendencias individuales. El resultado requerido es obtener, por fecha, el valor de cada variable y evaluarlo según los rangos permitidos en el negocio.

En la siguiente tabla se muestra la forma en la se que van a recolectar las variables por cada equipo para desarrollar el análisis, considerando que son cuatro visitas por año, por lo que son cuatro variables si la inspección de recolección es trimestral o semestral (como la medición de la resistencia del aislamiento).

Tabla 54. Variables por recolectar por año en el equipo compresor recíprocante cámara de congelado

Fecha de medición	Equipo	Codificación	Amperaje (A)			Desbalance de corriente (%)
			L1	L2	L3	
	Compresor 1 CF1					
Nivel de aceite	Temperatura de congelación (°C)	Presostato				
		Put in (psi)	Put out (psi)	P alta (psi)		
Módulo VEE				Resistencia de aislamiento (MΩ)		
T succión (psi)	T evapo (psi)	SH	Apertura VEE (%)			
				-		
				-		
Voltaje (V)			Desbalance de voltaje (%)	Presión de descarga (psi)	Presión de succión (psi)	
V1	V2	V3				

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En la tabla anterior se muestran las variables que se van a recolectar por año en el compresor recíprocante 5 del sistema de cámara de congelado.

Una vez obtenidas las variables por equipo, se puede analizar la información. Por ejemplo, se puede graficar cada variable, o las variables pueden ser analizadas. Algunos análisis de las variables se muestran a continuación:

- La documentación de corrientes en cada visita de mantenimiento permite calcular el desbalance de corriente. A continuación se muestra la gráfica correspondiente a las dos mediciones de variables realizadas en este año como parte de las inspecciones trimestrales de mantenimiento.

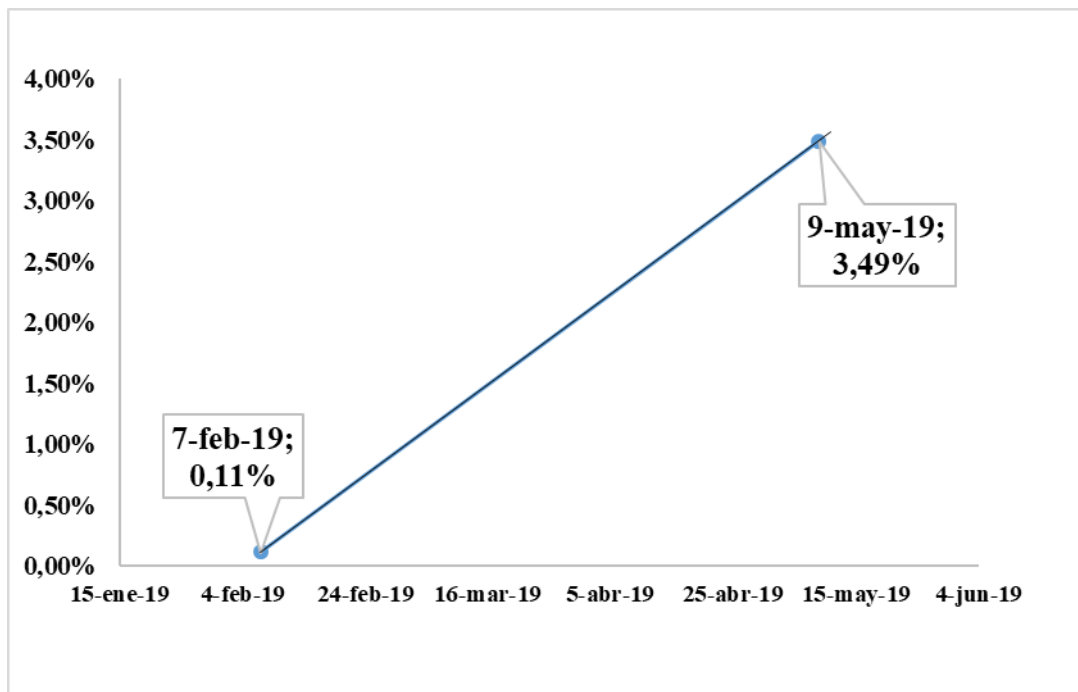


Gráfico 8. Comportamiento del desbalance de corriente en la alimentación del compresor de congelado

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Como se aprecia en la gráfica anterior, el comportamiento del desbalance es ascendente. A partir de estos datos, aún no se puede concluir nada con certeza, pero es una variable con la que se debe tener precaución. Se debe aumentar la muestra de mediciones para manipular el equipo, además de que debe tomarse en cuenta que no se ha sobrepasado el 10 % permitido. No obstante, a partir de este crecimiento en el desbalance, se puede planificar una posible intervención en el equipo antes de que la falla potencial se convierta en

una funcional. Un desbalance puede traducirse en sobrecalentamiento, y luego fatiga térmica en el aislamiento de devanado, lo cual aumenta la posibilidad de un cortocircuito que concluiría no solo en pérdida del equipo, sino también en un paro del proceso productivo.

- Otra variable que aporta información muy útil y puede significar una oportunidad de mejora es la documentación de la caída de presión en los filtros desechables de cartón y de tela. Actualmente, en Roche Servicios S.A., se establece que el cambio de filtros se realice por tiempo, sin importar el estado del filtrado. La recolección y la documentación de la caída de presión permite establecer periodos de frecuencia de cambios de filtros de acuerdo con el estado actual. Esto se traduce en ahorro económico considerable, debido a la gran cantidad de filtros, sin dejar de lado los requerimientos de filtrado tanto en el área de oficinas como en el CEDI (Centro de Distribución) y, en este caso, medicamentos.

- Una variable necesaria de recolectar con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas es la temperatura de congelación. A partir del uso de refractómetro y conociendo, el tipo de sustancia se puede verificar con la toma de una muestra la temperatura a la cual la sustancia se congela. El refrigerante secundario es propilenglicol y puede estar al 35 % o 55 % en mezcla con agua. En la primera visita del presente año, la temperatura de congelación en el circuito de congelado fue de $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en la segunda, de $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta baja se debió a que hubo reposición del glicol por causa de una fuga. Hay que tener en cuenta que existe un rango en el que debe estar la densidad, porque si es muy alta, las bombas no van a tener la capacidad de suplir la recirculación, y si es muy baja, es por falta de propilenglicol, lo que puede provocar que los equipos y la tubería se expandan. Esto provocaría que fallen antes de poder intercambiar el calor con el refrigerante primario.

En el apéndice 7 se muestra la totalidad de variables recolectadas en los equipos de Roche Servicios S.A.

8.1.4 Beneficios de una estrategia de conocimiento

El uso correcto del conocimiento mejora diversos aspectos, los cuales se muestran a continuación:

- Reducción de la frecuencia de ocurrencia de fallos: Documentación correcta y análisis de fallas ocurridas en el pasado ayuda a evitar de manera parcial o total la ocurrencia de fallas.
- Visualizar oportunidades de mejora: En muchas ocasiones, el conocimiento mal dirigido no deja observar oportunidades valiosas de mejorar procesos.
- Establecer prioridades: Si el conocimiento se analiza y se procesa, se pueden identificar fallos potenciales que pueden convertirse en fallos funcionales en los equipos; esto ayuda a enfocar esfuerzos.
- Conocimiento del contexto de trabajo: Si se revisan los valores nominales de operación de los equipos constantemente, se puede conocer el verdadero funcionamiento del área donde se desempeñan.
- Rutas de respuesta ante fallos: Si se conoce el impacto de las fallas, a partir del conocimiento de los equipos, se pueden desarrollar rutas de respuesta para abordarlos de la manera más íntegra y eficaz.
- Planificación de las inspecciones de mantenimiento: Al conocer los equipos, se pueden priorizar las tareas más importantes y dejar de lado, o reducir la frecuencia de, inspecciones con menor impacto dentro del contexto en el que se opera.
- Eficiencia en el uso de recursos: Conocer los equipos, sus comportamientos y su estado ayuda a gestionar de mejor manera las compras de repuestos, el uso de personal técnico, los insumos de uso periódico para el mantenimiento planificado, etcétera.

9. Análisis financiero

El costo financiero del desarrollo del proyecto se basa en tres aspectos fundamentales: el costo asociado a la implementación del mantenimiento basado

en condición, las mejoraras del mantenimiento preventivo y costos varias (por ejemplo costo etiquetas de codificación).

La empresa Roche Servicios S.A. realiza la totalidad de sus labores de mantenimiento por medio de tercerización. En la actualidad, como se menciona en el desarrollo del proyecto, solo se realizan inspecciones basadas en el tiempo. Respecto al mantenimiento preventivo, se va a realizar el costo asociado de repuestos y materiales, el costo de personal y otros. Luego, se va a comparar el costo actual con la nueva cotización que es producto del presente proyecto.

9.1 Costo de implementación del nuevo mantenimiento preventivo

A continuación, se realiza el análisis de costos del nuevo plan de inspecciones preventivas de costo de personal y costos de materiales y repuestos.

9.1.1 Costo de materiales y repuestos

A partir del análisis realizado en el desarrollo del proyecto de la cantidad mínima de repuestos necesarias para responder antes las necesidades actuales de mantenimiento, se establece a continuación el costo asociado. A continuación, este se muestra para cada repuesto.

Tabla 55. Costo de cada repuesto necesario.

Dispositivos necesarios	Unidades necesarias	Costo por unidad (₡/unidad)	Costo total (₡)
Switch de flujo F26KAH-V01C	2	64409.2	128818.4
Válvula de expansión electrónica E2V30BSM00	1	158954.8	158954.8
Bobina del solenoide MKC-2	1	39560.8	39560.8
Presostato dual Ranco Serie O16	1	60243.3	60243.3
Final de carrera SN2169-SP-B	2	35454.6	70909.2
Relay 24V RXM4AB2B7	1	5052.3	5052.3
Transductor de presión SPKT0013P0	1	37345.5	37345.5
		Costo total (₡)	500884.19

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel y cotizaciones varias

En la siguiente tabla se visualiza el costo de materiales e insumos.

Tabla 56. Costo asociado a insumos y materiales

Material	Unidades necesarias	Costo por unidad (₡/unidad)	Costo total (₡)
Grasa	3	4450	13350
Abrillantador 266 ml	8	3650	29200
Brocha (limpieza)	2	5995	11990
Brocha (pintura)	2	5995	11990
Pintura blanca (galón)	1	15950	15950
Pintura en spray color rojo 312 g	2	2650	5300
Pintura en spray color verde 312 g	2	2650	5300
Sellador de poliuretano duretán 2300 ml	2	5495	10990
Limpiador de contactos 7 oz	4	4895	19580
Cilindro propano R-290	2	141818	283637
Cinta adhesiva	5	885	4425
Limpiador de serpentines de condensador Alki-Foam	10	14395	143946
Limpiador de serpentines de evaporador Akti-Klean	10	16664	166637
Cinta metálica de aluminio 5cm x 50m	1	14375	14375
Mecha bolsa 2kg	10	8495	84950
Filtros desechables	-	-	1181820
Paños microfibra 12x16" +2 paños 9x9	5	3995	19975
		Costo total (₡)	2023414

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel y cotizaciones varias

En el anexo 3 se muestran las cotizaciones realizadas de materiales y repuestos.

9.1.2 Costo de equipos

El costo de los equipos se basa en las inspecciones requeridas y los equipos que no se encuentran en Roche Servicios S.A.

Tabla 57. Costo asociado a equipos

Equipos	Costo total (€)
Multimetro digital de aislamiento FLUKE-1587FC	571709.11
Engrasadora manual 400CC GL97203EM SATA	30727.32
Manguera flujo continuo 30m x 5/8"	34995.00
Juego Manometro Uniweld Completo	45699.66
Termómetro infrarrojo Fluke 62	127394.29
Alicate multiuso Stanley 9 1/2"	3695.00
Calibrador pie de rey digital L 8" 0.02MM ST91512SC SATA	32730.50
Llave de torque 1/2" X522 MM LARGO 68-340 NM ST96313SC SATA	107545.62
Llave ajustable Stanley 8"	6395.00
Costo total (€)	960891.50

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel y cotizaciones varias

En el anexo 3 se muestra el costo de los equipos requeridos.

9.1.3 Costo de personal

Para calcular el tiempo requerido para que el personal de mantenimiento preventivo ejecute por equipo las inspecciones, se desarrolló, según la visita y la cantidad de equipos iguales en el mismo contexto operacional, una tabla como la que se expone a continuación.

Tabla 58. Tiempo necesario para ejecutar las inspecciones de mantenimiento preventivo para las cámaras de frío y congelado

No	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	15			15			15			15		
2				5								
3	5			5			5			5		
4	10											
5	5											
6	5											
7	5											
8	5											
9	10			10			10			10		
10	15			15			15			15		
11	15			15			15			15		
12				10						10		
13				10						10		
14	15			15			15			15		
15	30			30			30			30		

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

La tabla anterior muestra el cálculo por inspección por equipo de bomba de recirculación. De acuerdo con la codificación realizada en este proyecto, se cuenta con tres cámaras, lo cual da el siguiente cuadro de resumen. Según cada inspección, se requiere personal técnico o ayudante.

Tabla 59. Tiempo requerido en minuto por visita para las cámaras de frío y congelado

Personal	Visita #1 (min)	Visita #2 (min)	Visita #3 (min)	Visita #4 (min)
Técnico	40	40	20	40
Ayudante	95	90	85	85

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Considerando que son tres equipos, se debe considerar el tiempo requerido multiplicado por tres.

Tabla 60. Tiempo total requerido considerando la totalidad de equipos

Personal	Visita #1 (min)	Visita #2 (min)	Visita #3 (min)	Visita #4 (min)
Técnico	120	120	60	120
Ayudante	285	270	255	255

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Este mismo análisis se realizó para cada uno de los equipos en Roche Servicios S.A. A continuación se muestra el cuadro de resumen anual del total de tiempo requerido.

Tabla 61. Tiempo requerido para la ejecución del mantenimiento preventivo en los equipos

Equipo	Tiempo requerido por visita durante el año				Personal	
	Visita #1 (min)	Visita #2 (min)	Visita #3 (min)	Visita #4 (min)	Técnico	Ayudante
Bomba de recirculación	35	210	245	70	560	
	105	315	315	175		910
Cámaras de congelado y frío	120	120	60	120	420	
	285	270	255	255		1065
Chiller	110	170	180	110	570	
	250	320	290	250		1110
Compresores	240	390	240	240	1110	
	100	250	100	100		550
Condensadores	50	50	50	50	200	
	275	275	275	275		1100
Cortina de aire	150	150	150	150	600	
	250	250	250	250		1000
Cuarto de máquinas	5	5	5	5	20	
	345	345	345	345		1380
Enfriador de aire forzado	90	225	90	90	495	
	882	882	882	792		3438
Fan coil	238	238	238	238	952	
	1652	1442	1652	1442		6188
Manejadora de iare de reposición	15	15	15	15	60	
	75	75	75	75		300
Maneradora de aire	480	800	480	480	2240	
	640	760	640	1120		3160
Panel de control eléctrico	0	0	280	0	280	
	0	0	80	0		80
Piso cielo	60	60	60	60	240	
	168	168	168	168		672
Unidad compresora con condensador remoto	25	25	25	25	100	
	175	175	175	175		700
Unidad de presión	11	11	11	11	44	
	72	72	72	72		288
Tanque hidroneumático	10	10	10	10	40	
	20	20	20	20		80
			Total de tiempo requerido (min):		7931	22021
			Total de tiempo requerido (h):		132	367

Fuente: Elaboración propia Excel

Según el documento Salarios mínimos del Ministerio de Trabajo, para el 2019, el salario diario para un ayudante/técnico en aire acondicionado por día es de ¢11471,53, y para un técnico en refrigeración industrial y doméstica es de ¢20977,77. A partir de la cantidad de horas requeridas y del costo por hora, considerando un horario diario de 8 horas, se establece el costo asociado al personal necesario.

Tabla 62. Costo anual del personal

Personal	Horas requeridas anuales	Costo/día (€/día)	Costo/día (€/h)	Costo total/año (€/año)
Ayudante	367	18104,00	2263,00	830558,72
Técnico en refrigeración industrial	132	20977,77	2622,22	346613,95
		Costo total anual		€1 177 172,66

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

En el anexo 2 se muestra la lista de salarios establecidos por el Ministerio de Trabajo.

9.2 Costo del mantenimiento basado en condición

El mantenimiento basado en condición se estableció a manera de cotización por parte de una empresa experta. En el desarrollo de este proyecto, se definieron las frecuencias de inspección. Por lo tanto, a partir de la cantidad de equipos, el costo por análisis predictivo y la frecuencia calculada, se define el costo del mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo no se realizó sin tomar en cuenta horas de personal, materiales y equipos y otros factores, debido a que este requiere de personal de mayor preparación y los análisis requieren de equipos especiales.

9.2.1 Costo de análisis de aceites

El costo asociado con el análisis de aceite se muestra en la siguiente tabla. Este análisis incluye desde el informe de estado del lubricante hasta los materiales.

Tabla 63. Costo asociado con el análisis de aceite

Equipo	Codificación	Costo unitario por inspección (\$)	Frecuencia de inspección definitiva	Costo por año (\$)
Compresor recíprocante 1 CF1	FR-COM-01	50	Año y medio	33
Compresor recíprocante CF1	FR-COM-02	50	Bianual	25
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-03	50	Bianual	25
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-04	50	Bianual	25
Compresor recíprocante CCO	FR-COM-05	50	Bianual	25
Compresor tornillo chiller 1	AM-CHI-01	50	Anual	50
Compresor tornillo chiller 2	AM-CHI-02	50	Anual	50
			Total (\$):	233

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

9.2.2 Costo del análisis de vibración

Las inspecciones de vibraciones se van a realizar trimestralmente, como se indicó anteriormente en el análisis. Por consiguiente, se establece por visita el costo como se indica a continuación.

Tabla 64. Costo asociado al análisis de vibraciones

Equipo	Codificación	Costo por unidad (\$/equipo)	Trimestral (4 visitas por año)
Compresor recíprocante CF1	FR-COM-01	37,5	150
Compresor recíprocante CF1	FR-COM-02	37,5	150
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-03	37,5	150
Compresor recíprocante CF2	FR-COM-04	37,5	150
Compresor recíprocante CCO	FR-COM-05	37,5	150
Bomba de recirculación agua	AM-BOR-01	37,5	150
Bomba de recirculación agua	AM-BOR-02	37,5	150
Compresor tornillo chiller 1	AM-CHI-01	37,5	150
Compresor de tornillo chiller 2	AM-CHI-02	37,5	150
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-03	37,5	150
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-04	37,5	150
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-05	37,5	150
Bomba de recirculación propilenglicol 35%	FR-BOR-06	37,5	150
Bomba de recirculación propilenglicol 55%	FR-BOR-07	37,5	150
Motor eléctrico con correa (MUA)	AM-MUA-01	37,5	150
Motor eléctrico con correa (AHU 1.1)	AM-AHU-01	37,5	150
		Total anual(\$)=	2400

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

9.2.3 Costo del análisis por termografía

Las inspecciones por termografía se realizan por tiempo de uso del equipo y el personal. Por lo tanto, para un tiempo de tres, horas las cuales son suficientes para realizar los análisis en los tres equipos, y de la frecuencia semestral establecida para esta inspección, se tiene:

Tabla 65. Costo asociado de termografías

Equipo	Codificación	Costo por inspección por equipos (\$/equipo)	Frecuencia semestral (dos por año)
Panel eléctrico de control CF1	FR-PAN-01	83	167
Panel eléctrico de control CF2	FR-PAN-02	83	167
Panel eléctrico de control CC	CO-PAN-03	83	167
		Total anual (\$)=	500

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

A partir del costo de cada inspección predictiva de análisis de vibraciones, termografía y análisis de aceite, se establece un costo total de \$3133, lo cual, según el Banco Central, equivale a ₡1851321 con el tipo de cambio actual.

9.3 Otros costos

La implementación del modelo incluyó la codificación, la cual tuvo un costo de ₡28211,58.

9.4 Resultados del análisis financiero

A continuación se muestra una tabla de resumen del costo total financiero del proyecto.

Tabla 66. Costos totales del proyecto

Tipo de costo		Valor (€)
Mantenimiento preventivo	Personal	1177172,7
	Respuestos	500884,2
	Equipos	960891,5
	Materiales e insumos	2023414,1
Mantenimiento predictivo	Tercerizado	1851321,0
Varios	Etiquetas codificación	28211,6
Costo total (€)		6541895,0

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

A partir del análisis anterior, se puede concluir que, comparativamente, el costo asociado a mantenimiento respecto al costo del producto no es significativo. En Roche Servicios S.A., se distribuyen y se almacenan productos farmacéuticos que en el mercado tienen un valor aproximado de \$60 millones (según personal encargado del almacén). El desarrollo del proyecto propone asegurar que se cumplan las necesidades de mantenimiento y, por lo tanto, las del negocio, lo que justifica su desarrollo.

Desde el punto de vista de rentabilidad de mantenimiento, se puede obtener un retorno de la inversión inicial con los indicadores VAN y TIR. El cálculo se muestra en el siguiente flujo.

Tabla 67. Flujo efectivo del proyecto.

Flujo de efectivo							
Años	0 (Hoy)	1	2	3	4	5	6
2% Facturación recibo eléctrico		150 000,00	280 000,00	280 000,00	280 000,00	280 000,00	280 000,00
7% Gastos de tercerización		935 956,91	935 956,91	935 956,91	935 956,91	935 956,91	850 869,92
Utilidad		1 085 956,91	1 215 956,91	1 215 956,91	1 215 956,91	1 215 956,91	1 130 869,92
Costo personal (incremento del 2.96%)		-34844,3	-35875,7024	-36937,62319	-38030,97684	-39156,69375	-40315,73189
Inversión MPd	-1851321,0						
Etiquetas de codificación	-28211,6						
Inversión inicial MP	-4662362,5						6541895,1
Flujo de efectivo del proyecto	-6 541 895,05	1 051 112,60	1 180 081,21	1 179 019,29	1 177 925,94	1 176 800,22	7 632 449,25
Acumulado	-6 541 895,05	-5 490 782,45	-4 310 701,24	-3 131 681,95	-1 953 756,01	-776 955,79	6 855 493,46
VAN	1 459 732,10						
TIR	17%						

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Aquí este se observa que la inversión se recupera en 6 años, un mes y 7 días.

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1 Conclusiones

- Durante el desarrollo de la propuesta del modelo de gestión basado en la confiabilidad operacional, se evidenció una falta de estructuración de las diferentes áreas en mantenimiento. No hay un avance conjunto hacia el cumplimiento de objetivos.
- El estudio de efectividad de mantenimiento MES muestra que las áreas donde la oportunidad de mejora es mayor son las de planificación, de programación y de equipos y técnicas de mantenimiento; esto debido a la falta de documentación y registros.
- Las necesidades encontradas respecto a la supervisión y la gestión de mantenimiento indican que no hay suficiente personal que asegure, actualice y dé seguimiento a las estrategias, la documentación y los registros propuestos en este proyecto como parte de la mejora de la confiabilidad.
- En la gestión actual, la retroalimentación para definir tendencias y predecir fallas potenciales que puedan convertirse en funcionales es nula. La herramienta de procesos claves de la gestión de conocimiento elimina parcial o totalmente esta deficiencia.
- La prioridad del negocio, visto desde mantenimiento, es que los equipos y los sistemas operen bajo las condiciones para las que fueron diseñados. Por lo tanto, es imprescindible conocer su desempeño.
- Diagnosticar fallas potenciales es importante y necesario desde el punto de vista del negocio, puesto que, si se cuenta con un criterio para realizar intervenciones, estas se pueden llevar a cabo con la planificación y las

medidas del caso. Actualmente, intervenciones solamente ante fallas funcionales, lo que puede causar pérdidas insostenibles.

- El aspecto clave que motiva al desarrollo del proyecto es la confiabilidad que este agrega en la gestión de mantenimiento en Roche Servicios S.A. Esto establece las bases para crear un escenario de clase mundial y cero averías.

10.2 Recomendaciones

- Identificar cada elemento de los paneles de control eléctrico, dado que el análisis de termografía indica específicamente cuál de los elementos podría presentar una falla con potencial de convertirse en funcional. Esto es un requisito indispensable para poder ejecutar la inspección predictiva.
- Involucrar al personal y los operadores que son usuarios directos de los equipos y los sistemas, para que la implementación del modelo sea un esfuerzo conjunto, así como para asegurar su éxito.
- Analizar la posibilidad de capacitar al personal operador para que ejecute ciertas inspecciones, como la introducción al mantenimiento autónomo. Esto, en Roche Servicios S.A., puede convertirse en una gran ventaja, debido a que en ocasiones la distancia entre pedidos es extensa.
- Dar a conocer el estado real de los procesos y los equipos al personal de Roche Servicios S.A., por medio de indicadores de desempeño desarrollados en la metodología del cuadro de mando integral. Este debe colocarse en un lugar visible y de fácil acceso.
- Capacitar a más personal para manejar las características de los equipos, lo cual ayuda a mejorar la respuesta cuando ocurren fallas. Las capacitaciones deben ser ejecutadas por personal de mantenimiento. Pueden facilitarse las fichas técnicas.
- Ejecutar auditorías a la gestión de mantenimiento periódicamente, con el fin de evidenciar gradualmente las mejoras propuestas en este proyecto.

Estas deben realizarse anualmente, para desarrollar ajustes en caso de que se requieran.

- Dar seguimiento al desarrollo y la documentación propuesta en este proyecto de mantenimiento; por ejemplo, boletas de registro de fallas, *stock* mínimo de repuestos, órdenes de trabajo. Suplir las necesidades de mantenimiento y evidenciar tendencias de fallas es vital si se toma en cuenta el contexto del negocio.
- Mejorar la base de datos de registro de mantenimiento con un software especializado en este tipo de gestión, con el fin de involucrar a más personal y agilizar procesos.
- Estimular e involucrar al personal tercerizado en la gestión de mantenimiento, para que el conocimiento en procesos y equipos no se pierda y, más bien, funcione como insumo de mejora. Se deben coordinar reuniones de capacitación y motivación con personal tercerizado en la nueva gestión propuesta.

11. Bibliografía

Amendola, L (2016). *Confiabilidad humana*. Valencia, España. PPM Institute for Learning

Amendola, Luis. (2002). *Modelos Mixtos de confiabilidad*. Publicado por Datastream. www.mantenimientomundial.com

Aprendizaje Virtual PEMEX. (15 de Setiembre de 2017). Aprendizaje Virtual. Obtenido de Metodología Análisis de Criticidad (AC).: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Aprendizaje Virtual PEMEX. (15 de Setiembre de 2017). *Aprendizaje Virtual*. Obtenido de Metodología Análisis de Criticidad (AC).:

http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Cárcel F (2015), Factors for the introduction of the knowledge management in the areas of maintenance of industrial enterprises, 3 sciences, 4 (2). 111-126

Cárcel, F. (2014). *La gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Investigación sobre la incidencia en sus actividades estratégicas*. Valencia España, OmniaScience.

Claramunt, V. R. M., Cabildo, M. M. P., & Escolástico, L. C. (2015). *Fármacos y medicamentos*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

Duffuaa, S., Dixon Campbell, J., & Raouf. (2016). *Sistemas de mantenimiento planeación y control*. México, DF: Limusa.

Durán, José Bernardo. (2000). ¿Qué es Confiabilidad Operacional? Revista Club Mantenimiento. Año 1. N° 2. Setiembre 2000. club_mantener@sinectis.com.ar.

Hastings, N. (2010). *Physical asset management*. Springer. Londres.

Instituto Marshall. (2004). Maintenance Effectiveness Survey. Obtenido de web <http://www.marshallinstitute.com>

ISO 10816-3. (2009). *Vibración mecánica. Evaluación de vibración en máquinas por mediciones en partes no rotativas Organización internacional por estandarización*.

ISO 17359. (2011). Monitores de condición y diagnóstico de máquinas. Guías generales, segunda edición, Organización internacional para estandarización.

- León, S. M., Ponjuán, D. G., & Rodríguez, C. M. (2007). Procesos estratégicos de la gestión del conocimiento. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
- Mendoza, R. C. (2016). *Manual práctico para gestión logística: envase y embalaje, transporte y cadena de frío, preservación de productos del agro*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
- Morales, J (Sin fecha). Pilar Mantenimiento Progresivo o Planificado. Retrieved from http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/Pilar%20Mantenimiento%20Progresivo%20o%20Planificado%20de%20Juan%20francisco.pdf
- Niven, P. R. (2006). *Balanced Scorecard Step by Step: maximizing performance and maintaining results*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Parra, C & Crespo, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos*. Sevilla, España. Ingeman
- Pistarelli, A (2010). *Manual de mantenimiento ingeniería, gestión y organización*. Buenos Aires, Argentina. Talleres gráficos R y C.
- Santiago, G. G. (2004). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>
- Sola, R. A., & Crespo, M. A. (2016). Principios y marcos de referencia de la gestión de activos. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>

12. Apéndices

Apéndice 1. Auditoría realizada de estudio de efectividad de mantenimiento (MES) del Instituto Marshall

Encuesta sobre la efectividad de mantenimiento (MES) en Roche Servicios S.A

La siguiente encuesta tiene como fin definir los puntos débiles de la organización considerando cinco áreas claves del mantenimiento.

Instrucciones:

Lea cuidadosamente cada pregunta y seleccione en una escala del 1 (menor puntuación) al 5 (mayor puntuación) la respuesta que mayor se adecúe. Si considera que alguna pregunta no aplica por favor déjela sin responder.

Cualquier consulta o duda contactarme a

correo: pedro.rivera.pr4@roche.com

télefono/celular: 2298 1662/8621 6116

* Required



NOTA:

Los resultados de la encuesta es confidencial, se solicita el nombre con el fin de realizar un listado de colaboradores.

Nombre completo: *

Nombre y apellidos

NOTA:

Nombre completo:

8 responses

DAVID VARGAS PANIAGUA
Alejandro Corrales Retaba
Manuel Del Valle
Oscar Pérez Murillo
Daniel Méndez
Christiam Brenes Quesada
JOSUE ARIAS
Jaikel

1. Recursos gerenciales

La puntuación se realiza de acuerdo a la siguiente escala: 5:excelente, 4:muy bueno, 3:bueno, 2:deficiente y 1:muy deficiente.

Nota: Producción en la encuesta se refiere al proceso de distribución y reacondicionamiento de Roche Servicios S.A.

1. ¿Usted siente que mantenimiento esta provisto de personal para hacer su trabajo?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

2. Gerencia de la información

La puntuación se realiza de acuerdo a la siguiente escala: 5:excelente, 4:muy bueno, 3:bueno, 2:deficiente y 1 :muy deficiente.

Nota: Producción en la encuesta se refiere al proceso de distribución y reacondicionamiento de Roche Servicios S.A.

13. ¿Su organización usa un sistema computarizado para las actividades de mantenimiento (CMMS)?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

3. Equipos y técnicas de mantenimiento preventivo

La puntuación se realiza de acuerdo a la siguiente escala: 5:excelente, 4:muy bueno, 3:bueno, 2:deficiente y 1 :muy deficiente.

Nota: Producción en la encuesta se refiere al proceso de distribución y reacondicionamiento de Roche Servicios S.A.

25. ¿Su organización usa Ordenes de Trabajo para las actividades de MP?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4. Planificación y programación

La puntuación se realiza de acuerdo a la siguiente escala: 5:excelente, 4:muy bueno, 3:bueno, 2:deficiente y 1 :muy deficiente.

Nota: Producción en la encuesta se refiere al proceso de distribución y reacondicionamiento de Roche Servicios S.A.

37. ¿Son prioritarios los trabajos para las tareas de mantenimiento preventivo/preventivo?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

5. Soporte de mantenimiento

La puntuación se realiza de acuerdo a la siguiente escala: 5:excelente, 4:muy bueno, 3:bueno, 2:deficiente y 1 :muy deficiente.

Nota: Producción en la encuesta se refiere al proceso de distribución y reacondicionamiento de Roche Servicios S.A.

49. ¿Los inventarios de las partes están disponibles en la organización siempre cuando se necesita?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Recursos gerenciales					
Preguntas a evaluar	Puntuación				
	1	2	3	4	5
1. ¿Usted siente que mantenimiento esta provisto de personal para hacer su trabajo?	4				
2. ¿La estructura global de la organización de mantenimiento parece ser lógica y útil logrando el trabajo?	4				
3. ¿La organización ayuda a remover las barreras que el mantenedor encuentra en su trabajo y de las cuales no tiene control?	4				
4. ¿La gerencia estimula a mantenimiento para alcanzar las metas de producción?	5				
5. ¿La dirección anima a producción a ayudar a mantenimiento a realizar su trabajo?	4				
6. ¿Hay cruce de funciones de equipos de trabajo (producción y mantenimiento) usados para identificar y resolver problemas que afectan a ambos departamentos?	4				
7. ¿La dirección anima a los técnicos de mantenimiento y operadores de producción a trabajar juntos sobre los problemas que afectan la disponibilidad de procesos?	3				
8. ¿El personal de mantenimiento posee las habilidades necesarias para realizar su trabajo?	4				
9. ¿Los técnicos de mantenimiento han recibido adecuado adiestramiento en sus áreas de trabajo?	3				
10. ¿La gerencia involucra al personal de mantenimiento en la defnición de sus objetivos y metas a cumplir?	4				
11. ¿La gerencia revisa y le hace seguimiento a los objetivos de la planta en reuniones de trabajo con el personal de mantenimiento y operaciones?	4				
12. ¿Los objetivos de mantenimiento están alineados con la misión y visión del negocio?	4				
TOTAL:	47				

Gerencia de la información (Software de Gestión del Mantenimiento)					
Preguntas a evaluar	Puntuación				
	1	2	3	4	5
13. ¿Su organización usa un sistema computarizado para las actividades de mantenimiento (CMMS)?	2				
14. ¿Esta cada pieza de equipo etiquetado con un equipo o número de	3				
15. ¿Su organización actualiza su sistema de mantenimiento computarizado?	3				
16. ¿Los técnicos han sido entrenados en el uso del CMMS?	2				
17. ¿Su organización mantiene una archivos de la historia de los equipos en forma exacta?	3				
18. ¿Los almacenes de mantenimiento están computarizados?	2				
19. ¿Las decisiones de la dirección se hacen en función a los reportes del CMMS?	2				
20. ¿Su organización registra los gastos y costos totales de mantenimiento?	3				
21. ¿Su organización registra las paradas por mantenimiento correctivo o preventivos de las máquinas como una medida de la eficiencia?	2				
22. ¿Su organización de mantenimiento se compara contra otras organizaciones de mantenimiento para ver que tan bien esta operando (benchmarking)?	2				
23. ¿El tiempo de los técnicos de mantenimiento empleado en los trabajos es registrado y archivado?	3				
24. ¿La dirección de mantenimiento usa indicadores como medida para la comparación?	3				
TOTAL:	30				

Mantenimiento Preventivo y Tecnología del Equipo	
25. ¿Su organización usa Ordenes de Trabajo para las actividades de MP?	2
26. ¿Mantenimiento revisa periódicamente los MPs para su exactitud, revisión, aumentar/disminuir, necesidad de entrenamiento, etc.?	2
27. ¿Su organización usa técnicos de mantenimiento dedicados solamente al MP?	3
28. ¿Los operadores ayudan con MPs menores tales como limpieza, lubricación, ajustes e inspecciones?	2
29. ¿Su organización usa Mantenimiento Predictivo (MPd), por ejemplo, vibración, análisis de aceite, tecnología infrarroja o térmica, ultrasonido, alineamiento laser, etc.?	2
30. Su organización registra costos de MP y MPd?	3
31. ¿Producción da acceso a mantenimiento para programar los MPs para los equipos?	2
32. ¿Su organización trata de prevenir paradas catastróficas y fallas en función a la repetitividad de las mismas?	2
33. ¿Los operadores de producción y técnicos de mantenimiento están involucrados en las decisiones de selección de equipos?	2
34. ¿La gente responsable de la operación de los nuevos equipos están bien entrenados?	3
35. ¿La gente responsable del servicio y mantenimiento de los nuevos equipos están bien entrenados?	3
36. ¿La organización hace seguimiento y evalúa los costos de operación y mantenimiento, a lo largo del ciclo de vida de sus activos?	2
TOTAL:	28

Planificación y Programación	
37. ¿Son prioritarios los trabajos para las tareas de mantenimiento correctivo/preventivo?	3
38. ¿Su organización usa ordenes de trabajo para las actividades de trabajos de mantenimiento?	2
39. ¿El sistema de cómo hacer mantenimiento con ordenes de trabajo es efectivo desde el punto de vista del pedido, planificación y estimación?	2
40. ¿Su organización controla el sobretiempo (adicional al planificado)?	3
41. ¿Su organización archiva información desde una orden de trabajo dentro de la historia del equipo?	3
42. ¿Los técnicos de mantenimiento son asignados a las tareas de trabajo basados en su especialidad, conocimiento y habilidad?	3
43. ¿Los trabajos de no-emergencia son bien planeados antes de que empiece el trabajo?	2
44. ¿Su organización emplea planificadores para planear y preparar el programa de trabajo de mantenimiento tales como reparaciones mayores y paradas?	2
45. ¿Su organización emplea terceros para manejar la excesiva carga de trabajo y aplicaciones especializadas?	4
46. Si se tiene planificadores, ¿ellos preparan un plan de trabajo antes de que el trabajo sea programado?	2
47. Si se tiene planificadores, ¿ellos preparan el trabajo por partes, escogiendo y organizando las partes para los técnicos de mantenimiento?	3
48. ¿Las paradas y reparaciones mayores son planeadas adelantadamente?	2
TOTAL:	31

Soporte de mantenimiento	
49. ¿Los inventarios de las partes están disponibles cuando se las necesitan?	3
50. ¿El almacén de repuestos está organizado y asegurado, además sus tiempos de respuesta son eficientes?	2
51. ¿Se emplean indicadores para el control del almacén de repuestos?	2
52. ¿Se tiene un proceso de cuantificación de stock de repuestos que incluya el criterio del impacto de no tener el repuesto en almacén?	2
53. ¿Se tienen identificados los tiempos de reposición y los costos de los repuestos?	3
54. ¿Los logros y objetivos anuales de mantenimiento son compartidos con los técnicos de mantenimiento?	2
55. Los técnicos de mantenimiento están involucrados en reunirse para determinar logros y objetivos para el departamento?	2
56. ¿La calidad y habilidad es un objetivo importante?	4
57. ¿La organización tiene un real interés en el bienestar y satisfacción de los trabajadores?	4
58. ¿El buen rendimiento es reconocido y recompensado?	3
59. ¿El personal de mantenimiento está motivado para realizar su trabajo lo mejor posible?	3
60. ¿El personal de mantenimiento sigue las políticas de seguridad?	2
TOTAL:	32

Apéndice 2. Codificación de todos los equipos de refrigeración y aire acondicionado de Roche Servicios S.A

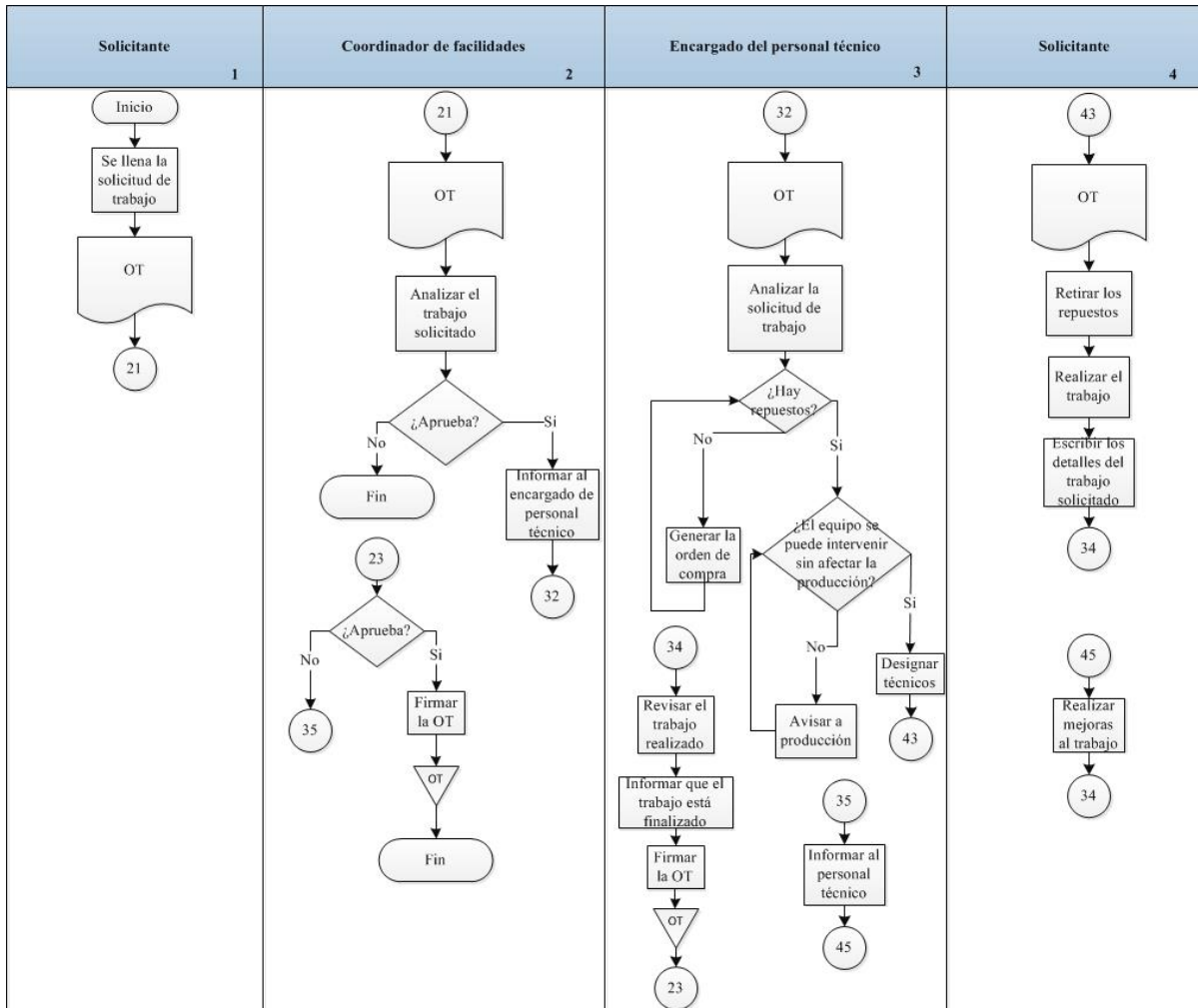
Equipo	Ubicación	Codificación
Cortina de aire AC-01	Antecámaras	AM-COR-01
Cortina de aire AC-02	Antecámaras	AM-COR-02
Cortina de aire AC-03	Antecámaras	AM-COR-03
Cortina de aire AC-04	Antecámaras	AM-COR-04
Cortina de aire	Cocina	AM-COR-05
Fan coil FCU-1.2	CEDI	AM-FCU-01
Fan coil FCU-1.3	CEDI	AM-FCU-02
Fan coil FCU-1.4	CEDI	AM-FCU-03
Fan coil FCU-1.5	CEDI	AM-FCU-04
Fan coil FCU-1.6	CEDI	AM-FCU-05
Fan coil FCU-1.7	CEDI	AM-FCU-06
Fan coil FCU-1.8	CEDI	AM-FCU-07
Fan coil FCU-1.9	CEDI	AM-FCU-08
Fan coil FCU-1.10	CEDI	AM-FCU-09
Fan coil FCU-1.11	CEDI	AM-FCU-10
Fan coil FCU-1.12	CEDI	AM-FCU-11
Fan coil FCU-1.13	CEDI	AM-FCU-12
Fan coil FCU-1.14	CEDI	AM-FCU-13
Fan coil	Sala de telepresencia	AM-FCU-14
Chiller 1 90 TON	Azotea	AM-CHI-01
Chiller 2 90 TON	Azotea	AM-CHI-02
Bomba de recirculación 1	Azotea	AM-BOR-01
Bomba de recirculación 2	Azotea	AM-BOR-02
Unidad de presión	Cuarto servidores segundo piso	AM-UPR-01
Piso cielo	Cuarto de servidores 1er piso	AM-PIC-01
Piso cielo	Cuarto de servidores 2do piso	AM-PIC-02
Piso cielo	Cuarto eléctrico	AM-PIC-03
Panel de los variadores de frecuencia	Frente a las bombas	AM-PAN-04
Unidad manejadora de aire AHU-1.1	Cuarto de reacondicionamiento	AM-AHU-01
Unidad manejadora de aire AHU-1.2	Oficinas piso 1	AM-AHU-02
Unidad manejadora de aire AHU-2.1	Entrecielo, piso 2, comedor	AM-AHU-03
Unidad manejadora de aire AHU-2.2	Entrecielo, piso 2	AM-AHU-04
Caja de volúmen variable 2.2.1	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.1
Caja de volúmen variable 2.2.2	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.2
Caja de volúmen variable 2.2.3	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.3
Caja de volúmen variable 2.2.4	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.4
Caja de volúmen variable 2.2.5	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.5
Caja de volúmen variable 2.2.6	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.6
Caja de volúmen variable 2.2.7	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.7
Caja de volúmen variable 2.2.8	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.8
Caja de volúmen variable 2.2.9	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.9
Caja de volúmen variable 2.2.10	Menejadora 2.2	AM-VAV-4.10

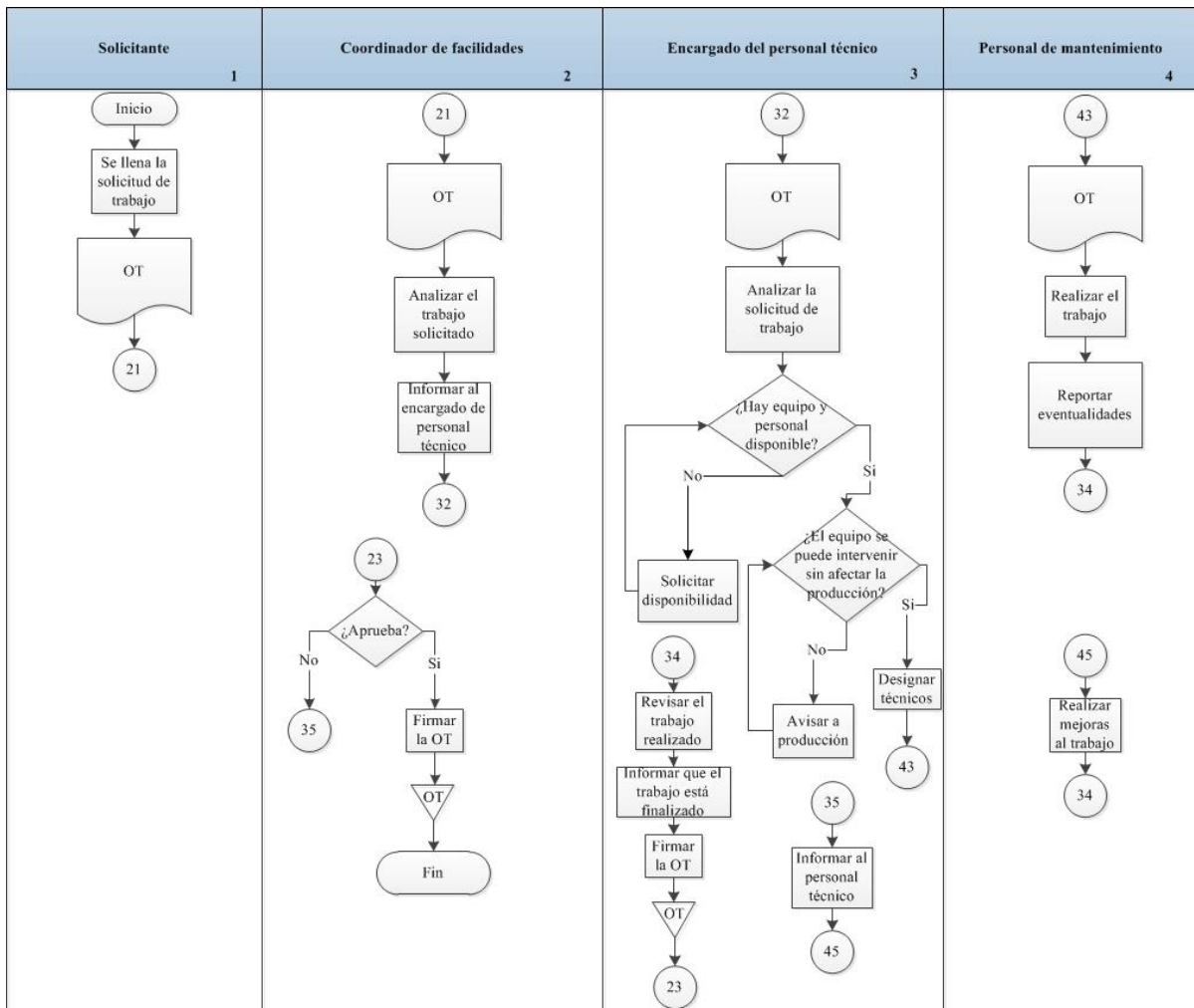
Unidad manejadora de aire AHU-2.3	Entrecielo, piso 2	AM-AHU-05
Caja de volúmen variable 2.3.1	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.1
Caja de volúmen variable 2.3.2	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.2
Caja de volúmen variable 2.3.3	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.3
Caja de volúmen variable 2.3.4	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.4
Caja de volúmen variable 2.3.5	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.5
Caja de volúmen variable 2.3.6	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.6
Caja de volúmen variable 2.3.7	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.7
Caja de volúmen variable 2.3.8	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.8
Caja de volúmen variable 2.3.9	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.9
Caja de volúmen variable 2.3.10	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.10
Caja de volúmen variable 2.3.11	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.11
Caja de volúmen variable 2.3.12	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.12
Caja de volúmen variable 2.3.13	Manejadora 2.3	AM-VAV-5.13
Unidad manejadora de aire AHU-2.4	Entrecielo, piso 2	AM-AHU-06
Caja de volúmen variable 2.4.1	Manejadora 2.4	AM-VAV-6.1
Caja de volúmen variable 2.4.2	Manejadora 2.4	AM-VAV-6.2
Caja de volúmen variable 2.4.3	Manejadora 2.4	AM-VAV-6.3
Unidad manejadora de aire AHU-2.5	Entrecielo, piso 2	AM-MAN-07
Caja de volúmen variable 2.5.1	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.1
Caja de volúmen variable 2.5.2	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.2
Caja de volúmen variable 2.5.3	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.3
Caja de volúmen variable 2.5.4	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.4
Caja de volúmen variable 2.5.5	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.5
Caja de volúmen variable 2.5.6	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.6
Caja de volúmen variable 2.5.7	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.7
Caja de volúmen variable 2.5.8	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.8
Caja de volúmen variable 2.5.9	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.9
Caja de volúmen variable 2.5.10	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.10
Caja de volúmen variable 2.5.11	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.11
Caja de volúmen variable 2.5.12	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.12
Caja de volúmen variable 2.5.13	Manejadora 2.5	AM-VAV-7.13
Unidad manejadora de aire AHU-2.6	Entrecielo, piso 2	AM-AHU-08
Caja de volúmen variable 2.6.1	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.1
Caja de volúmen variable 2.6.2	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.2
Caja de volúmen variable 2.6.3	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.3
Caja de volúmen variable 2.6.4	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.4
Caja de volúmen variable 2.6.5	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.5
Caja de volúmen variable 2.6.6	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.6
Caja de volúmen variable 2.6.7	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.7
Caja de volúmen variable 2.6.8	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.8
Caja de volúmen variable 2.6.9	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.9
Caja de volúmen variable 2.6.10	Manejadora 2.6	AM-VAV-8.10
Makeup air unit MAU	Azotea	AM-MUA-01

Equipo	Ubicación	Codificación
Cámara de frío 1	CEDI	FR-CAM-01
Compresor 1	Cuarto de máquinas	FR-COM-01
Compresor 2	Cuarto de máquinas	FR-COM-02
Bomba de recirculación 3	Cuarto de máquinas	FR-BOR-03
Bomba de recirculación 4	Cuarto de máquinas	FR-BOR-04
Condensador enfriado por aire 1	Azotea del cuarto de máquinas	FR-COD-01
Condensador enfriado por aire 2	Azotea del cuarto de máquinas	FR-COD-02
Panel de control	Cuarto de máquinas	FR-PAN-01
Enfriador de aire forzado 1	Cámara de frío 1	FR-ENF-01
Enfriador de aire forzado 2	Cámara de frío 1	FR-ENF-02
Enfriador de aire forzado 3	Cámara de frío 1	FR-ENF-03
Enfriador de aire forzado 4	Cámara de frío 1	FR-ENF-04
Cámara de frío 2		FR-CAM-02
Compresor 3	Cuarto de máquinas	FR-COM-03
Compresor 4	Cuarto de máquinas	FR-COM-04
Bomba de recirculación 5	Cuarto de máquinas	FR-BOR-03
Bomba de recirculación 6	Cuarto de máquinas	FR-BOR-04
Condensador enfriado por aire 3	Azotea del cuarto de máquinas	FR-COD-03
Condensador enfriado por aire 4	Azotea del cuarto de máquinas	FR-COD-04
Panel de control	Cuarto de máquinas	FR-PAN-02
Enfriador de aire forzado 5	Cámara de frío 1	FR-ENF-05
Enfriador de aire forzado 6	Cámara de frío 1	FR-ENF-06
Enfriador de aire forzado 7	Cámara de frío 1	FR-ENF-07
Enfriador de aire forzado 8	Cámara de frío 1	FR-ENF-08
Cuarto de máquinas	-	FR-CUM-01
Tanque hidroneumático	Cuarto de máquinas	FR-TAH-01
Unidad compresora 1	Cuarto de máquinas	FR-UCO-01
Unidad compresora 2	Cuarto de máquinas	FR-UCO-02
Unidad compresora 3	Cuarto de máquinas	FR-UCO-03
Unidad compresora 4	Cuarto de máquinas	FR-UCO-04

Equipo	Ubicación	Codificación
Compresor	Cuarto de máquinas	CO-COM-05
Condensador enfriado por aire	Azotea del cuarto de máquinas	CO-COD-05
Cámara de congelado	CEDI	CO-CAM-03
Enfriador de aire forzado 9	Cámara de congelado	CO-ENF-09
Panel de control	Cuarto de máquinas	CO-PAN-03
Bomba de recirculación 7	Cuarto de máquinas	CO-BOR-07
Unidad compresora 5	Cuarto de máquinas	CO-UCO-05

Apéndice 4. Diagrama de flujo de mantenimiento preventivo y correctivo respectivamente.





Apéndice 5. Cantidad de repuestos necesarios para Roche Servicios S.A


Número de repuesto	Descripción	Proveedor	Prioridad	Cantidad de pedido	Cantidad actual	Cantidad mínima	Cantidad máxima
1	Switch de flujo	Beirute	1	2	0,00	2	5
2	Transductor de presión (VEE)	Beirute	1	1	0,00	1	3
3	Relay 24 V	Beirute	1	1	0,00	1	2
4	Válvula de expansión electrónica	Beirute	1	1	0,00	1	3
5	Válvula solenoide	Beirute	1	1	0,00	1	3
6	Sensor de temperatura (VEE)	Beirute	1	1	0,00	1	3
7	Switch de cortinas	Beirute	2	2	0,00	2	6


Apéndice 6. Lista de inspecciones de mantenimiento planificado para la visita #2


**LISTA DE INSPECCIONES
DE MANTENIMIENTO POR
EQUIPO
VISITA #2
Año: 2019**
Total de páginas=72


Realizado por: Pedro Rivera


Revisado por: Daniel Méndez


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Bomba de recirculación	Codificación:	AM-BOR-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza extrema, colocar líquido de limpieza naiz	<input type="checkbox"/>	
2	Engrasar cada punto de la unidad, primero eliminar el exceso y luego colocar nueva	<input type="checkbox"/>	
3	Limpieza y ajuste de bornes y cableado	<input type="checkbox"/>	
4	Revisión conexiones eléctricas y cableado, descartar deterioro, colocar cinta adhesiva si es necesario	<input type="checkbox"/>	
5	Medición y documentación del voltaje y amperaje de las fases y alimentación (verificar desbalance)	<input type="checkbox"/>	
	V1= V V2= V V3= V		
	A1= A A2= A A3= A		
No	Inspecciones semestrales	Chequeo:	
6	Inspección el estado del ventilador, asegurar la adecuada entrada del flujo de aire y álabes limpios	<input type="checkbox"/>	
7	Inspección del sello mecánico, descartar goteos excesivos y cambiar si es necesario	<input type="checkbox"/>	
8	Ajuste del anclaje de cada bomba, ajustar si es necesario	<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones anuales	Chequeo:	
9	Medición de la resistividad, documentar de inmediato.	<input type="checkbox"/>	
	R= MΩ		
10	Pintar la carcasa de la bomba	<input type="checkbox"/>	
Nota: Las mediciones de voltaje y amperaje deben realizarse al 100% de la capacidad			
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Cámara de congelado	Codificación:	CO-CAM-03
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza de la cortina del cuarto congelado colocar limpiador para evitar acumulación de suciedades	<input type="checkbox"/>	
2	Ajustar la sujeción de cada maneta de entrada, cada puerta corrediza cuenta con tres puntos de sujeción ajustables	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión interna en busca de fugas de agua en las tuberías o filtraciones. Reportar y documentar cada uno encontrado.	<input type="checkbox"/>	
4	Revisión externa de paneles (filtraciones, deterioros). Reportar y documentar cada uno.	<input type="checkbox"/>	
5	Ajuste sujeción de las válvulas modulantes y solenoide, eliminar exceso de formaciones de hielo en el cuerpo y vastago de cada válvula	<input type="checkbox"/>	
6	Inspección del aislamiento de las tuberías, válvulas y de las bandejas de condensados, reemplazar si es necesario.	<input type="checkbox"/>	
7	Chequeo del correcto funcionamiento de las resistencias eléctricas ubicadas en las puertas	<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones semestrales	Chequeo:	
8	Crequear la válvula de alivio, verificar su estado externo, funcionamiento y eliminar suciedades	<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones anuales	Chequeo:	
9	Asegurar que cada puerta corrediza abra en su totalidad sin dificultad	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Condensador	Codificación:	FR-COD-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza de serpentín con producto químico y agua	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza general, carcasa y soporte	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión del sistema de control eléctrico, cableado y conexiones	<input type="checkbox"/>	
4	Revisión del funcionamiento de los ventiladores	<input type="checkbox"/>	
5	Medición y documentación del voltaje y amperaje	<input type="checkbox"/>	
	V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
6	Revisión de los tubos del condensador en busca de fugas o deterioro	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Cortina de aire	Codificación:	AM-COR-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza general del equipo para eliminar exceso de polvo y suciedades, limpieza de la carcasa con un paño húmedo, limpieza del ventilador con bocha), apicar limpiador	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza de los conductos de salida y entrada de aire	<input type="checkbox"/>	
3	Desmontaje de la carcasa y limpieza de todos los elementos internos, turbina y tarjeta eléctrica	<input type="checkbox"/>	
4	Medición y documentación del voltaje y amperaje V= V A= A	<input type="checkbox"/>	
5	Revisión del sistema eléctrico (cableado, tapas, conexiones y otros)	<input type="checkbox"/>	
6	Inspección general del equipo como soportería, guías en general elementos sujeción	<input type="checkbox"/>	
7	Corroborar que no exista ruido inusual en los ventiladores (desbalance de álabes)	<input type="checkbox"/>	
8	Inspección de switch, asegurar que este en buen estado además que apague y encienda el dispositivo	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Cuarto de máquinas	Codificación:	FR-CUM-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza de total del cuarto de máquinas (válvulas, ductería, tuberías, piso y estructura en general)	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza de los sistemas de control y cableado	<input type="checkbox"/>	
3	Inspección visual de las cañuelas, reemplazar y pintar de ser en caso de deterioro	<input type="checkbox"/>	
4	Inspección en busca de fugas en tubería de refrigerante primario y secundario	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Enfriador de aire forzado	Codificación:	FR-ENF-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza ventilador (álabes y carcasa protectora), aplicar limpiador para evitar acumulación de polvo y suciedades	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza general del equipo con paños y brocha	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión del sistema eléctrico, cableado y control	<input type="checkbox"/>	
4	Recolección y documentación de variables eléctricas (amperaje y voltaje) de los motores eléctricos V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
5	Revisión general del equipo en busca de fugas en los tubos, deterioros en la carcasa y otros	<input type="checkbox"/>	
6	Inspección del sistema de drenaje de condensados, si está libre de obstrucciones	<input type="checkbox"/>	
7	Inspección visual del serpentín en busca de formación de hielo o escarcha, si hay formaciones eliminarlas y reportar	<input type="checkbox"/>	
8	Revisar el aislamiento de las tuberías, en caso de deterioro reemplazar de inmediato	<input type="checkbox"/>	
No	Inspecciones anuales	Chequeo:	
9	Limpieza a profundidad con químico (actiklean)	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Fan coil	Codificación:	AM-FCU-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza de los filtros metálicos, se debe aplicar producto químico y lavar con agua	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza externa de la carcasa con paños y brocha	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión del control y cableado eléctrico (revisar si hay cables expuestos, deteriorados o si requieren ajuste)	<input type="checkbox"/>	
4	Medición del consumo de la resistencia calentadora en el ducto al 100% de capacidad A= A	<input type="checkbox"/>	
5	Recolección y documentación de variables eléctricas (amperaje voltaje del equipo) V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
6	Inspección de la carcasa en busca de fugas, reparar con duretán (por inspección visual se localizan manchas negras)	<input type="checkbox"/>	
7	Revisión de la válvula de paso de agua helada revisar que exista apertura y cierre sin esfuerzos	<input type="checkbox"/>	
8	Pintar las cañuelas que lo requieran (si es necesario por deterioro o en el momento de cambiar cañuelas)	<input type="checkbox"/>	
9	Revisión de la integridad mecánica de tuberías y accesorios (desartar elementos oxidados, goteos y otros)	<input type="checkbox"/>	
10	Revisión funcionamiento, descartar fugas y deterio de la válvula de control presión	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Unidad de aire de reposición	Codificación:	AM-MUA-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza del serpentín con producto químico y agua	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza de los filtros lavables y cambio de desechables	<input type="checkbox"/>	
3	Limpieza exterior e interior, buscar fugas en carcasa y ductos	<input type="checkbox"/>	
4	Medición y documentación de variables eléctricas	<input type="checkbox"/>	
	V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A		
5	Revisión del sistema de control eléctrico y alimentación. Buscar señales de daño por filtración de agua como corrosión, chequeo de cableado a tierra	<input type="checkbox"/>	
6	Revisión del variador de velocidad y motor (verificar alarmas)	<input type="checkbox"/>	
7	Inspección general de la tornillería y carcasa	<input type="checkbox"/>	
8	Engrasar los rodamientos en el motor y correa, el motor no debe estar en funcionamiento y se debe limpiar el excesos de lubricante	<input type="checkbox"/>	
9	Revisión de la correa y ajuste si es necesario, aplicación de químico para mejora su resistencia	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			


Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Manejadora de aire	Codificación:	AM-AHU-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza interna (preferiblemente con aspiradora)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
2	Limpieza del serpentín		
3	Medición y documentación del amperaje y voltaje V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A		
4	Revisión del sistema de control eléctrico y alimentación. Buscar señales de daño por filtración de agua como corrosión, chequeo de cableado a tierra		
5	Revisión del variador de velocidad y motor (descartar alarmas)		
6	Documentación de la caída de presión en la entrada Pf= inWC Pp= inWC ΔP= inWC		
7	Ajuste de la correa de la turbina		
8	Inspección general de la tornillería y carcasa (deflexión=distancia entre centros/64 en pulgadas)		
9	Lubricación de los rodamientos en el motor y correa, se debe limpiar el excesos de lubricante		
10	Revisión válvula de servicio, buen estado de apertura y cierre		
11	Revisión de las presiones de entrada y salida Pf= inWC Pp= inWC ΔP= inWC		
12	Limpieza de filtros con producto químico		
No	Inspecciones anuales	Chequeo:	
13	Limpieza del panel de con la sopladora, brocha y los paños para la limpieza externa e interna	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
14	Aplicación de limpiador de contactos		
15	Revisión general del panel en búsqueda de deterioro del cableado, avería (por ejemplo de la luces indicatoras)		
16	Ajuste de los las terminales eléctricas de los contactores, relays, sobrecargas, térmicos y otros.		
Nota: Para la documentación de presiones antes y después de cambiar los filtros se debe asegurar que la velocidad del aire sean las mismas (igual modulación de las turbinas).			
Observaciones:			

Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Panel eléctrico	Codificación:	FR-PAN-01
No	Inspecciones anuales	Chequeo:	
1	Limpieza general de con la sopladora, brocha y los paños para la limpieza externa	<input type="checkbox"/>	
2	Aplicación de aceite multiuso (dieléctrico y limpiador)	<input type="checkbox"/>	
3	Revisión general del panel en búsqueda de deterioro del cableado, avería (por ejemplo de la luces indicadoras)	<input type="checkbox"/>	
4	Medición y documentación del amperaje de alimentación de las tres líneas V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
5	Ajuste de los las terminales eléctricas de los contactores, relays, sobrecargas, térmicos y otros.	<input type="checkbox"/>	
7	Revisión de la integridad del tablero, revisar si cierra y abre correctamente	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			

Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Piso cielo	Codificación:	AM-PIC-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza del serpentín de la unidad evaporadora y condensadora aplicar producto químico	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza del drenaje para evitar que se obstruyan, evacuar el agua acumulada. Limpiar la bomba de condensados	<input type="checkbox"/>	
3	Limpieza exterior y revisión del condensador con agua a presión y el evaporador con un trapo limpio y húmedo	<input type="checkbox"/>	
4	Limpieza de los filtros de aire con agua y jabón neutro y las rejillas eliminar excesos de polvo	<input type="checkbox"/>	
5	Limpieza de turbina de aire. Aplicar limpiar para evitar excesos de polvo y suciedades	<input type="checkbox"/>	
6	Revisión visual del sistema eléctrico, cableado y control. Descartar calentamientos excesivos y aplicar aceite multiuso	<input type="checkbox"/>	
7	Medición y documentación de variables eléctricas (voltaje y amperaje) V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
8	Revisión de la apertura y cierre de la aleta frontal de la unidad evaporadora	<input type="checkbox"/>	
9	Chequeo de los elementos de sujeción mecánica en la unidad evaporadora como en la condensadora	<input type="checkbox"/>	
10	Medición y documentación de las presiones de operación de la unidad Po=	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			

Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Unidad compresora	Codificación:	FR-UCO-01
No	Inspecciones trimestrales		Chequeo:
1	Limpieza de todos los elementos de la unidad condensadora como separador de aceite, recibidor, válvulas y otros.		<input type="checkbox"/>
2	Limpieza externa con producto químico donde se requiera y agua		<input type="checkbox"/>
3	Limpieza de los sistemas de control y cableado además aplicación de aceite multiuso		<input type="checkbox"/>
4	Revisión de la válvula de expansión electrónica y del transductor de presión (ajustar el transductor con la presión atmosférica)		<input type="checkbox"/>
5	Revisión en busca de fugas tanto en la tubería del refrigerante primario como en el secundario		<input type="checkbox"/>
6	Inspección y ajuste del presostatos duales y de baja		<input type="checkbox"/>
7	Inspección visual de las cañuelas, pintar o reemplazar de ser necesario		<input type="checkbox"/>
8	Medición del punto de congelación del glicol (refractómetro) T= °C		<input type="checkbox"/>
Observaciones:			

Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Unidad de presión	Codificación:	AM-UPR-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza del serpentín de la unidad de la unidad con producto químico	<input type="checkbox"/>	
2	Limpieza del drenaje para evitar que se obstruyan, evacuar el agua acumulada. Limpiar la bandeja de condensados	<input type="checkbox"/>	
3	Limpieza exterior e interior con un paños y bochas, eliminar exceso de polvo y suciedades	<input type="checkbox"/>	
4	Limpieza de los filtros de aire con agua y jabón neutro y las rejillas eliminar excesos de polvo	<input type="checkbox"/>	
5	Limpieza de las aspas de los ventiladores, eliminar exceso de polvo, aplicar limpiador	<input type="checkbox"/>	
6	Medición y documentación de variables eléctricas (voltaje y amperaje) V1= V V2= V V3= V A1= A A2= A A3= A	<input type="checkbox"/>	
7	Revisión visual del sistema eléctrico, cableado y control. Descartar calentamientos excesivos y aplicar aceite multiuso	<input type="checkbox"/>	
8	Revisión de resistencia eléctrica en el serpentín	<input type="checkbox"/>	
9	Chequeo de los elementos de sujeción mecánica en la unidad, verificar apertura y cierre a la unidad	<input type="checkbox"/>	
10	Medición y documentación de las presiones de operación de la unidad Po=	<input type="checkbox"/>	
11	Revisión del sistema de humidificación	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			

Roche Servicios S.A			
Lista de verificación MP			
Fecha:		Realizado por:	
Equipo:	Tanque hidroneumático	Codificación:	FR-TAH-01
No	Inspecciones trimestrales	Chequeo:	
1	Limpieza externa del tanque y estructura	<input type="checkbox"/>	
2	Verificación del sistema de control	<input type="checkbox"/>	
4	Verificación del arranque de la bomba de reposición, anotar la presión de arranque y pare Pa= psi Pp= psi	<input type="checkbox"/>	
5	Revisión del punto de congelación de glicol (refractómetro) Tc= °C	<input type="checkbox"/>	
Observaciones:			

Apéndice 7 Variables recolectadas en la inspección 2 de mantenimiento en Roche Servicios S.A

13. Anexo

Anexo 1. Precio unitario para el análisis de aceite



SCM
PREDICTIVO

SCM Predictivo

Hotel Crowne Plaza, Oficinas 5-6
Sabana Norte, San José 5-1260
CR
pcn@predictivo.net
www.scmpredictivo.com
Govt. UID 3-101-350800

COTIZACIÓN

ADDRESS

ROCHE
Ing. Pedro Rivera
Departamento de
Mantenimiento

COTIZACIÓN NO. 2019 1189

DATE 04/26/2019

EXPIRATION DATE 05/09/2019

ITEM	QTY	UNITARIO	MONTO TOTAL
Servicios:Análisis de Aceites:Análisis de Aceites 001 análisis de aceite por muestra. Incluye consumibles, frasco y transporte. análisis a ser efectuado por Laboratorio Certificado en los EUA.	14	50.00	700.00

Pago Contra presentación de factura

TOTAL

USD 700.00

Se efectuará un análisis cada seis meses para un total de 7 muestras por vez.

Accepted By

Accepted Date

Anexo 2. Salarios mínimos según el Ministerio de Trabajo para el año 2019

Acomodador (cines, teatros, etc.)	TONC	€	10.358,55	Dealer (Distribuidor de cartas)	TONC	€	10.358,55	Hojalatero	TOC	€	11.471,53
Acompañante en buseta escolar	TONC	€	10.358,55	Demostrador (Display)	TONC	€	10.358,55	Homeador (Horno Electrónico program.)	TOSCG	€	11.264,17
Agente de Aduana o Vapores	TOES	€	20.997,77	Demostrador-Vendedor	TOSC	€	11.264,17	Homero	TOC	€	11.471,53
Agente de Ventas *	TOCG	€	349.623,39	Dependiente	TOSC	€	11.264,17	Instructor de Bailes Populares	TOC	€	11.471,53
Albanil	TOC	€	11.471,53	Despachador Agencia Aduana, Vapores	TOE	€	13.530,38	Jardinero (Crear Jardines)	TOC	€	11.471,53
Alistador Automotriz (lijador)	TOSC	€	11.264,17	Diagramador en Artes Gráficas	TOE	€	13.530,38	Jefe de Cocina (Chef)	TOE	€	13.530,38
Aplanchador (plancha tipo casera)	TONC	€	10.358,55	Dibujante en Artes Gráficas	TOE	€	13.530,38	Jefe de Salones (Maitre)	TOE	€	13.530,38
Aplanchador con Equipo de Vapor	TOC	€	11.471,53	Dibujante de Ingeniería, Arquitectura *	TOCG	€	349.623,39	Joyer	TOC	€	11.471,53
Analista de Crédito*	TOCG	€	349.623,39	Digitador	TOC	€	11.471,53	Laboratorista Civil	TOC	€	11.471,53
Animador de Eventos	TOC	€	11.471,53	Diplomado Para universitario *	DES	€	487.662,29	Laboratorista Clínico	TOC	€	11.471,53
Asistente de Abogacía *	TOEG	€	392.623,14	Diplomado Universitario*	DES	€	487.662,29	Laqueador (Muebles y Similares)	TOC	€	11.471,53
Asistente de Auditoría *	DES	€	487.662,29	Ebanista	TOE	€	13.530,38	Lavador de Cabello	TONC	€	10.358,55
Asistente de Consultorio Médico	TOC	€	11.471,53	Educador Aspirante sin Título *	TOEG	€	392.623,14	Lavador de Carros	TONC	€	13.530,38
Asist. Domicilio/Ancianos (cuidados especiales)	TOE	€	13.530,38	Electricista	TOC	€	11.471,53	Levantador de Texto (Artes Gráficas)	TOE	€	13.530,38
Auxiliar Agente de Aduana, Vapores	TOE	€	13.530,38	Electromecánico	TOE	€	13.530,38	Licenciado Universitario *	Lic.	€	663.772,10
Auxiliar de Contabilidad*	TOCG	€	349.623,39	Empacador; Etiquetador	TONC	€	10.358,55	Limpiador de Tanques Sépticos	TOC	€	11.471,53
Auxiliar Dental	TOE	€	13.530,38	Empleado de Despacho	TOSC	€	11.264,17	Linotipista (Artes Gráficas)	TOC	€	11.471,53
Ayudante de Cocina	TOSC	€	11.264,17	Empleada Doméstica*	€	190.377,39	Liquidador Agencia Aduana, Vapores	TOE	€	13.530,38	
Ayudante de Mecánico general	TOSC	€	11.264,17	Encargado (indica acomodo parqueo)	TONC	€	10.358,55	Llantero	TOSC	€	11.264,17
Ayudante de Operario, Construcción	TOSCG	€	11.264,17	Encargado de Limpieza en General	TONCG	€	309.143,36	Locutor de Radioemisoras	TOE	€	13.530,38
Bachiller Universitario *	Bach	€	553.124,45	Encargado de Limpieza en Piscinas	TONC	€	10.358,55	Locutor de Televisión	TOES	€	20.997,77
Baqueano	TOSC	€	11.264,17	Enc. Mantenim. Correctivo Cómputo	TOE	€	13.530,38	Luminotécnico TV	TOES	€	20.997,77
Barbero	TOC	€	11.471,53	Enc. Mantenim. Preventivo Cómputo	TOC	€	11.471,53	Maestro de Obras (Construcción)	TOE	€	13.530,38
Barista	TOC	€	11.471,53	Encargado de poner Discos (Disjockey)	TONC	€	10.358,55	Manicurista; Maquilladora	TOC	€	11.471,53
Bartender (Coctelera)	TOC	€	11.471,53	Encargado de Cámaras Frigoríficas	TOSC	€	11.264,17	Maquinista de Embarcaciones	TONC	€	10.358,55
Bodeguero (Encargado) *	TOSCG	€	332.589,87	Encargado Mantenimiento Edificios	TOC	€	11.471,53	Manirero	TONC	€	10.358,55
Bodeguero (Peón) *	TONCG	€	309.143,36	Encerador de Carros	TONC	€	10.358,55	Masajista	TOC	€	11.471,53
Cajero *	TOCG	€	349.623,39	Encuadernador - Empastador	TOE	€	11.471,53	Mecánico Calderas (mantenimiento).	TOE	€	13.530,38
Cajista de Artes Gráficas	TOE	€	13.530,38	Encuadernador en Fino	TOC	€	13.530,38	Mecánico General	TOC	€	11.471,53
Camarógrafo de Prensa	TOES	€	20.997,77	Encuadernador en Rústica	TOSC	€	11.264,17	Mecánico Precisión	TOE	€	13.530,38
Cantante de Música Popular	TOC	€	11.471,53	Encuestador *	TOSCG	€	332.589,87	Mecánico Máquinas de Coser Industrial	TOE	€	13.530,38
Cantinerero	TOSC	€	11.264,17	Enderezador Automotriz	TOC	€	11.471,53	Mecánico de Máquinas de hacer Telas	TOE	€	13.530,38
Capitán de Embarcación	TOE	€	13.530,38	Engrasador de Autos	TOSC	€	11.264,17	Mensajero *	TONCG	€	309.143,36
Camicero Empleado Despacho	TOSC	€	11.264,17	Ensamblador de Computadoras	TOSC	€	11.264,17	Misceláneo *	TONCG	€	309.143,36
Camicero Destazador	TOC	€	11.471,53	Envasador Manual	TONC	€	10.358,55	Misceláneo en Hogares Tercera Edad	TONC	€	10.358,55
Carpintero	TOC	€	11.471,53	Esparcidor de Plaguicidas	TONC	€	10.358,55	Montacarguista	TOSC	€	11.264,17
Cerrajero	TOC	€	11.471,53	Estampador en Textil (Serigrafía)	TOC	€	11.471,53	Mucama	TONC	€	10.358,55
Chapulinerero	TOC	€	11.471,53	Esteticista	TOE	€	13.530,38	Musicalizador en Radioemisoras	TOE	€	13.530,38
Chequeador Agenc Aduana, Vapor.	TOE	€	13.530,38	Estibador por Kilo de frutas y vegetales	€	0,0711	Niñera, excepto en el Hogar del Niño	TONC	€	10.358,55	
Chequeador de Buses	TONC	€	10.358,55	Estibador por Movimiento	€	375,28	Niñera en el Hogar del Niño (servicio doméstico)	€	190.377,39		
Chofer de Bus (no cobrador)	TOC	€	11.471,53	Estibador por Tonelada	€	88,00	Oficial de Mesa (panadería)	TOC	€	11.471,53	
Chofer de Tráiler	TOE	€	13.530,38	Estilista	TOC	€	11.471,53	Oficinista (General) *	TOSCG	€	332.589,87
Chofer de Vehículo Liviano	TOSC	€	11.264,17	Florista	TOC	€	11.471,53	Operador de Cabina de Radioemisoras	TOE	€	13.530,38
Chofer de Vehículo Pesado	TOC	€	11.471,53	Fontanero	TOC	€	11.471,53	Operador de "Araña" (Serigrafía)	TOC	€	11.471,53
Chofer Microbús (menos de 11 pasaj.)	TOSC	€	11.264,17	Fotocopiador (Centro fotocopiado)	TOSC	€	11.264,17	Operador de Carusel	TOC	€	11.471,53
Chofer-Cobrador de Bus	TOE	€	13.530,38	Fotógrafo de Prensa	TOE	€	13.530,38	Operador de Caldera	TOC	€	11.471,53
Cobrador de Buses	TONC	€	10.358,55	Fotomecánico de Artes Gráficas	TOE	€	13.530,38	Operador de Computación	TOE	€	13.530,38
Cobrador *	TOSCG	€	332.589,87	Fotomontador (Artes Gráficas)	TOE	€	13.530,38	Operador de Dragas	TOE	€	13.530,38
Cocinero	TOC	€	11.471,53	Fresador (Metalmeccánica)	TOE	€	13.530,38	Operador de Grúa Estacionaria	TOE	€	13.530,38
Confección Muestras de Ropa	TOE	€	13.530,38	Fumigador (Doméstica)	TOSC	€	11.264,17	Operador de Máquina de Lavar Ropa	TOC	€	11.471,53
Consejero *	TONCG	€	309.143,36	Fundidor	TOC	€	11.471,53	Operador de Máquinaria Pesada	TOC	€	11.471,53
Contador Privado *	TMED	€	366.380,40	Futbolista Primera División	TOE	€	13.530,38	Operador de Máquinas en General	TOC	€	11.471,53
Contador Privado *	DES	€	487.662,29	Futbolista Segunda División	TOC	€	11.471,53	Operador de Planta Transm. Radio	TOC	€	11.471,53
Contador Privado *	Bach.	€	553.124,45	Gondolero	TONC	€	10.358,55	Operador de Prensa Rotativa	TOES	€	20.997,77
Contador Privado *	Lic.	€	663.772,10	Graduado del INA *	TMED	€	366.380,40	Operador de Radio-Taxi	TOC	€	11.471,53
Cortador de tela	TOC	€	11.471,53	Guarda *	TOSCG	€	332.589,87	Operador de Escogedoras de Café	TOC	€	11.471,53
Cosedor Piezas (Prendas a Máquina	TOC	€	11.471,53	Guarda Custodio Valores-Portavalores	TOCG	€	349.623,39	Operador Escáner separador colores	TOES	€	20.997,77
Costurera (Modista)	TOE	€	13.530,38	Guía Turístico	TOC	€	11.471,53	Operario en Construcción	TOC	€	11.471,53
Counter (Vendedor de Pasajes) *	TOCG	€	349.623,39	Guillotnista (Guillotina Eléctrica)	TOC	€	11.471,53	Ordeñador a Mano	TONC	€	10.358,55
				Guillotnista (Electrónica programable)	TOE	€	13.530,38				

Operarios de Talleres Dentales	TOC	11.471,53
Panadero	TOC	11.471,53
Parrillero	TOSC	11.264,17
Pastelero	TOC	11.471,53
Pedimentador Aduana, Vapores	TOE	13.530,38
Peinadora	TOC	11.471,53
Peón Agrícola	TONC	10.358,55
Peón de Bodegas Frías	TOC	11.471,53
Peón de Camión Distribuidor	TONC	10.358,55
Peón de Carga y Descarga	TONC	10.358,55
Peón de Construcción	TONC	10.358,55
Peón de Jardín	TONC	10.358,55
Peón en General	TONC	10.358,55
Periodista *		817.500,41
Pilero (Lavador de Platos)	TONC	10.358,55
Pintor Automotriz	TOE	13.530,38
Pintor de Brocha Gorda	TOC	11.471,53
Pistero	TOSC	11.264,17
Pizzero (Cocina Pizzas Preparadas)		11.264,17
Portero *	TONCG	309.143,36
Prensista de Artes Gráficas	TOE	13.530,38
Preparador documentos, Ag. Aduana	TOE	13.530,38
Programador de Computación	TOE	13.530,38
Programador en Radioemisoras	TOE	13.530,38
Proveedor *	TOCG	349.623,39
Quemador de Marcos (Serigrafía)	TOC	11.471,53
Quemador de Planchas	TOE	13.530,38
Recamarera	TONC	10.358,55
Recepcionista *	TOSCG	332.589,87
Reclutador de docu, Ag. Aduana	TOE	13.530,38
Recotectores de Café Cajuela		986,27
Relojero	TOC	11.471,53
Repartidor de Cargas Livianas	TONC	10.358,55
Repartidor-Propagandista	TONC	10.358,55
Reposero	TOC	11.471,53
Sabanero	TONC	10.358,55
Salonero	TONC	10.358,55
Sastre (Prendas a la Medida)	TOE	13.530,38
Secretaria *	TOCG	349.623,39
Secretaria*	TMED	366.380,40
Secretaria*	DES	487.662,29
Secretaria*	Bach	553.124,45
Secretaria*	Lic.	663.772,10
Sellista (Artes Gráficas)	TOC	11.471,53
Servicio Doméstico *		190.377,39
Soldador (Soldaduras Especiales)	TOE	13.530,38
Soldador en General	TOC	11.471,53
Tapicero	TOC	11.471,53
Tatuador	TOC	11.471,53
Taxista	TOC	11.471,53
Técnico de Educación Superior *	TEdS	451.523,54
Técnico en Aire Acondicionado	TOC	11.471,53
Técnico en Aparatos Ortopédicos	TOES	20.997,77
Técnico en Lentes de Contacto	TOES	20.997,77
Téc. Refrigeración Doméstica-Indus.	TOES	20.997,77
Técnico en Registros Médicos *	TOCG	349.623,39
Técnico Mq. Coser Ind. Especiales	TOES	20.997,77
Técnico Medio Educ. Diversificada *	TMED	366.380,40

Técnico Reparación Audio y Video	TOES	20.997,77
Técnicos en Salud *	TEdS	451.523,54
Tejedora Manual de Prendas, Muebles	TOC	11.471,53
Telefonista *	TOSCG	332.589,87
Tornero en Madera	TOC	11.471,53
Tornero en Metal	TOE	13.530,38
Tractorista (Oruga o Lianta)	TOC	11.471,53
Tramitador - Abridor Aduanal	TOSC	11.264,17
Vagonetero	TOC	11.471,53
Verdadero	TOSC	11.264,17
Zapatero	TOC	11.471,53

Estos salarios contienen un incremento del **2.96 %** para todas las categorías del Decreto en relación con los salarios mínimos del periodo anterior excepto para el servicio doméstico ya que se otorgó un **3.50%**.

Para efectos de los Salarios Mínimos el instrumento para la clasificación de ocupaciones son los Perfiles Ocupacionales aprobados por el Consejo Nacional de Salarios. De conformidad con ellos se ha elaborado esta guía ilustrativa que contiene algunas ocupaciones clasificadas por Personal Técnico del Departamento de Salarios, en el entendido de que se basan en las tareas típicas conocidas, por lo que un puesto determinado podría tener una clasificación distinta según sus características y responsabilidades específicas.

Para consultas laborales:

llamar gratuitamente:
800 -TRABAJO (800-872-2256)

ó al **CHAT INSTITUCIONAL** por medio de
www.mtss.go.cr

CONSULTAS DE SALARIOS AL CORREO:
consulta.salarios@mtss.go.cr
salario.minimo@mtss.go.cr

**ROSA ISELA
HERNANDEZ
RODRIGUEZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por
ROSA ISELA HERNANDEZ
RODRIGUEZ (FIRMA)
Fecha: 2018.12.18
12:26:49 -06'00'

**Documento gratuito, prohibida su
reproducción y venta**



DEPARTAMENTO DE SALARIOS

Lista de ocupaciones clasificada por el personal
técnico del Departamento

SALARIOS MÍNIMOS

SECTOR PRIVADO
AÑO 2019

Decreto N° 41434-MTSS, publicado en La Gaceta 235, del 18 de diciembre del 2018. Rige 1º de enero del 2019.

SIGLAS Y SALARIOS MÍNIMOS

TONC	Trabajadores en Ocupación No Calificada	10.358,55
TOSC	Trabajadores en Ocupación Semicalficada	11.264,17
TOC	Trabajadores en Ocupación Calificada	11.471,53
TOE	Trabajadores en Ocupación Especializada	13.530,38
TOES	Trabajadores de Ocupación de Especialización Superior	20.997,77
TONCG	Trabajadores en Ocupación No Calificada (Genérico)	309.143,36*
TOSCG	Trabajadores en Ocupación Semicalficada (Genérico)	332.589,87*
TOCG	Trabajadores en Ocupación Calificada (Genérico)	349.623,39*
TMED	Técnico Medio en Educación Diversificada	366.380,40*
TOEG	Trabajadores en Ocupación Especializada (Genérico)	392.623,14*
TEdS	Técnico de Educación Superior	451.523,54*
DES	Diplomados de Educación Superior	487.662,29*
Bach	Bachiller Universitario	553.124,45*
Lic.	Licenciado Universitario	663.772,10*

* **Salario mensual.**

El que no tiene ninguna indicación, está por jornada ordinaria.

Para mayor información y debido a que se han hecho circular algunas listas alteradas, se sugiere consultar personalmente en la Oficina de Salarios, en Barrio Tournon del Edif. Benjamín Núñez 50 metros sureste sobre calle paralela, Edificio Anexo, al Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Segundo Piso.

Teléfono: 2256 2221 Fax: 2257 4633.

Esta lista está disponible en: www.mtss.go.cr

Anexo 3. Costos del mantenimiento preventivo



FACTURA PROFORMA

TECNOFIJACIONES DE COSTA RICA
Cédula Jurídica 3101625644

Tipo : CONTADO 0 dias
Fecha : 20/05/2019
Cliente : 99999
PEDRO RIVERA NAVARRO

No. 44142

Moneda : DOLAR
Vendedor: ECOMMERCE
Proyecto:

Atencion:
Vence : 04/06/2019

Sírvase encontrar la cotización solicitada por su estimable persona:

Cantidad	Codigo	Descripcion	Precio Unit	Precio Esp	%Desc.	SubTotal
1.00	ST91501SC	CALIBRADOR PIE DE REY 6" 0.02MM ST91501SC SATA	49.02	0.00	0.00	49.02
1.00	GL97203EM	ENGRASADORA MANUAL 400CC GL97203EM SATA	52.00	0.00	0.00	52.00
1.00	ST96401SC	LLAVE TORQUE 3/4"X865 MM LARGO 100- 500NM ST96401SC	182.71	0.00	0.00	182.71
SubTotal: US\$						283.73
Descuento:						.00
Impuesto de Ventas:						36.88
Transporte:						.00
TOTAL: US\$						320.61

Observaciones :

Nota: La disponibilidad de inventario esta sujeta a la venta. Si desea reservar, solicite su pedido a su asesor de ventas. Si retira el producto en TECNOFIJACIONES no se cobrara el costo del transporte.



ELVATRON S.A
 Cédula Jurídica N° 3-101-020826-35
 Tel.: 2242-9900 - Fax.: 2520-0697
 425 mts Norte de la Entrada Principal de la CNFL
 Costa Rica, San José, Central, La Uruca.
 www.elvatron.com

Cotización No.
P41-LE45H7 Versión: 1

Página: 1 de 1
Fecha de emisión: 21/05/2019
Fecha de vencimiento: 29/05/2019

Asunto: Equipos Fluke hubspot

Cliente: ROCHE SERVICIOS	Condición de venta: Contado
Dirección: 1 Km Noreste de Real Cariari Zona Franca Ultrapark, Edificio 6-A La Aurora	Vendedor: Daniel Gutierrez Cel: 85881320
Contacto: Pedro Rivera Navarro	Teléfono: 22429900 Ext: 325 Fax: ND
C/T: pedro.rivera_navarro@roche.com/ND	Correo: Daniel.Gutierrez@elvatron.com

LIN.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	T.ENTREGA	PRECIO UNI.	TOTAL LÍNEA
1	FLUKE-1587FC	MEDIDOR DE AISLAMIENTO-MULTIMETRO CON FC	1	INMEDIATO *	\$ 871.99	\$ 871.99
2	FLUKE-62 MAX+ ESPR	DUAL LASER INFRARED THERMOMETER, 12:1 SPOT	1	INMEDIATO *	\$ 196.19	\$ 196.19

Notas:

SUB - TOTAL	\$ 1,068.18
IMP.VENTAS	\$ 138.86
TOTAL	\$ 1,207.04



TOTAL PARTS C.R. S.A.
 TELF: 2296-0107
 DIRECCION: EDF TOTAL PARTS, DE SYLVANIA, 200 MTS OESTE. PAVAS, SAN JOSÉ
 CED JURIDICA: 3-101-557214

FECHA 21-05-2019

Cliente: CONSUMIDOR FINAL
Cédula Jurídica: 10000001 **Teléfono:** 25190107
Dirección: DIRECCION PAVAS (CENTRO) SAN JOSE

COTIZACION Nro: 34154

#	CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO	MONTO
1	G1401.400M	Juego Mangueras Manometro 150cm 1/4sae R22/R1 34 600-3000psi Appli Parts Apmg-H60	1	9.022,10	9.022,10
2	GQAL3SM-5	Juego Manometro Uniweld Completo R12/R22/R134 a Qal3sm-5 (Psi-Kg/Cm2-Centigrados)	1	31.420,08	31.420,08
SUBTOTAL					40.442,18
TAX 13,00 %					5.257,48
TOTAL CRC					45.699,66

Fecha de vencimiento: 21-05-2019

IMPORTANTE: LOS PRECIOS DADOS EN ESTA COTIZACION SON VALIDOS POR EL DIA DE HOY. ESTA COTIZACION ESTA SUJETA A LA DISPONIBILIDAD O EXISTENCIA.



IMPRESOS BELEN S.A.
 Teléfono: 22939797 Fax:
 100 Mts S. y 200 Mts O. del centro comercial La Ribera
 Cédula Jurídica: 3101038168

FACTURA ELECTRÓNICA/ ELECTRONIC INVOICE:

0010000101 0000001208

DIA/DAY	MES/MONTH	AÑO/YEAR
15	5	2019

Clave No: 5061505190031010381680010000001010000001208188775661 VER: 4_2 ROE: 594.57

Cliente/Customer: ROCHE SERVICIOS, S.A.	Cédula/ID: 3101249352
Email: cac.factura@roche.com	Forma pago/Payment form: Crédito
Dirección/Address: Heredia, UltraPark I, Zona Franca, Edificio 4	Plazo/Payment term: 30 Dias/Days
	Vence/Payable: 14/06/2019
	Teléfono/Phone: 22981502
Orden de Compra/Purchase order:	Fax:
Observaciones/Observation:	

No.OP Manufac	No.Articulo/GR PRODUCT CODE	DESCRIPCION / DESCRIPTION	Cantidad QTY	Unitario Unit.Price	TOTAL
	101	STICKER [Unidad de medida: UNIDAD]	73.00	342.00000	€ 24,966.00

Moneda/CURRENCY	TOTAL BRUTO / GROSS TOTAL	€ 24,966.00
MONEDA LOCAL	DESCUENTO / DISCOUNT	€ 0.00
En letras / Amount in letters:	FLETE/FREIGHT	€ 0.00
VEINTIOCHO MIL DOSCIENTOS ONCE CON 58/100 CTS.	GASTOS MANEJO/MANAGEMENT COSTS	€ 0.00
TWENTY EIGHT THOUSAND TWO HUNDRED AND ELEVEN WITH 58/100	SEGURO/INSURANCE	€ 0.00
	TOTAL BRUTO + CIF / GROSS TOTAL + CIF	€ 24,966.00
	IMPUESTO / TAX	€ 3,245.58
	TOTAL FINAL/ TOTAL AMOUNT	€ 28,211.58

FORMULARIO No.:	CODIGO EXP:
-----------------	-------------

TOTAL BULTOS/ BUNDLES:	0.00
PESO BRUTO/ GROSS WEIGHT:	0.00
PESO NETO/ NET WEIGHT:	0.00

RECIBIDO CONFORME

OPERADOR: DUSER01
 15/05/2019 11:28:36

No. IDENTIFICACION

Emite conforme lo establecido en la resolución de Facturación Electrónica, N° DGT-R-48-2016 siete de octubre de dos mil dieciséis de la Dirección General de Tributación.

Anexo 4. Costos del mantenimiento predictivo



SCM Predictivo
Hotel Crowne Plaza, Oficinas 5-6
Sabana Norte, San José 5-1260
CR
pcn@predictivo.net
www.scmpredictivo.com
Govt. UID 3-101-350800

COTIZACIÓN

ADDRESS
ROCHE
Ing. Pedro Rivera
Departamento de
Mantenimiento

COTIZACIÓN NO. 2019 1190
DATE 04/26/2019
EXPIRATION DATE 05/09/2019

ITEM	QTY	UNITARIO	MONTO TOTAL
Servicios:Análisis de Vibraciones:Análisis de Vibraciones 002 Medición de vibraciones: Fuera de ruta en todos los equipos de planta	4	600.00	2,400.00

Pago: Contra presentación de factura

TOTAL

USD 2,400.00

Servicio: se efectuará durante días y horas hábiles de lunes a viernes de loa 08:00 a las 17:00

Por el tipo de actividad de ustedes, y el tipo de equipos, nuestra recomendación es que no deben pasar más de tres meses entre medición y medición de control. Esto nos dará 4 visitas por año

Accepted By

Accepted Date



SCM Predictivo
Hotel Crowne Plaza, Oficinas 5-6
Sabana Norte, San José 5-1260
CR
pcn@predictivo.net
www.scmpredictivo.com
Govt. UID 3-101-350800

COTIZACIÓN

ADDRESS

ROCHE
Ing. Pedro Rivera
Departamento de
Mantenimiento

COTIZACIÓN NO. 2019 1189

DATE 04/26/2019

EXPIRATION DATE 05/09/2019

ITEM	QTY	UNITARIO	MONTO TOTAL
Servicios:Análisis de Aceites:Análisis de Aceites 001 análisis de aceite por muestra. Incluye consumibles, frasco y transporte. análisis a ser efectuado por Laboratorio Certificado en los EUA.	14	50.00	700.00
Pago Contra presentación de factura	TOTAL		USD 700.00

Se efectuará un análisis cada seis meses para un total de 7 muestras por vez.

Accepted By

Accepted Date



SCM Predictivo
Hotel Crowne Plaza, Oficinas 5-6
Sabana Norte, San José 5-1260
CR
pcn@predictivo.net
www.scmpredictivo.com
Govt. UID 3-101-350800

COTIZACIÓN

ADDRESS
ROCHE
Ing. Pedro Rivera
Departamento de
Mantenimiento

COTIZACIÓN NO. 2019 1184
DATE 04/26/2019
EXPIRATION DATE 05/30/2019

ITEM	QTY	UNITARIO	MONTO TOTAL
Servicios:Termografía Infrarroja:Termografía Infrarroja 002 Inspección termográfica en los paneles eléctricos de planta con un mínimo de tres horas	2	850.00	1,700.00

Pago: contra presentacion de factura electronica.

TOTAL

USD 1,700.00

Servicio : dos inspecciones anuales durante dias y horas hábiles de lunes a viernes de las 08:00 a las 17:00

Accepted By

Accepted Date