

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Informe de práctica de especialidad para optar por
el grado de Licenciatura en Mantenimiento Industrial



Organización del Sistema de Gestión de Mantenimiento
para la planta envasadora de gas Tomza en Cartago

Andrea Cordero Camacho.

2017



Escuela acreditada por
Engineers Canada Accreditation Board (ECAB)

Profesor Guía

Ing. Manuel Centeno López

Asesor Industrial

Ing. Ernesto Tutila Campos

Tribunal Examinador

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Ing. Julio César Rojas

Información del estudiante y de la empresa

Información del estudiante

Nombre	Andrea Cordero Camacho
Cédula	304690124
Carné TEC	201237060
Teléfono	7077-2938
Email	andrecordero93@gmail.com

Información del proyecto

Nombre del proyecto	Organización del sistema de gestión de mantenimiento para la planta envasadora de gas Tomza en Cartago
Profesor asesor	Ing. Manuel Centeno López
Asesor industrial	Ing. Ernesto Tutila Campos
Horario de trabajo	Martes a viernes de 8:00 a 17:00

Información de la empresa

Nombre	Gas Tomza
Dirección	900 metros sur del cruce de Taras sobre carretera la Lima, San Nicolás Cartago.
Teléfono	2201-6000 / 800-GAS TOMZA / 800-42786692
Actividad principal	Envasado de gas licuado de petróleo (GLP)

Dedicatoria

*A Dios por bendecirme siempre.
A mis papás, Obeth y Milagro y a mis hermanas, Elena e Irene, por ser mis
pilares, darme su apoyo, cariño y comprensión incondicionalmente.*

Agradecimientos

A Dios por permitirme alcanzar una meta más.

A mis padres por todo el esfuerzo que han hecho por mí, por amarme, apoyarme e impulsarme a alcanzar mis sueños.

A mis hermanas por ayudarme, apoyarme y estar conmigo en todo momento.

A los profesores del TEC, especialmente a los profesores de la Escuela de Ingeniería Electromecánica, por transmitir su conocimiento e impulsar mi formación profesional.

A mi profesor guía, el Ing. Manuel Centeno, por la colaboración brindada durante la elaboración de este proyecto.

A Mila, por ser mi amiga y mi cómplice durante casi todos los años de universidad.

A los colaboradores de Gas Tomza, principalmente al Ing. Ernesto Tutila por darme la oportunidad de realizar el proyecto en esta organización.

A la Ing. Lady Ramírez y al Técnico Josué Saldaña por todo el apoyo y el cariño que me dieron.

A los compañeros y amigos del TEC que se esforzaron conmigo para alcanzar esta meta por todos los buenos momentos que pasamos juntos.

A todas las personas que de alguna forma me ayudaron en este camino y me impulsaron para continuar.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1

1.Introducción.....	18
1.1 Identificación de la empresa	18
1.1.1 Generalidades	18
1.1.2 Antecedentes históricos	19
1.1.3 Proceso productivo.....	19
1.1.4 Organigrama general.....	26
1.1.5 Organigrama Planta Cartago.....	27
1.1.6 Política de responsabilidad social.....	28
1.1.7 Política de calidad	28
1.1.8 Política de ambiente	28
1.1.9 Política de salud ocupacional	28
1.2 Justificación del proyecto	29
1.3 Objetivos	35
1.3.1 Objetivo general	35
1.3.2 Objetivos específicos.....	35
1.4 Alcances y limitaciones	36
1.4.1 Alcances.....	36
1.4.2 Limitaciones	36
1.5 Metodología	37
1.6 Cronograma	41

CAPÍTULO 2

2.Marco teórico	42
2.1 Gas Licuado de Petróleo (GLP)	42
2.1.1 Características.....	42
2.1.2 Usos	47
2.1.3 Riesgos asociados a la manipulación de GLP	49
2.1.4 Legislación aplicable	50

2.2	Evaluación de los sistemas de mantenimiento	51
2.3	Modelo de gestión de mantenimiento	53
2.3.1	Concepto	53
2.3.2	Norma ISO 9001:2008.....	57
2.3.3	Ejemplos de Modelo de Gestión de Mantenimiento	60
2.4	Análisis de los equipos y tipos de mantenimiento	62
2.4.1	Análisis de criticidad	66
2.4.2	Fichas técnicas de equipos	69
2.4.3	Codificación de equipos	70
2.4.4	Tipos de mantenimiento	71
2.5	Sistema de información.....	80
2.5.1	Documentos de mantenimiento	81
2.5.2	Flujograma	82
2.5.3	Sistemas informáticos	83
2.6	Indicadores de mantenimiento	84
CAPÍTULO 3		
3.	Situación actual.....	87
3.1	Análisis cualitativo de cada área.....	89
3.3.2	Requerimientos de las instalaciones según norma NFPA 58:214	92
3.3.3	Expectativas de mantenimiento en la organización	93
3.3.4	Enfoque de gestión de mantenimiento propuesto.....	94
3.3.1	Misión propuesta	94
3.3.2	Visión propuesta.....	94
3.3.3	Objetivos propuestos	95
CAPÍTULO 4		
4.	Modelo de gestión de mantenimiento	96
4.1	Elementos del modelo.....	96
4.1.1	Normas y reglamentos	96
4.1.2	Gas Tomza de Costa Rica	96
4.1.3	Clientes	97

4.1.4	Departamento de mantenimiento	98
4.1.5	Satisfacción	99
4.2	Modelo de gestión de mantenimiento propuesto	100
4.3	Estructura de costos de mantenimiento	102
4.3.1	Costos fijos	103
4.3.2	Costos variables	103
4.3.3	Costos financieros	104
4.3.4	Costos de fallo	104
4.3.5	Costo total de mantenimiento	105
CAPÍTULO 5		
5.	Análisis de los equipos	106
5.1	Lista de equipos	106
5.2	Fichas técnicas	108
5.3	Codificación de equipos	109
5.4	Análisis de criticidad	113
5.4.1	Método del flujograma	113
5.4.2	Diagrama de Pareto	116
5.4.3	Equipos críticos	119
CAPÍTULO 6		
6.	Estrategias de mantenimiento	121
6.1	Descripción de tipos de mantenimiento	123
6.1.1	Modelo programado	123
6.1.2	Mantenimiento legal	124
6.1.3	Mantenimiento subcontratado	125
6.2	Codificación de documentos	125
6.3	Procedimientos	126
6.4	Plan piloto de programa de mantenimiento	127
6.4.1	Rutinas diarias	127
6.4.2	Programas de mantenimiento programado	128
6.5	Requerimientos de mano de obra	130

6.6	Estructura propuesta para el departamento de mantenimiento	132
6.7	Necesidad de capacitación	135
6.8	Gestión de repuestos	135
6.8.1	Clasificación de los repuestos	135
6.8.2	Stock de repuestos	137
CAPÍTULO 7		
7.	Sistema de información	142
7.1	Documentos de mantenimiento	142
7.1.1	Solicitud de trabajo	142
7.1.2	Orden de compra	143
7.1.3	Orden de trabajo (OT)	143
7.1.4	Control de inventario de bodega	143
7.2	Listas de chequeo para control de mantenimiento subcontratado del sistema contra incendio	144
7.3	Flujogramas	144
7.4	Características del software de mantenimiento	145
CAPÍTULO 8		
8.	Propuesta de indicadores	147
8.1	Cuadro de mando integral	147
8.2	Propuesta de indicadores	150
CAPÍTULO 9		
9.	Estrategia de cambio cultural	152
9.1	Propuesta de estrategia de cambio cultural	152
9.2	Costos de implementación de modelo de gestión de mantenimiento	154
9.2.1	Costo anual de mano de obra	154
9.2.2	Costo del stock de repuestos críticos	155
9.2.3	Costo de insumos de rutinas programadas	156
9.2.4	Costo del equipo de protección personal	156
9.2.5	Costo anual de implementación	157
9.3	Beneficios de implementación de modelo de gestión de mantenimiento	160

10. Conclusiones y recomendaciones.....	161
BIBLIOGRAFÍA	163
APÉNDICES	
Apéndice 1. Procedimiento utilizado para análisis de criticidad	166
Apéndice 2. Cálculos para diagrama de Pareto	168
Apéndice 3. Fichas técnicas.....	176
Apéndice 4. Programas de mantenimiento	196
Registro de inspección diaria	196
Rutina de limpieza diaria de andén y alrededores	198
Programa de Mantenimiento Preventivo para Bomba de GLP	199
Programa de Mantenimiento Preventivo para Compresor de GLP	200
Programa de Mantenimiento Preventivo para Compresores Neumáticos.....	201
Programa de Mantenimiento Preventivo de Sistema Contra Incendio	202
Programa de Mantenimiento Preventivo Planta Eléctrica	207
Rutina de calibración de las romanas	209
Programa de Mantenimiento para las Instalaciones	210
Lista de chequeo para supervisión de mantenimiento al sistema contra incendio ...	211
Apéndice 5. Procedimientos para mantenimiento	218
Apéndice 6. Criterios para criticidad de repuestos	221
ANEXOS	
Anexo 1. Criterios de evaluación Norma COVENIN 2500-93	223
Anexo 2. Formato de inspección de instalaciones de GLP (RE-13-P01OPE)	240
Anexo 3. Criterios para evaluar los equipos por el método del flujograma	241
Anexo 4. Cotizaciones de insumos para mantenimiento.....	243
Anexo 5. Formato de Orden de Compra	252

Índice de tablas

Tabla 1. Cantidad de cilindros envasados en cada llenadora por hora	30
Tabla 2. Precio de los cilindros de GLP de 25 lb durante el 2016.....	30
Tabla 3. Precio promedio del GLP por litro durante el 2016	31
Tabla 4. Volumen de las graneleras de la Planta de Cartago	32
Tabla 5. Pérdida por un día de paro en la producción	32
Tabla 6. Metodología	37
Tabla 7. Cronograma de actividades	41
Tabla 8 . Efectos por exposición al GLP y primeros auxilios	49
Tabla 9. Innovaciones en los modelos de gestión de mantenimiento	54
Tabla 10. Etapas de la producción industrial	73
Tabla 11. Cuadro comparativo de los tipos de mantenimiento.....	75
Tabla 12. Modelos de mantenimiento según la criticidad de los equipos.....	79
Tabla 13 . Simbología utilizada en el flujograma.....	82
Tabla 14. Diagnóstico del sistema de mantenimiento según porcentaje global obtenido con la evaluación de la norma COVENIN 2500-93	87
Tabla 15 . Tabla de evaluación del sistema de mantenimiento de Gas Tomza	88
Tabla 16. Descripción del cumplimiento de las instalaciones de la planta de Cartago de Gas Tomza según los requerimientos de la norma NFPA 58:2014	92
Tabla 17. Lista de equipos de Gas Tomza de Costa Rica S. A. Planta de Cartago	106
Tabla 18. Clasificación de la información para las fichas técnicas.....	108
Tabla 19 . Codificación de plantas	110
Tabla 20. Codificación de áreas.....	110

Tabla 21. Codificación de equipos	110
Tabla 22 . Codificación propuesta.....	111
Tabla 23. Resultados del análisis de criticidad	115
Tabla 24. Costo total asociado a cada equipo para diagrama de Pareto.....	117
Tabla 25. Requerimientos de mano de obra	130
Tabla 26. Especialidades que deben tener los colaboradores de mantenimiento ...	133
Tabla 27. Clasificación de los repuestos.....	136
Tabla 28. Clasificación de los repuestos.....	140
Tabla 29. Stock de repuestos.....	141
Tabla 30. Cuadro de Mando Integral aplicado al departamento de Mantenimiento de Gas Tomza de Costa Rica S. A.	149
Tabla 31. Propuesta de estrategia de cambio cultural en los diferentes niveles de la organización.....	152
Tabla 32. Costo de la estructura organizacional propuesta	155
Tabla 33. Costo del stock de repuestos	155
Tabla 34. Insumos requeridos anualmente para las rutinas programadas.....	156
Tabla 35.. Costo de equipo de protección personal para colaboradores de mantenimiento.....	157
Tabla 36. Ingresos totales durante el 2016	158
Tabla 37. Resumen de entrevista realizada al técnico Josué Saldaña para análisis de criticidad.....	166
Tabla 38. Clasificación de los equipos en la categoría de fiabilidad	167
Tabla 39. Especificación de repuestos.....	168
Tabla 40. Costo de repuestos anual por cada equipo.....	169

Tabla 41. Estimación de tiempo de paro por intervención de cada equipo	170
Tabla 42. Salario de los colaboradores de mantenimiento y de operaciones	171
Tabla 43. Estimación de costo de mano de obra de mantenimiento por cada equipo	171
Tabla 44. Estimación de pérdidas de producción ante una falla	173
Tabla 45. Pérdidas de mano de obra de personal de operaciones asociadas a fallas en cada equipo.....	174
Tabla 46. Estimación de costos de mantenimiento anuales asociados a cada equipo	175
Tabla 47. Criterios para definir el stock de repuestos	221

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de descarga de cisterna al tanque principal	20
Figura 2 . Cadena de abastecimiento de cilindros	21
Figura 3. Cadena de abastecimiento a granel.....	21
Figura 4. Flujograma de llenado de cilindros	24
Figura 5. Flujograma de llenado de graneleras.....	25
Figura 6 . Organigrama de Gas Tomza de Costa Rica S. A.....	26
Figura 7. Organigrama de Gas Tomza, Planta Cartago.....	27
Figura 8 . Diagrama de fases del propano	43
Figura 9 . Diagrama de fases del propano	45
Figura 10 . Relación Presión - Temperatura para gases licuados.....	47
Figura 11. Modelo de gestión basado en procesos.....	58
Figura 12 . Modelo de gestión de mantenimiento basado en la norma ISO 9001:2000	60
Figura 13 . Modelo integral de gestión de mantenimiento.....	62
Figura 14 . Objetivos según la jerarquía organizacional	64
Figura 15 .Modelo de gestión de mantenimiento propuesto por Parra & Crespo (2012)	65
Figura 16. Principio de Pareto.....	68
Figura 17 . Componentes de sistema para codificación significativa	71
Figura 18 . Evolución del mantenimiento	74
Figura 19. Comparación de la actuación de los tipos de mantenimiento en el tiempo	77

Figura 20. Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto (basado en ISO 9001:2008).....	100
Figura 21 . Costos de mantenimiento	102
Figura 22 . Codificación propuesta.....	111
Figura 23. Método el flujograma para análisis de criticidad	114
Figura 24. Flujograma para selección del modelo de mantenimiento según la criticidad de los equipos	122
Figura 25. Estructura de codificación de documentos.....	126
Figura 26. Formato de encabezado para planes de mantenimiento	129
Figura 27. Estructura organizacional propuesta.....	132
Figura 28. Flujograma para establecer la criticidad de los repuestos	138

Resumen

Se propone un sistema de gestión de mantenimiento para la planta de Cartago de Gas Tomza para conocer el impacto del mantenimiento en la organización. Inicialmente se muestra un análisis de la situación actual, luego se define el enfoque de gestión mediante el modelo de gestión de mantenimiento basado en la norma ISO 9001:2008 y se caracterizan los equipos. Posteriormente, se hace un análisis de criticidad de los equipos y se plantea un plan piloto de mantenimiento preventivo para los equipos críticos en el proceso productivo, que incluye las rutinas y procedimientos que deben seguirse, así como los requerimientos de mano de obra. La gestión propuesta debe controlarse mediante un sistema de información, que será la fuente principal de datos para la toma de decisiones. La eficiencia de la gestión será medida por medio de un sistema de indicadores. También se incluirá una estrategia de cambio cultural para implementar la propuesta.

El desarrollo del sistema de gestión se basará en fuentes bibliográficas y en las normativas aplicables, tanto para el tipo de proceso productivo como para las estrategias de mantenimiento.

Palabras claves: modelo de gestión de mantenimiento, mantenimiento preventivo, sistema de información, indicadores

Abstract

A maintenance management system is proposed for the Plant in Cartago of Gas Tomza de Costa Rica S. A., to know the impact of maintenance on the organization. Initially an analysis of the current situation is shown then the management approach is defined by the maintenance management model based on the ISO 9001:2008 standard and the equipment is characterized. Subsequently, a criticality analysis of the equipment is made and a pilot plan of preventive maintenance for the critical equipment in the production process is proposed, which includes the routines and procedures that must be followed, as well as the manpower requirements. The proposed management should be controlled through an information system, which will be the main source of data for decision making. The efficiency of the management will be measured by means of a system of indicators. It will also include a cultural change strategy to implement the proposal.

The development of the management system will be based on bibliographic sources and applicable regulations, both for the type of production process and for maintenance strategies, such as NFPA 58 and Decree no. 28622.

Keywords: model of maintenance management, preventive maintenance, information system, indicators

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Identificación de la empresa

1.1.1 Generalidades

Grupo Tomza es un conglomerado de empresas de capital 100% mexicano, con más de 40 años de experiencia, con presencia en varios estados de la República Mexicana y el extranjero: Guatemala, El Salvador, Honduras y en Costa Rica como Gas TOMZA de Costa Rica S.A.

Es una organización dedicada, desde hace más de 50 años, a la comercialización, distribución, almacenamiento y transporte de GLP. La sólida infraestructura y experiencia le permiten garantizar el suministro oportuno a sus clientes y cuenta con más de 80 plantas de almacenamiento, con una flotilla moderna de más de 2000 unidades de reparto, dos terminales marítimas, 250 unidades de transporte para la importación y traslado de GLP a las plantas y más de 10 000 personas comprometidas con la calidad del servicio.

Visión

Ser el grupo líder del mercado nacional y centroamericano en la importación, almacenamiento, transportación, distribución y venta de gas L. P., altamente competitivo, con talento humano capacitado y socialmente responsable, con participación creciente en el mercado internacional, afianzarnos con rentabilidad en los sectores industrial, doméstico y comercial mediante altos estándares de seguridad orientando nuestros esfuerzos hacia una mejora continua para lograr el liderazgo y el crecimiento de la corporación

Misión

Abastecer, proveer y satisfacer permanentemente las necesidades energéticas de nuestros clientes en el suministro de gas L. P. cumpliendo sus requerimientos y expectativas en términos de oportunidad, amabilidad y exactitud, de una manera eficiente, eficaz y transparente, brindando al mercado doméstico, industrial y comercial, un servicio continuo y de calidad, a través del compromiso y esfuerzo de nuestro recurso humano, ofreciendo las mejores condiciones de seguridad y protección del medio ambiente

1.1.2 Antecedentes históricos

Inició las operaciones en Costa Rica en el 2010, cuando compró la Planta de Total Gas, en Cartago, un año después adquirió la Planta de Super Gas, en Alajuela y en julio de 2016 se dio la apertura de la tercera planta en nuestro país, ubicada en La Cruz, Guanacaste.

1.1.3 Proceso productivo

En nuestro país el ente encargado de distribuir el Gas Licuado de Petróleo (GLP), es RECOPE, en el plantel de Moín, por lo que debe trasladarse el GLP por medio de cisternas articulados desde este plantel. La planta de Cartago de Gas Tomza es una planta envasadora, es decir, recibe el GLP que traen los camiones cisternas articulados y lo mantiene en un tanque estacionario mientras se da el proceso de llenado de cilindros y de llenado de camiones de tanque para granel, que abastecen de gas a los tanques estacionarios que pertenecen a la compañía. En cuanto a los cilindros, está vigente el llenado universal, por lo que se envasa el gas aunque los cilindros no pertenezcan a la compañía, únicamente se devuelven a la competencia cuando están dañados.

El precio de venta del GLP es regulado por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP), los precios autorizados comienzan a regir luego de ser publicados en el periódico La Gaceta.

Para trasegar el GLP desde el camión cisterna que lo transporta desde Moín hasta el tanque estacionario en la planta, se utiliza el compresor mediante una conexión de tuberías y mangueras que se encuentran en la planta, donde deben conectarse dos líneas, una de vapor y una de líquido. El compresor extrae el vapor que tiene almacenado el tanque estacionario de la empresa, para introducirlo en el tanque cisterna, de esta forma se aumenta la presión de la fase gaseosa en el camión cisterna y el GLP, en estado líquido, fluye hasta el tanque estacionario por la diferencia de presión que genera el vapor mediante el compresor. Existe un procedimiento que los operarios deben cumplir cuando se descargan los tanques cisternas y está ubicado en la zona destinada a este fin, los pasos que indican se detallan en la siguiente figura.

PROCEDIMIENTO DE DESCARGA DE CISTERNA AL TANQUE PRINCIPAL

1. Verificar que no hay celulares, beeper, radios encendidos en un radio de 10 metros.
2. Verificar, mediante el rotogage, la cantidad de gas que trae la cisterna y compararlo con la factura de RECOPE y anotarlo en el "Inventario diario G.L.P."
3. Verificar, mediante el flotador y rotogage, el porcentaje de líquido del tanque principal y anotarlo en el "Inventario diario G.L.P."
4. Verificar que las válvulas VT 4 y VT-2 del tanque principal se encuentran abiertas.
5. Verificar que las válvulas VC-7, VC-8 y VC-9 en la tubería deapor y las VC-1, VC-4 y VC-6 en la de líquido se encuentran abiertas (en el compresor)
6. Verificar que las válvulas VC-2, VC-3 y VC-5 en la tubería de líquido se encuentren cerradas (en el compresor).
7. La válvula VC-11 debe estar en la posición 1.
8. Verificar que el cisterna se encuentra apagado y calzado.
9. Conectar la tierra al cisterna.
10. Verificar que los marchamos se encuentran en buen estado y están colocados correctamente.
11. Purgar las tuberías de vapor y de líquido del cisterna.
12. Quitar los tapones de las tuberías y conectar las mangueras de líquido y la de vapor.
13. Abrir las escotillas del cisterna.
14. Abrir las válvulas de líquido y de vapor del cisterna.
15. Abrir las válvulas de líquido y de vapor de las mangueras.
16. Encender el compresor.
17. Verificar periódicamente durante la descarga, mediante el rotogage, la cantidad de líquido del cisterna.
18. Una vez finalizada la descarga (verificar con el rotogage), apagar el compresor.
19. Cerrar las escotillas del cisterna.
20. Cerrar las válvulas de las mangueras, tanto la de líquido como la de vapor.
21. Cerrar las válvulas de líquido y vapor del cisterna.
22. Purgar la tubería de vapor y de líquido del cisterna.
23. Desacoplar las mangueras y colocarlas en sus respectivos soportes.
24. Poner los tapones a las tuberías del cisterna.
25. Desconectar la tierra.
26. Verificar, mediante el flotador y rotogage, el porcentaje de líquido del tanque principal y anotarlo en el "Inventario diario de G.L.P."

Figura 1. Procedimiento de descarga de cisterna al tanque principal

Fuente: Gas Tomza de Costa Rica S. A.

Las cadenas de abastecimiento de cilindros y a granel se describen en las siguientes figuras.

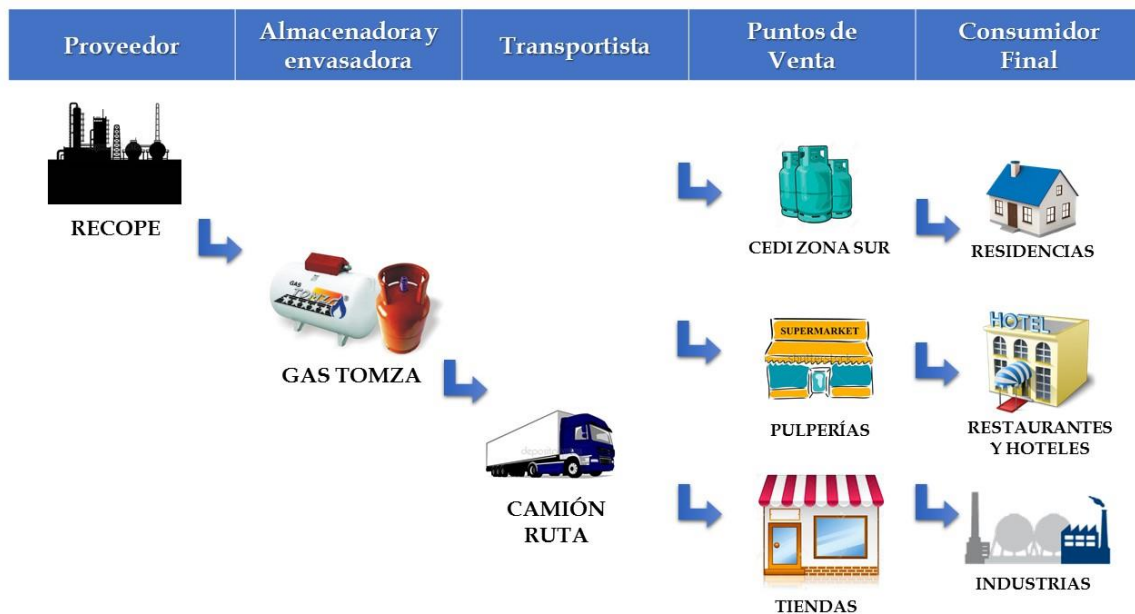


Figura 2 . Cadena de abastecimiento de cilindros

Fuente: adaptado de: Herrera & Becerra

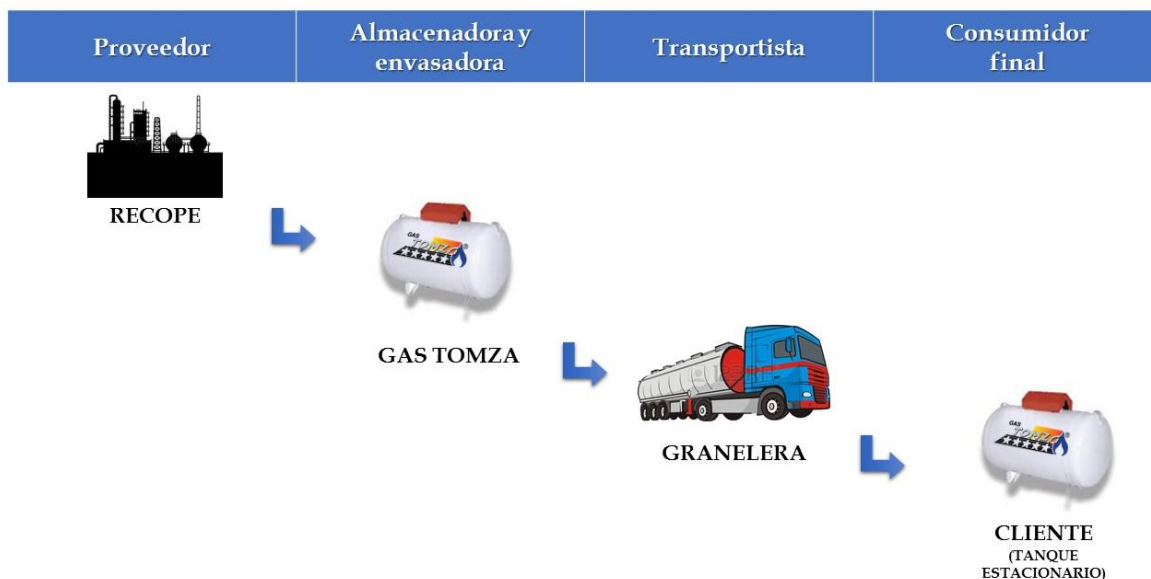


Figura 3. Cadena de abastecimiento a granel

Fuente: adaptado de: Herrera & Becerra

Según sea el consumidor final, el envasado de GLP se da de dos formas distintas, una para los cilindros y otra para los camiones graneleros. Para la primera de ellas, se trasiega, mediante una bomba, el GLP almacenado en el tanque estacionario hasta el manifold ubicado en el andén, los cilindros se llenan mediante válvulas de accionamiento mecánico o mediante válvulas automáticas de accionamiento neumático, luego de que los cilindros pasen por un proceso de conteo y verificación del estado. La capacidad de los cilindros varía según la tara y se llena con 11,3 lb de gas, la tara está indicada en la corona del cilindro y la suma de esta y el gas a llenar es la que se indica en la balanza del andén, por la estandarización en estas medidas se garantiza que no se llena más del 80% del volumen del cilindro para que exista espacio suficiente para el vapor que se produce ante los cambios de presión y temperatura y así, evitar que se accione la válvula de seguridad de los cilindros. El cilindro se compone de tres partes: base, cuerpo y corona, se desecha si tiene una fisura en el cuerpo o un daño en la base o la corona, únicamente se repara cuando la válvula está dañada o el retenedor, conocido como o-ring, está en mal estado.

Para el llenado de camiones cisterna o tanque, también conocido como granelera, se trasiega el GLP desde el tanque estacionario por medio de la bomba. Ambos procesos se detallan en los flujogramas respectivos.

Algunos de los controles que se tienen en el proceso de envasado de cilindros son: conteo físico de cilindros vacíos y llenos, registro del número de cilindros llenados, cotejo de boleta de remesas y conteo físico y verificación de carga del camión. Para este proceso también se utilizan documentos de control: boleta de remesas, liquidación diaria de ruta, reporte diario de compras de gas en cilindros y formularios como: cuadro de equivalencias, hojas de control de calidad y formulario de no conformidad.

Para el proceso de envasado de cilindros, los colaboradores (llenadores) laboran en tres turnos, que son:

- a. De 6:00 a 14:00
- b. De 14:00 a 21:00
- c. De 21:00 hasta terminar.

Durante el primer turno, se envasan pocos cilindros, porque es el tiempo en el que los camiones, conocidos como camiones de ruta, llevan a los diferentes puntos de venta los cilindros llenos y a su vez, recogen los cilindros vacíos. Por esta razón, es en el turno de la tarde cuando comienza a existir mayor actividad productiva, cuando los camiones de ruta comienzan a llegar a la planta y la mayor actividad productiva se da en horas de la noche, los camiones deben estar cargados para salir en la mañana. También dentro de este proceso de envasado de cilindros, se recibe a clientes que llevan el cilindro hasta la planta, este servicio se brinda dentro de un horario de atención al público de 9:00 a. m. a 12:00 m. d., mientras no se esté efectuando alguna auditoría, de igual forma, se envasa a distribuidores independientes, quienes llevan los cilindros en camión propio hasta la planta.

El canal granel es independiente al envasado de cilindros, cuenta con otra dirección y controles distintos. Los técnicos encargados de instalar tanques estacionarios, no poseen una bodega independiente y almacenan todos los componentes de la tubería en el llamado Local Técnico, que pertenece a los técnicos dedicados al mantenimiento en la planta.

También dentro de la planta se encuentra un taller mecánico que repara tanto los camiones de ruta como las graneleras, pero también cuenta con una administración independiente a la del departamento de operaciones.

Los colaboradores, que no son llenadores, tienen un horario de 8:00 a 17:00, es decir, el personal administrativo, así como el técnico, labora en este horario, pero si existe alguna avería se deben quedar hasta terminar.

CAMIONES	INVENTARIO	PRODUCCIÓN
1	2	3

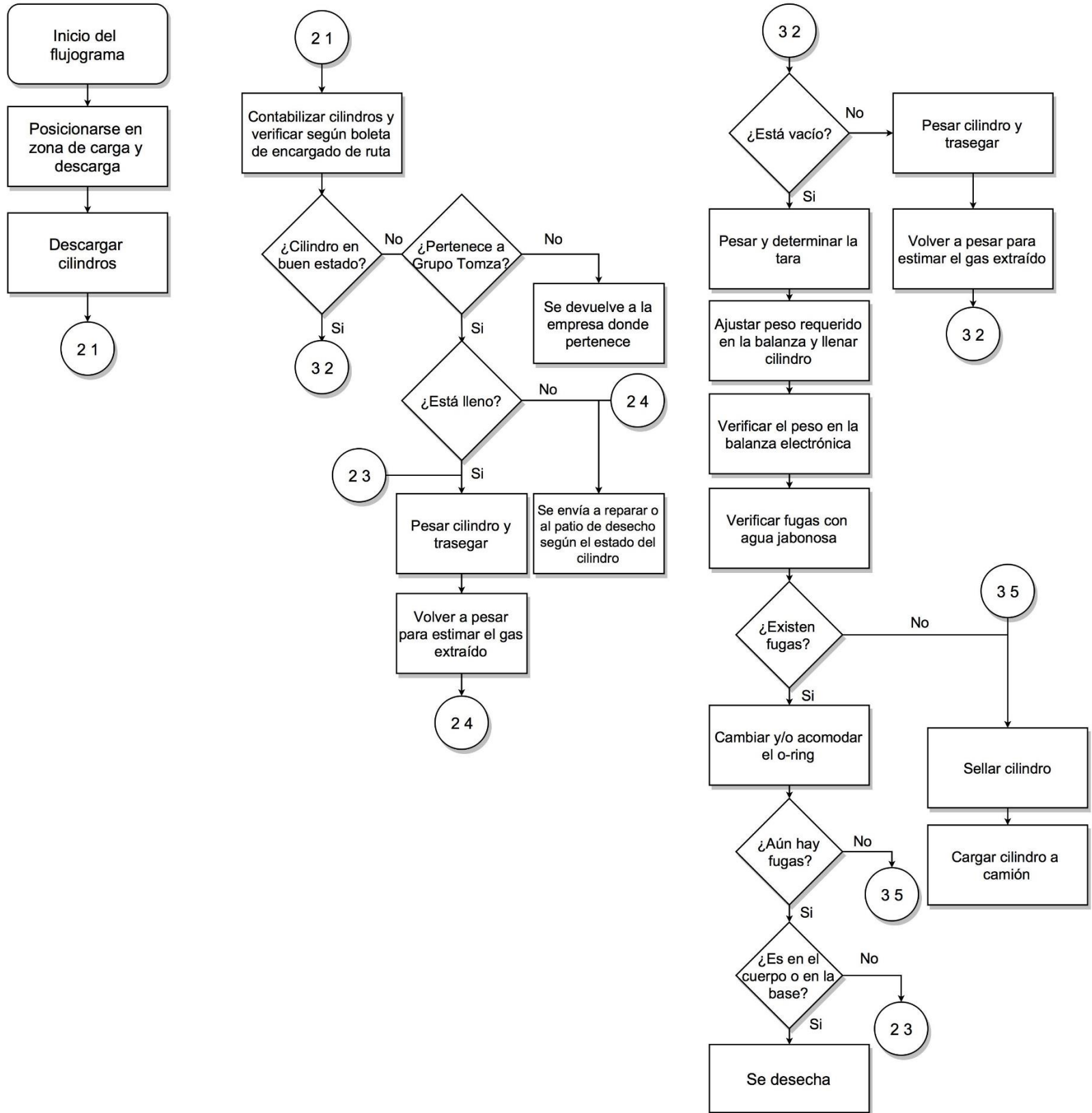


Figura 4. Flujograma de llenado de cilindros

Fuente: elaboración propia (draw.io)

Flujograma de proceso Llenado de Camiones (Graneleras)

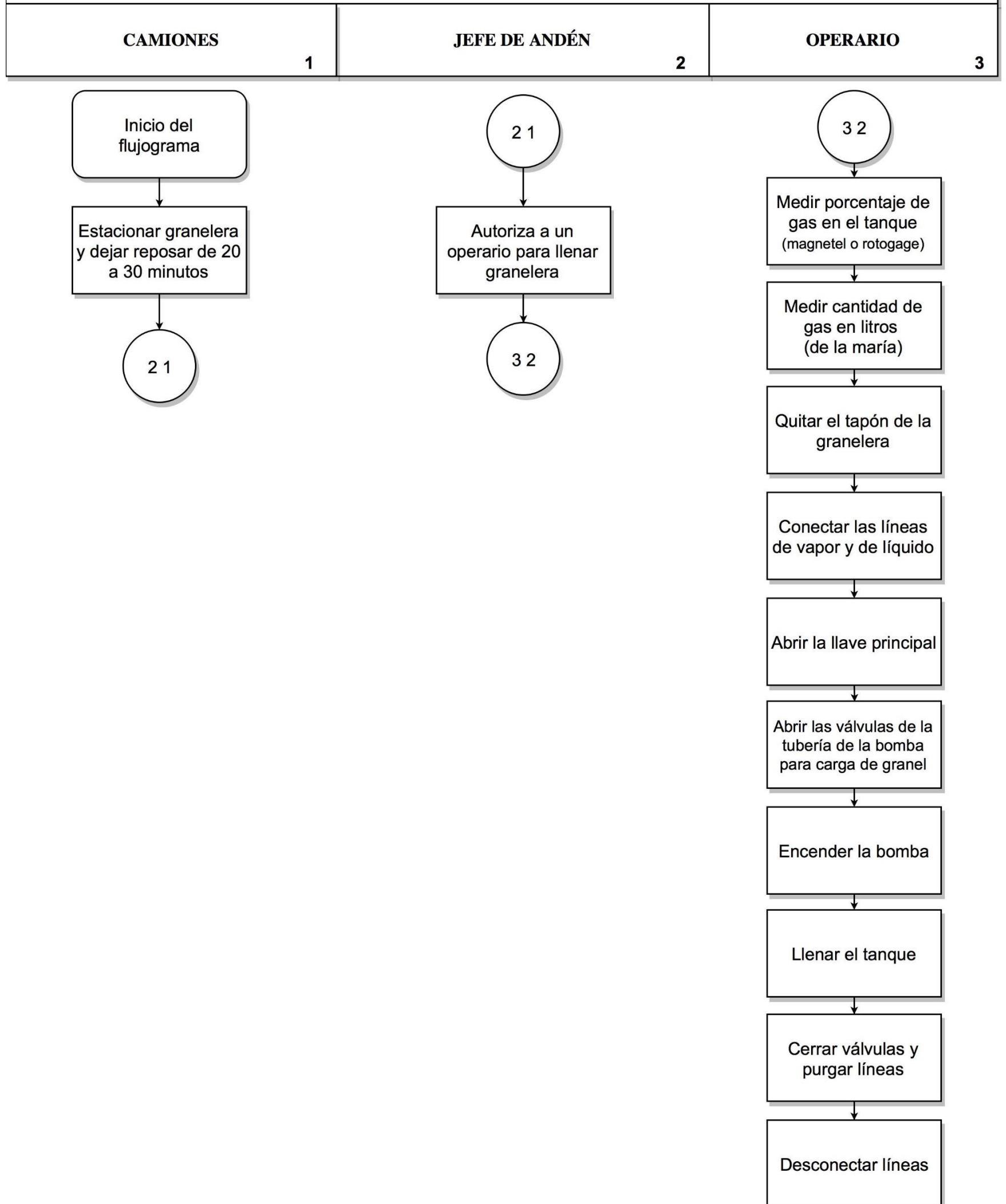


Figura 5. Flujograma de llenado de graneleras

Fuente: elaboración propia (draw.io)

En ambos flujogramas no se describe el flujo de los documentos utilizados para control del proceso porque el objetivo de éstos es mostrar las etapas en las que se realiza el envasado del GLP.

1.1.4 Organigrama general

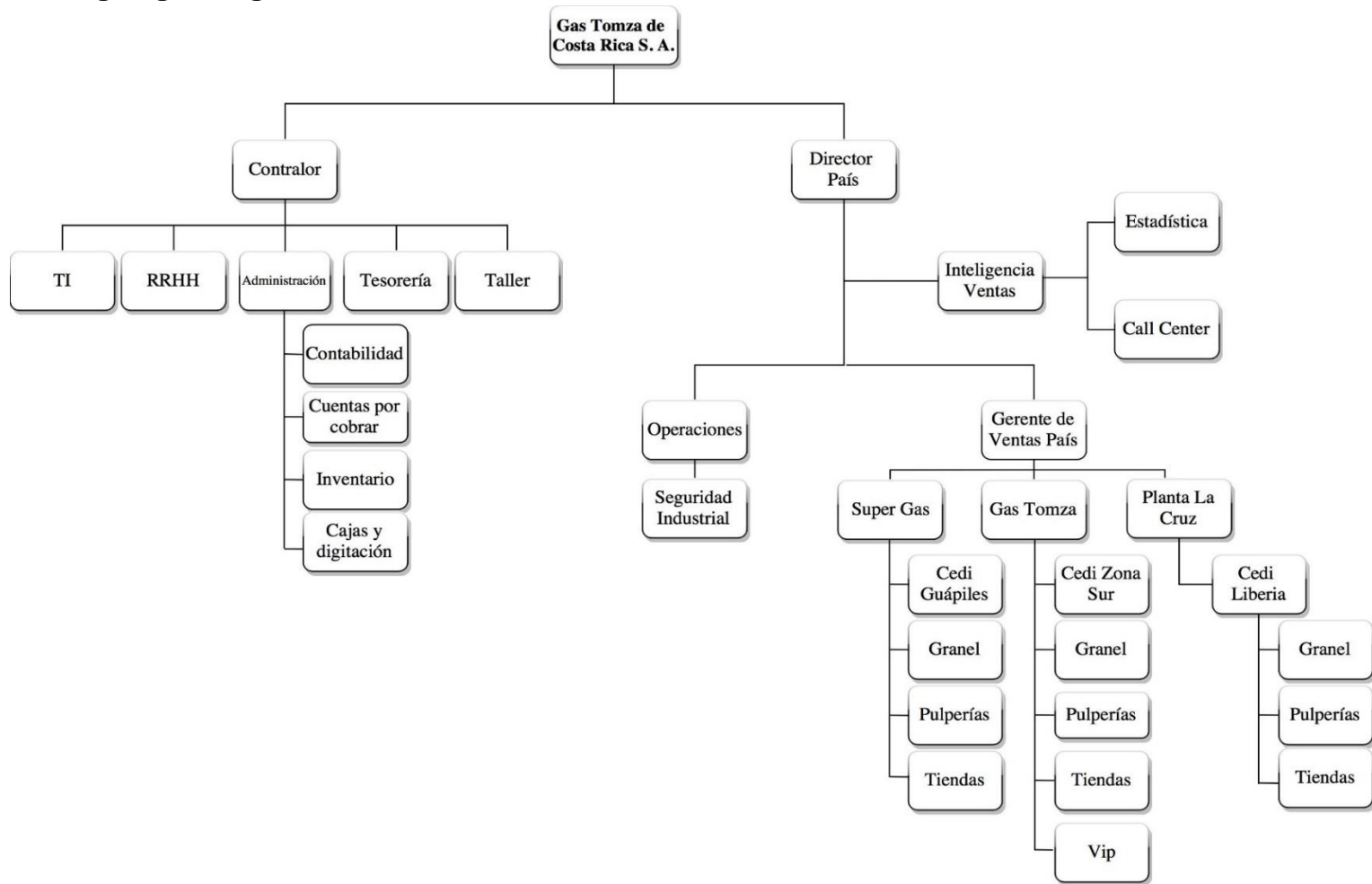


Figura 6 . Organigrama de Gas Tomza de Costa Rica S. A.

Fuente: elaboración propia (draw.io)

1.1.5 Organigrama Planta Cartago

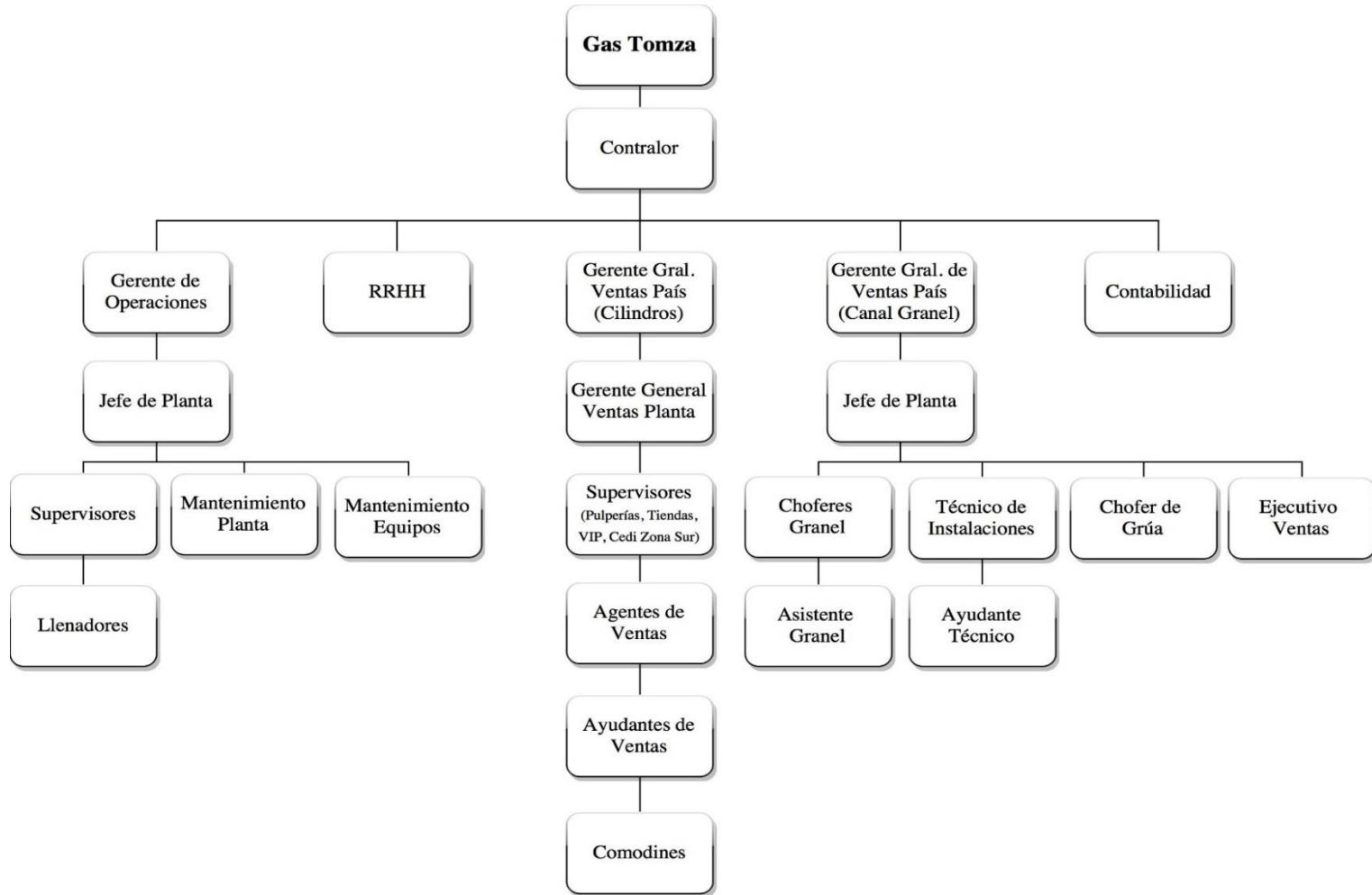


Figura 7. Organigrama de Gas Tomza, Planta Cartago
 Fuente: elaboración propia (draw.io)

1.1.6 Política de responsabilidad social

Gas Tomza reconoce que la responsabilidad social va de la mano con el cumplimiento de las políticas de Salud Ocupacional, las políticas de Ambiente y de Ética, a favor de la calidad de vida, el equilibrio medioambiental y el respeto a los derechos humanos, de los trabajadores, sus familias, clientes y la comunidad en general. El objetivo es desarrollar negocios productivos que respondan al interés de grupos relacionados y sirvan a la vez para apoyar al desarrollo del país, buscando maximizar la productividad de los recursos y minimizar los residuos y emisiones al ambiente.

1.1.7 Política de calidad

Gas Tomza de Costa Rica se compromete a ser líder en la industria del gas L. P., aprovechando la experiencia y los conocimientos de la organización, comprometida con sus clientes, con un enfoque de calidad en el servicio e incorporando tecnologías de vanguardia mediante un proceso de mejoramiento continuo.

1.1.8 Política de ambiente

Gas Tomza de Costa Rica, una empresa que provee gas L.P., se compromete a hacer que su funcionamiento interno refleje su razón de ser: proveer una de las energías limpias a los consumidores nacionales, contribuyendo a mejorar la calidad de vida en concordancia a la protección del medio ambiente.

1.1.9 Política de salud ocupacional

Para la empresa Gas Tomza, la salud y la seguridad forman parte de la naturaleza misma del trabajo y por lo tanto son conceptos inherentes a todos los procesos operativos y como tal deben formar parte de la planeación y diseño de los trabajos que se realizan, para evitar al máximo las situaciones de riesgo que puedan afectar a las personas, los equipos y las instalaciones.

1.2 Justificación del proyecto

Gas Tomza de Costa Rica S. A. actualmente no cuenta con un departamento de mantenimiento, cuando surge una falla es solucionada por el técnico, quien pertenece al departamento de operaciones. Debido a que no existe una gestión del mantenimiento, no se cuenta con un historial de fallas porque no se tiene registro alguno para el mantenimiento, tampoco existen rutinas programadas para los equipos de la planta ni procedimientos documentados. Tampoco es posible cuantificar el impacto que tienen las actividades de mantenimiento correctivo, que se han realizado hasta el momento porque no se cuantifican los costos que conlleva el mantenimiento correctivo aplicado hasta el momento. Los insumos adquiridos se registran solo como transacciones en el departamento contable, por lo que no se conoce a qué tipo de gasto se refiere, solo se conoce que son gastos asociados a la planta, que no solo incluyen a los de mantenimiento.

La situación actual de la organización acarrea muchas consecuencias, aunque no se ha cuantificado el impacto. Por un lado, al no existir un stock de repuestos, ante una falla el técnico debe trasladarse hasta los comercios que distribuyen los insumos que requiere para las reparaciones. En caso de que el equipo sea crítico y cuando está falla detiene la producción, el tiempo de paro es aún mayor porque no se cuenta con los repuestos en la planta. Para estimar los costos de paro por hora inicialmente se mostrará el número de cilindros llenados por hora, este estudio fue realizado por la Ing. Lady Ramírez, encargada del proceso, se consideran solo cilindros de 25 lb, aunque se envasan en otras capacidades, el mayor porcentaje de cilindros envasados son de este peso. Para calcular el costo de un día de paro, se tomará el precio promedio del cilindro de 25 lb, dado por la ARESEP durante todos los meses del año anterior.

Tabla 1. Cantidad de cilindros envasados en cada llenadora por hora

Llenadora	Cantidad de cilindros por hora
PC-03-LM-01	21
PC-03-LM-02	20
PC-03-LM-03	24
PC-03-LM-04	26
PC-03-LM-05	38
PC-03-LM-06	22
PC-03-LM-07	28
PC-03-LM-08	28
PC-03-LA-01	46
PC-03-LA-02	34
PC-03-LA-04	30

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Precio de los cilindros de GLP de 25 lb durante el 2016

Mes	Precio (¢)
Enero	4 012.00
Febrero	4 009.00
Marzo	3 609.00
Abril	3 835.00
Mayo	3 797.00
Junio	4 062.00
Julio	4 121.00
Agosto	4 183.00
Setiembre	3 892.00
Octubre	4 040.00
Noviembre	4 045.00
Diciembre	4 045.00
Precio promedio	3 970.83

Fuente: elaboración propia

La discrepancia entre las cantidades de cilindros envasados por cada llenadora por hora, obedece a la caída de presión en la línea, que es proporcional a la longitud de la tubería, también si se llenan cilindros y camiones tanque, graneleras, el envasado por hora es menor, pero el estudio no contempló estas variables.

Aunado al envasado de cilindros, también se envasa GLP en las graneleras, que suministran los tanques estacionarios que pertenecen a la compañía y están instalados en los comercios. El precio de venta de GLP por litro es diferente, de forma análoga, se hará un promedio del precio por litro que tuvo el GLP durante todos los meses del año anterior.

Tabla 3. Precio promedio del GLP por litro durante el 2016

Mes	Precio por litro (¢)
Enero	187.460
Febrero	187.460
Marzo	187.357
Abril	179.187
Mayo	177.421
Junio	189.806
Julio	192.576
Agosto	195.585
Setiembre	181.883
Octubre	188.764
Noviembre	188.764
Diciembre	204.255
Precio promedio	188.376

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Volumen de las graneleras de la Planta de Cartago

Unidad	Volumen (l)
03	13 500.00
08	12 500.00
07	13 500.00
12	20 500.00

Fuente: elaboración propia

Por medio de los datos anteriores se puede estimar la pérdida en la producción producto de un día de paro, ya que las graneleras se llenan todos los días en la mañana y el envasado de cilindros en la mañana es muy poco, ya que es cuando se da el envasado al cliente o se envasan los cilindros que son transportados hasta los centros de distribución (CEDIS) de Pérez Zeledón y Guápiles. Para hacer la estimación se tomarán en cuenta el lapso del turno de la tarde el cual comienza a partir de las 14:00 horas hasta las 5:00 de la mañana del día siguiente, por lo que el lapso comprende 15 horas de producción, la cantidad de cilindros envasada por hora es 317 cilindros, en 15 horas la cantidad será de 4755 cilindros. En la siguiente tabla se muestra el ingreso promedio que se obtiene por la venta de gas en cilindros y por la venta en litros a granel.

Tabla 5. Pérdida por un día de paro en la producción

Tipo de venta	Ingreso por día (¢)
Cilindros	18 881 296.65
Granel	11 302 583.66
TOTAL	30 183 880.31

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la norma NFPA 58: 2014, Código del Gas Licuado de Petróleo, especifica en el capítulo 14:

14.3.2 Manuales de Mantenimiento

14.3.2.1 Ubicación de Manuales

(A) Los manuales de mantenimiento de todos los equipos de la instalación atendida se deben mantener en las instalaciones y deben estar disponibles para el personal de mantenimiento. (...)

14.3.2.2 Los manuales de mantenimiento deben incluir inspecciones de rutina, y procedimientos y programas de mantenimiento preventivo.

14.3.2.3 Registro del Mantenimiento.

(A) Todas las instalaciones deben conservar un registro de todos los trabajos de mantenimiento de equipos fijos utilizados para almacenar y trasegar Gas-LP. (...)

14.3.2.4 Los registros de mantenimiento deben estar disponibles para la autoridad competente durante el horario normal de oficina.

14.3.2.5 Los registros de mantenimiento se deben conservar durante la vida útil del equipo.

De acuerdo con esta cita, el mantenimiento de la planta debe cumplir con procedimientos y debe estar programado de acuerdo con rutinas preventivas. Además, todas las intervenciones realizadas a los equipos que almacenan o trasegan GLP se deben documentar y los registros deben mantenerse disponibles para las autoridades reguladores y conservarse durante toda la vida útil del equipo. Esto no se cumple actualmente, en la planta no existen especificaciones de los equipos, registros de intervenciones ni los documentos que componen los manuales de mantenimiento.

También es importante considerar la peligrosidad del GLP, de acuerdo con la Hoja de Seguridad dada por RECOPE Si el GLP se inhala es asfixiante, reduce la concentración de oxígeno y si entra en contacto con los ojos o la piel produce irritación y quemaduras. En caso de presentarse una fuga existe un alto peligro de incendio y explosión por ser el GLP una sustancia inflamable; en una capacitación impartida por el bombero Alex Chacón, se explicó que, en caso de presentarse una emergencia, el radio de la bola de fuego se calcula mediante la ecuación:

$$R = 3\sqrt[3]{0.4l}$$

Donde l representa el volumen en litros del tanque principal, que corresponde a 230 000 l, por lo que el radio de la bola de fuego es de 135 m, el de la onda expansiva es mayor a un kilómetro y se propagaría en solo unos segundos. Al ser los radios muy grandes, alcanzaría a las otras plantas envasadoras que se encuentran cerca, además la gasolinera y otros comercios que manejan sustancias químicas.

Por esta razón es necesario que el personal esté capacitado y que se tengan procedimientos para evitar que se realice una condición insegura que desencadene una emergencia.

El proyecto desarrollará una propuesta para la gestión de diferentes aspectos relacionados con el mantenimiento, que tienen como objetivo disminuir las pérdidas de producción debidas a la falta de disponibilidad de las instalaciones, mediante una adecuada programación de actividades y la existencia de un stock de repuestos, que, como más adelante se mostrará, algunos repuestos tienen plazos de entrega de hasta ocho semanas. También es necesario cumplir con las normativas que rigen el proceso productivo para asegurar los parámetros de calidad que estén asociados al mantenimiento y mantener condiciones de operación seguras, de forma que los colaboradores realicen las actividades de forma segura y que también garantice la seguridad a las organizaciones aledañas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Estructurar un sistema de gestión de mantenimiento que permita a la organización cumplir su misión y objetivos organizacionales.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Distinguir el enfoque de gestión que la empresa tiene actualmente a través del diagnóstico del mantenimiento.
2. Establecer las características del enfoque de gestión por medio del diseño del modelo de gestión de mantenimiento.
3. Escoger las estrategias de mantenimiento que deben aplicarse para cumplir los objetivos de la organización.
4. Diseñar el sistema de información para llevar a cabo la gestión del mantenimiento.
5. Determinar los indicadores clave de desempeño para evaluar la gestión del mantenimiento a través del Balanced Scorecard.
6. Diseñar una estrategia de cambio cultural para la implementación del modelo de gestión de mantenimiento propuesto.

1.4 Alcances y limitaciones

1.4.1 Alcances

1. Analizar la situación actual de la empresa en lo relativo al mantenimiento de los equipos relacionados con el envasado de cilindros y llenados de camiones tanque o graneleras que pertenecen a la planta de Cartago de Gas Tomza de Costa Rica S. A., en la gestión propuesta no se incluirá al taller automotriz que está dentro de la planta, tampoco se incluirá el mantenimiento de los camiones de rutas, que son las unidades que transportan cilindros, ni de los camiones tanque o graneleras. El estudio de la situación actual no incluye la verificación del cumplimiento de los requerimientos dados por la norma NFPA 58:2014 y el Decreto no. 28622 del MINAE.
2. Dar el enfoque de gestión de mantenimiento, para organizar y controlar los recursos, de forma que se pueda conocer el impacto económico que tiene el mantenimiento en la organización.
3. Plantear rutinas de mantenimiento, para inspecciones y para mantenimiento preventivo de los equipos críticos, para reducir gradualmente el mantenimiento correctivo. Además, algunas rutinas de limpieza y de mantenimiento de las instalaciones de la planta.

1.4.2 Limitaciones

1. En la organización no se cuenta con un historial de fallas, por lo que no se han determinado las causas de las fallas ni se han cuantificado los tiempos de paros ni el costo del mantenimiento correctivo que se realiza actualmente.
2. El procedimiento utilizado para registrar los gastos no permite identificar cuáles gastos corresponden a compras de repuestos o insumos requeridos para mantenimiento, por lo que no se puede calcular cuánto se ha invertido en costos variables.
3. Las inspecciones no se tienen documentadas, tampoco existen registros de las actividades relacionadas al mantenimiento, por lo que no hay ninguna fuente de datos para establecer una comparación entre la situación actual y la propuesta.

1.5 Metodología

Tabla 6. Metodología

Objetivo específico	Actividades	Producto
1. Distinguir el enfoque de gestión que la empresa tiene actualmente a través del diagnóstico del mantenimiento.	1.1.Revisar la normativa aplicable para diagnosticar el mantenimiento. 1.2.Evaluar la función del mantenimiento actual. 1.3.Determinar las expectativas de mantenimiento en la organización.	Diagnóstico de la función de mantenimiento de acuerdo con los requerimientos del proceso productivo y las necesidades de la organización.
2. Establecer las características del enfoque de gestión por medio del diseño del modelo de gestión de mantenimiento.	2.1.Revisar la normativa aplicable al diseño de modelos de gestión (ISO 9001). 2.2.Identificar los elementos que influyen o se relacionan con la gestión del mantenimiento. 2.3.Justificar la presencia de cada elemento en el modelo. 2.4.Establecer las relaciones entre cada elemento del modelo. 2.5.Describir la estructura de costos de mantenimiento.	Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento.

<p>3. Escoger las estrategias de mantenimiento que deben aplicarse para cumplir los objetivos de la organización.</p>	<p>3.1. Análisis de criticidad para identificar los equipos más críticos.</p> <p>3.2. Diagrama de Pareto para identificar cuáles equipos tienen mayor impacto en los costos de mantenimiento.</p> <p>3.3. Evaluar las estrategias de mantenimiento y seleccionar las que se ajusten a los requerimientos del proceso productivo.</p> <p>3.4. Elaborar un plan piloto para describir las actividades de mantenimiento.</p> <p>3.5. Calcular la mano de obra requerida para implementar el plan piloto.</p> <p>3.6. Describir la estructura del departamento de mantenimiento y las competencias que deben poseer los colaboradores.</p> <p>3.7. Evaluar la necesidad de capacitación.</p>	<p>Plan piloto de mantenimiento ajustado a las necesidades de la empresa.</p>
---	--	---

<p>4. Diseñar el sistema de información para llevar a cabo la gestión del mantenimiento.</p>	<p>4.1.Elaborar los documentos para llevar a cabo la gestión del mantenimiento. 4.2.Establecer los procedimientos de mantenimiento mediante flujogramas. 4.3.Adaptar un sistema de codificación. 4.4.Especificar las características del software de mantenimiento que la empresa requiere. 4.5.Estimar la cantidad de repuestos mínimos necesarios.</p>	<p>Sistema de información de mantenimiento. Características del software de mantenimiento.</p>
<p>5. Determinar los indicadores clave de desempeño para evaluar la gestión del mantenimiento a través del Balanced Scorecard.</p>	<p>1. Aplicar el Balanced Scorecard al departamento de mantenimiento. 2. Revisar normas específicas para el diseño de indicadores clave de desempeño de mantenimiento (VDI-2839)</p>	<p>Sistema de indicadores de gestión de mantenimiento.</p>

<p>6. Diseñar una estrategia de cambio cultural para la implementación del modelo de gestión de mantenimiento propuesto.</p>	<p>6.1.Revisión bibliográfica relacionada con el cambio cultural. 6.2.Elaborar una propuesta de estrategia de cambio cultural. 6.3.Calcular los costos de implementación del modelo de gestión de mantenimiento. 6.4.Identificar los beneficios de implementación del modelo de gestión de mantenimiento.</p>	<p>Sistema de indicadores de gestión de mantenimiento.</p>
--	--	--

Fuente: elaboración propia

1.6 Cronograma

Tabla 7. Cronograma de actividades

Objetivo Específico	Actividad	Semana																	
		06 feb - 10 feb	13 feb - 17 feb	20 feb - 24 feb	27 feb - 03 mar	06 mar - 10 mar	13 mar - 17 mar	20 mar - 24 mar	27 mar - 31 mar	03 abr - 07 abr	10 abr - 14 abr	17 abr - 21 abr	24 abr - 28 abr	01 may - 05 may	08 may - 12 may	15 may - 19 may	22 may - 26 may	29 may - 02 jun	05 jun - 09 jun
1	1.1	■																	
	1.2	■																	
	1.3		■																
2	2.1		■																
	2.2			■															
	2.3				■														
	2.4					■													
	2.5						■												
3	3.1					■													
	3.2						■												
	3.3							■											
	3.4								■										
	3.5									■									
	3.6										■								
	3.7											■							
4	4.1											■							
	4.2												■						
	4.3													■					
	4.4														■				
	4.5															■			
5	5.1															■			
	5.2																■		
6	6.1																■		
	6.2																	■	
	6.3																		■
	6.4																		
Visitas	1	■	■																
	2								■	■									
	3																■		
Entrega y revisión de borrador																		■	■
Exposición																			

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1 Gas Licuado de Petróleo (GLP)

2.1.1 Características

El GLP es un derivado del petróleo, que se obtiene en las plantas de gas natural y en las refinerías de petróleo, está formado principalmente de propano y butano y en menor medida por trazas de hidrocarburos livianos y pesados, además de algunas impurezas como el azufre. En nuestro país, de acuerdo con RECOPE, que es el ente encargado de procesar el GLP y distribuirlo, se vende una mezcla de 70% propano y 30% butano, aproximadamente. El gas butano es muy inestable, por esta razón se mezcla con propano, que es un gas más estable, cuanto mayor sea la proporción del propano, el GLP tendrá un mayor poder calorífico y la llama que producirá, al entrar en contacto con una fuente de ignición, será más estable.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es la mezcla de gases condensables provenientes del proceso de refinación del petróleo, también se origina de la producción y procesamiento del gas natural, este último energético se está convirtiendo en la principal fuente del GLP en los países productores de hidrocarburos. El mismo es inodoro e incoloro, pero se le adiciona un odorizante (un metil mercaptano) que le otorga un olor pestilente para posibilitar su identificación en caso de fugas. Los tipos de GLP dependen de los componentes, puede ser solo propano, solo butano o una mezcla de ambos y en menor proporción también están presentes etileno, propileno, butileno y pentano.

(Refinadora Costarricense de Petróleo, 2016)

El estado más conocido en el que se presenta el GLP es el gaseoso, sin embargo, es almacenado y transportado en el punto de ebullición, lo que implica que una variación de temperatura o de presión cambiará su estado, esto también hace más complejo el trasiego de esta sustancia, ya que debe trasegarse por medio de una bomba y de un compresor, donde la bomba es apta para mover fluidos en estado líquido y el compresor para fluidos en estado gaseoso. La adición de energía térmica produce la formación de vapor en la sustancia almacenada y la pérdida de energía térmica facilita la transformación al estado líquido.

Es importante conocer cuál es el estado del GLP en las condiciones de operación, ya que no es deseable trasegar fluidos en estado de saturación, es decir, en un porcentaje líquido y en un porcentaje gaseoso. Como se mencionó, deben usarse equipos distintos para trasegarlo según sea el estado de la sustancia. Además de eso, en estado gaseoso el fluido es más compresible, pero el fluido en estado líquido presenta la particularidad de ser mejor lubricante y refrigerante, esta es la razón por la que los compresores sufren un mayor desgaste en sus cavidades internas y las bombas tienen mayor superficie de fricción.

A presión y temperatura ambiente, el GLP ebulle y en estado gaseoso es imposible atraparlo y almacenarlo, por lo que su almacenamiento es en contenedores cerrados, en tanques estacionarios o cilindros. En la siguiente figura se muestra el diagrama de fases del propano.

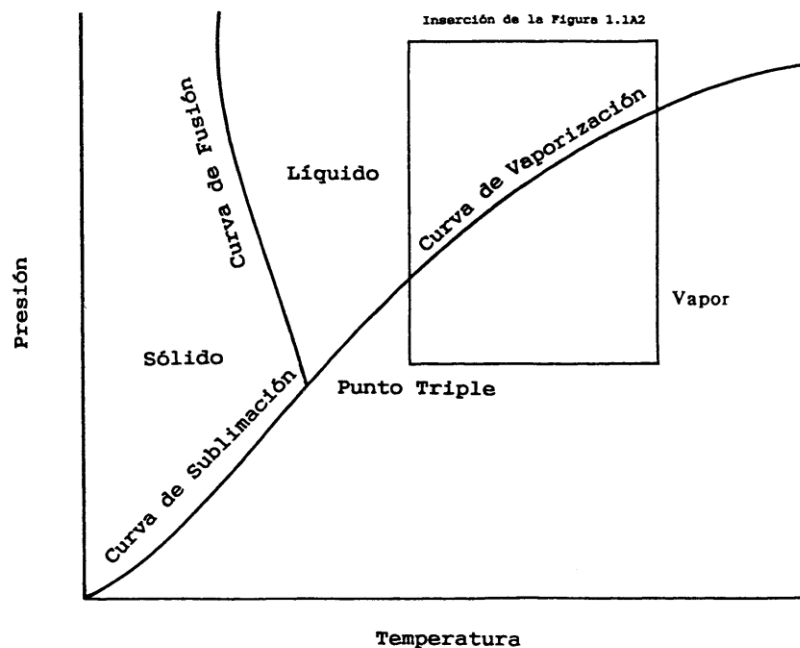


Figura 8 . Diagrama de fases del propano

Fuente: Corken

Al almacenarse el propano en un recipiente cerrado éste solo hervirá si las condiciones de presión-temperatura determinan un punto a la derecha de la curva de evaporización (...) Cuando el líquido comienza a hervir, la presión en el cilindro aumenta, tal como sucede en una caldera o en una olla de presión (...) a medida que aumenta la presión, la temperatura de ebullición también aumenta, lo que causa que la ebullición en un cilindro de propano se detenga cuando la presión aumenta hasta un nivel lo suficientemente alto. La presión a la cual cesa la ebullición se denomina presión de vapor. La presión de vapor cambia con la temperatura. Las temperaturas más altas requieren presiones de vapor más elevadas a fin de detener la ebullición del líquido.

(Corken, 1992)

El comportamiento descrito en la cita anterior demuestra la estrecha y proporcional relación que existe entre las variables de presión y temperatura, de ahí la importancia de que sean consideradas en los procesos operacionales. En la siguiente figura se visualiza este comportamiento.

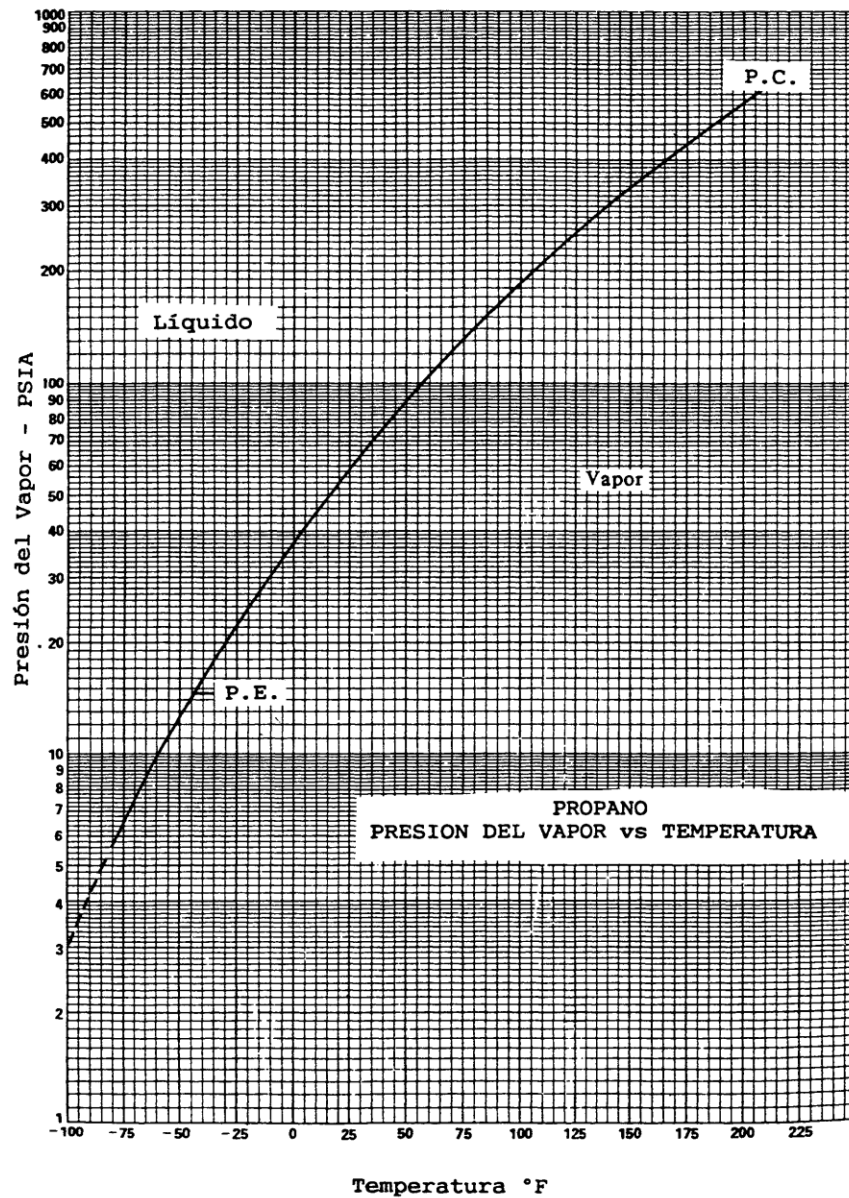
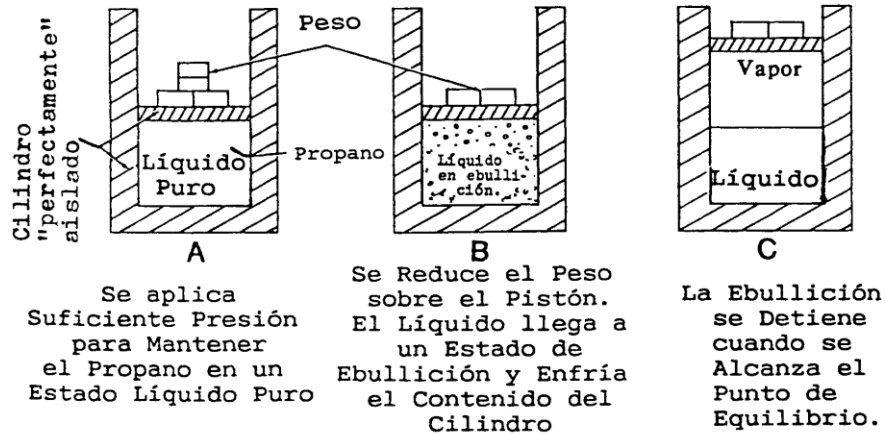


Figura 9 . Diagrama de fases del propano

Fuente: Corken

La ebullición es un proceso que siempre se da durante el almacenamiento de GLP, de acuerdo con el fabricante de equipos para trasiego de GLP. Según Corken, la ebullición puede ser de dos tipos: inducida externamente o inducida internamente. La ebullición inducida externamente es la que se da cuando existe una fuente de calor independiente al GLP líquido, que le produce un aumento en la temperatura hasta que comienza a hervir. Por otro lado, la ebullición inducida internamente es la que se da sin la adición de calor al fluido, Corken (1992) lo explica en la siguiente cita, con la ayuda de la figura.

Cómo se puede causar la Ebullición de un Líquido sin el uso de Calor Proveniente de una Fuente Externa



En A se tiene un cilindro con una aislación térmica perfecta, que se llena con propano líquido. El propano es sometido a presión mediante un pistón completamente aislado utilizando el peso necesario para mantener completamente líquido al propano (es decir, la presión del pistón es mayor que la presión de vapor). Dado que el sistema está completamente aislado, no puede absorber calor del exterior. Si se remueve el peso suficiente (B) como para permitir que la presión del pistón caiga por debajo de la presión de vapor, el líquido comenzará a hervir. En este caso, el mismo líquido suministra el calor necesario para la formación del vapor. Dado que el líquido pierde calor, se enfría. La ebullición continúa hasta que la temperatura desciende a un punto en el cual la presión de vapor sea igual a la presión ejercida por las pesas sobre el pistón.

La explicación anterior de ebullición inducida internamente se refiere a un proceso aislado y que claramente no va a ocurrir en una planta, sin embargo, en el proceso normal de operación de la planta, se dan los dos tipos de ebullición simultáneamente, porque existen aumentos de temperatura por las condiciones ambientales, pero también al reducir la presión interna, la temperatura baja y se produce la ebullición inducida internamente.

Esta relación de las variables de presión y temperatura se debe tomar en cuenta en el diseño, instalación y el mantenimiento de los sistemas y equipos relacionados con el GLP.

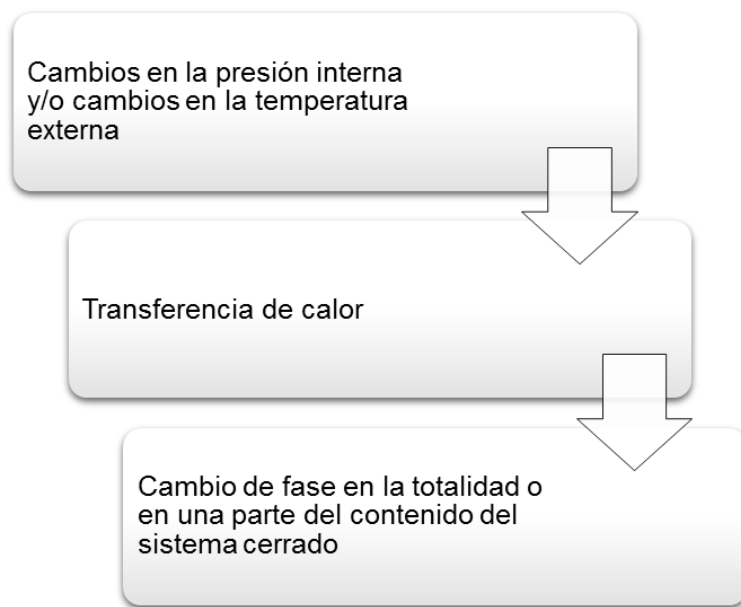


Figura 10 . Relación Presión - Temperatura para gases licuados

Fuente: adaptado de Corken

En la figura anterior se muestra un resumen de los procesos que ocurren en un tanque estacionario o en un cilindro de GLP al cambiar la presión interna o la temperatura externa.

2.1.2 Usos

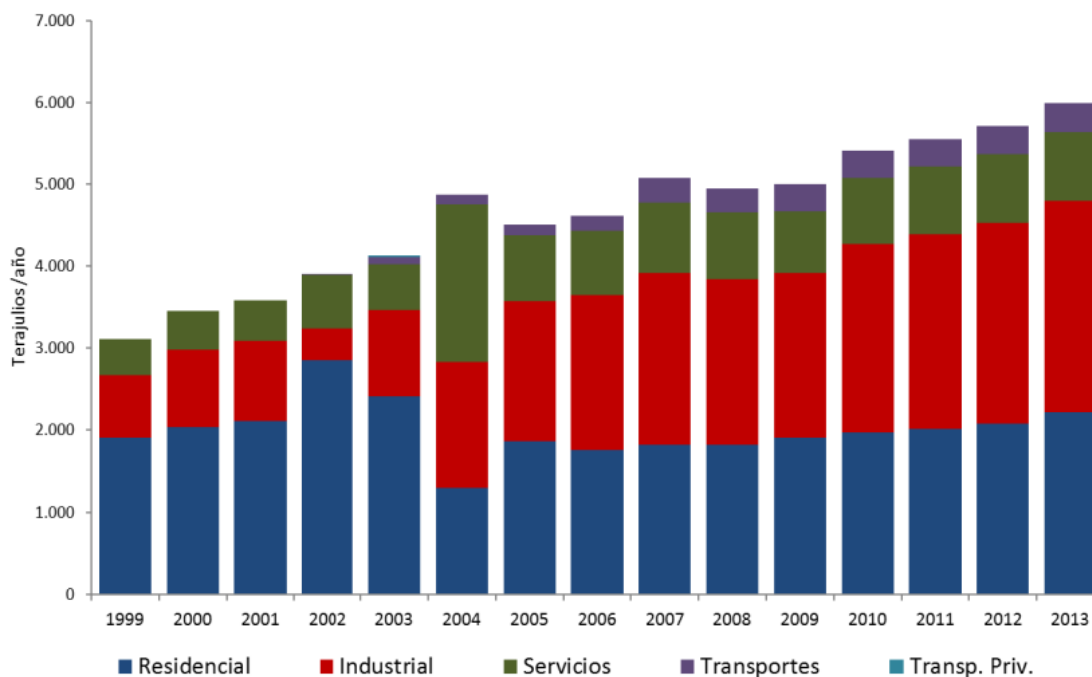
Dentro de las ventajas competitivas que tiene el GLP se encuentra la eficiencia en la combustión y su precio relativamente bajo, comparado con el de otros combustibles. Al ser más eficiente la combustión, produce un efecto contaminante mínimo, razón por la cual es considerado un combustible limpio.

En nuestro país el consumo de GLP es bajo comparado con otros países, puede ser consecuencia de la falta de cultura en el campo desde la antigüedad, cuando se utilizaban fuentes energéticas como leña, carbón o kerosene y que gracias a la rapidez con que se abasteció al país de sistemas eléctricos, además de ser un servicio subsidiado, para bajo y mediano consumo, las personas prefirieron esta fuente energética.

El uso predominante del GLP es doméstico, donde se utiliza para la cocción de alimentos. Mientras que en otros países es utilizado para calefacción, calentamiento de agua, refrigeración e incluso iluminación.

De acuerdo con el informe de política sectorial para los precios de gas licuado de petróleo, búnker, asfalto y emulsión asfáltica del Ministerio de Ambiente y Energía (2016): "...este producto se usa en la industria en cualquier equipo que requiera un combustible limpio y fácilmente controlable: hornos para tratamiento de metales, vidrio, cerámica, planchado de ropa, purificación de grasas, endurecimiento de metales, pasteurización y corte de metales, etc., quemándose totalmente sin producir humo, cenizas u hollín..." Además, en este mismo informe se menciona que el consumo de GLP está aumentando en motores de combustión interna de automóviles, camiones y autobuses.

Gráfico 1 . Costa Rica: consumo de GLP según principales sectores de consumo, según Balance de Energía, 1999-2013



Fuente: MINAE 2016

Según el gráfico anterior, el consumo doméstico ha tenido un comportamiento casi constante, sin embargo, ha aumentado en el sector industrial y de transportes.

2.1.3 Riesgos asociados a la manipulación de GLP

La Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) brinda una ficha de datos de seguridad del GLP, donde se indican los riesgos asociados al contacto con la sustancia y los primeros auxilios que deben realizarse en caso de que ocurra un accidente. Estos datos se resumirán en la siguiente tabla.

Tabla 8 . Efectos por exposición al GLP y primeros auxilios

Efectos por exposición	
Tipo de exposición	Efectos
<i>Inhalación</i>	El GLP es asfixiante, si la concentración es alta, puede reducir el oxígeno, en el aire inhalado, hasta niveles inferiores al 18%. Dentro de los efectos más comunes están: respiración agitada, descoordinación, pérdida de juicio y puede desencadenar la pérdida de consciencia. Si el porcentaje de oxígeno es menor al 8%, puede ocasionar la muerte.
<i>Ingestión</i>	Por las propiedades del GLP, es poco probable que se dé este tipo de exposición. Si fuera ingerido de forma líquida, puede ocasionar heridas por enfriamiento.
<i>Contacto con los ojos</i>	Al entrar en contacto con los ojos produce irritación y también puede generar quemaduras por congelamiento.
<i>Contacto con la piel</i>	Puede producir congelamiento y quemaduras.
<i>Carcinogenicidad</i>	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (NTP), la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y Occupational Safety and Health Administration (OSHA) no enlistan al GLP como carcinógeno.
El sistema nervioso figura como el principal órgano blanco.	

Primeros auxilios	
<i>Contacto ocular</i>	Levantar el párpado y lavar inmediatamente con suficiente agua al menos durante 15 minutos, si la irritación persiste se debe buscar atención médica.
<i>Contacto dérmico</i>	Quitar la ropa que haya tenido contacto con la sustancia, lavar la piel con agua y jabón durante al menos 15 minutos. Si la piel está congelada se debe lavar con agua a una temperatura entre 40 °C y 42 °C, no se debe usar calentamiento en seco.
<i>Inhalación</i>	Llevar a la persona afectada a un área donde reciba aire fresco y si es necesario darle respiración.
<i>Ingestión</i>	A pesar de ser muy poco probable, si se ingiere se debe recibir atención médica para proporcionar oxígeno.

Fuente: elaboración propia

Para prevenir el fuego, si es posible, se debe detener el flujo de gas. También sofocar el fuego, mediante el enfriamiento de tanques, la protección del personal y los alrededores. Cuando el flujo de gas no se puede detener, es recomendable dirigir agua en forma de niebla o polvo seco hacia el área de llamas. Es importante no apagar totalmente las llamas hasta que no se haya detenido el flujo de gas.

Cuando se presentan fugas, el riesgo de incendio o explosión es alto, por lo que se debe notificar al personal de seguridad y emergencias, así como eliminar fuentes de calor o ignición y aislar el área de peligro de 50 a 100 metros a la redonda. Si hay camiones o tanques involucrados en la emergencia con peligro de incendio se debe aislar al menos 1600 metros a la redonda.

2.1.4 Legislación aplicable

En nuestro país solo existe el Decreto no. 28662 del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) que es el ente gubernamental encargado, entre otros asuntos, de aspectos relacionados a los recursos energéticos. En este decreto se dan los parámetros mínimos y generales que debe tener una planta para su diseño, construcción y operación.

Además, a nivel internacional, la organización National Fire Protection Association (NFPA), en las normas 58 y 59 trata sobre plantas de GLP, específicamente la 58 en el capítulo 14 menciona el mantenimiento que debe dársele a este tipo de plantas.

2.2 Evaluación de los sistemas de mantenimiento

Previo a plantear cualquier estrategia de mantenimiento es necesario conocer el estado actual de la organización, tanto de mantenimiento como de otras áreas relacionadas, por lo que es necesario hacer una evaluación que permita conocer con detalle cómo se realiza la gestión de mantenimiento. Con este fin, se consulta la Comisión Venezolana de Normas (COVENIN), una organización creada en 1958 encargada de programar y coordinar actividades de normalización del país, cuenta con la colaboración de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. Específicamente, la norma COVENIN 2500-93, evalúa 12 áreas de la organización: organización de la empresa, organización de mantenimiento, planificación de mantenimiento, mantenimiento rutinario, mantenimiento programado, mantenimiento circunstancial, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento por avería, personal de mantenimiento, apoyo logístico y recursos.

Para comprender mejor lo que desea evaluar la norma en cada área, es necesario conocer a qué se refiere con cada una de ellas. Para esto, la norma COVENIN 3049-93 define cada uno de los conceptos de la norma 2500-93, se mencionarán algunos de los conceptos relacionados con los tipos de mantenimiento.

Mantenimiento rutinario

Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta periodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismos operarios de los SP (sistemas productivos) y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos SP evitando su desgaste.

Mantenimiento programado

Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal hasta generalmente periodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.

Mantenimiento por avería o reparación

Se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser “programada” pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.

Mantenimiento correctivo

Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquinas, modificación de alternativas de proceso, cambios de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de actividades es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

Mantenimiento circunstancial

Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna; se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior; se atienden averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla su función; y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a mediano plazo. La atención de los SP bajo este tipo de mantenimiento depende no de la organización de mantenimiento que tiene a dichos SP dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización del SP, los cuales sugieren aumento en capacidad de producción, cambios de procesos, disminución en ventas, reducción de personal y/o turnos de trabajo.

Mantenimiento preventivo

El estudio de fallas de un SP deriva dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los SP mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.

(Comisión Venezolana de Normas Industriales, Norma COVENIN 3049-93, 1993)

Para ponderar cada una de las áreas se utilizan principios básicos y deméritos, de acuerdo con la norma COVENIN 2500-93 el principio básico es: “aquel concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos del mantenimiento.” (Norma COVENIN 2500-93. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria., 1993)

El puntaje de los principios básicos disminuye si los deméritos describen la situación de la empresa en alguna medida, la misma norma define demérito como: “es aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio.” (Norma COVENIN 2500-93. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria., 1993).

La norma asigna un puntaje máximo a cada principio básico que representa la suma de los deméritos que tiene cada principio. La misma norma brinda una tabla para realizar la evaluación, donde se incluye una ponderación numérica y también una evaluación gráfica. En esta tabla la columna A representa el área, la columna B los principios básicos, la C el puntaje máximo tanto para cada principio básico como para cada área, la columna D representa los deméritos de cada principio básico, la columna E representa la suma de los deméritos obtenidos para cada principio, en la columna F se muestra el resultado de la resta de los valores de la columna C menos la columna E, es decir al puntaje máximo de cada principio básico se le resta el puntaje obtenido por deméritos, también se incluye una estimación en porcentaje y en la columna G es donde se realiza la representación gráfica.

El porcentaje global se obtiene al dividir la suma de puntuaciones obtenidas por área entre la suma de las puntuaciones máximas obtenibles.

2.3 Modelo de gestión de mantenimiento

2.3.1 Concepto

Un modelo es una representación sencilla de objetos o sistemas donde se pueden observar de forma clara los elementos que conforman el sistema representado, así como la relación entre los mismos. La representación se realiza mediante dibujos, esquemas o incluso expresiones matemáticas.

Con respecto al concepto de gestión, de acuerdo con Chaves (2008)

“El concepto de gestión hace referencia al efecto de administrar una actividad profesional e implica acciones para gobernar, dirigir, ordenar y organizar objetivos y su forma de alcanzarlos.”.

Según esta definición, la gestión se puede definir como un conjunto de acciones administrativas y estratégicas que se llevan a cabo para el logro de objetivos. Un modelo de gestión de mantenimiento es la representación del conjunto de acciones relacionadas con mantenimiento que deben llevarse a cabo para alcanzar los objetivos del departamento de mantenimiento que deben tener concordancia con los objetivos de la organización.

Asimismo, sobre la organización relacionada con estrategias de lubricación, Noria (2006) define el modelo de gestión de mantenimiento como:

(...) el marco referencial para la transformación de la Gestión de Mantenimiento con un enfoque sistemático e incluyente orientado a soportar la optimización del uso de los activos considerando entre otros, los factores de Rentabilidad, Seguridad, Confiabilidad, Mantenibilidad y Calidad como claves determinantes.

De las definiciones anteriores se deduce que la gestión de mantenimiento no sólo debe encargarse de lograr los objetivos de mantenimiento, sino que también debe considerar otros factores, como seguridad y calidad, por lo que es indispensable que se relacione con los demás departamentos de la organización y a su vez, logre medir la satisfacción del servicio para identificar oportunidades de mejora y ajustar la estrategia.

El concepto de modelo de gestión de mantenimiento no es un concepto tan nuevo, pero ha ido evolucionando a lo largo de los años. López y Crespo (2008) mostraron las innovaciones que encontraron al analizar 14 modelos de gestión de mantenimiento, que se mostrarán en la siguiente tabla.

Tabla 9. Innovaciones en los modelos de gestión de mantenimiento

Año	Innovaciones	Autor (es)
1990	▪ Plantean un completo sistema de indicadores de mantenimiento	Pintelon y Van Wassenhove

1992	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exponen la necesidad de que exista un vínculo entre mantenimiento y las demás funciones organizacionales ▪ Resaltan la importancia del uso de las técnicas cuantitativas para la gestión ▪ Proponen la organización por niveles para ejecutar las funciones de mantenimiento ▪ Vislumbran la utilización de sistemas expertos ▪ Mencionan el TPM y el RCM 	Pintelon & Gelders
1995	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponen un análisis de eficacia y eficiencia del mantenimiento ▪ Enfatiza la importancia del liderazgo directivo en la gestión del mantenimiento ▪ Introduce el concepto de reingeniería de mantenimiento 	Vanneste y Wassenhove Campbell
1997	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sugiere un modelo basado en el concepto de la teoría situacional de gestión 	Riis, et al.
2000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponen el uso de una gran variedad de herramientas y conceptos japoneses para el control estadístico de los procesos de mantenimiento, utilizando un módulo llamado “control de retroalimentación” 	Duffua, et al.
2001	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Orientan su modelo al uso informático, lo expresan en lenguaje IDEF ø (un lenguaje estándar de modelado) 	Hassanain, et al.

2002	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vislumbra la utilización del e-maintenance ▪ Propone una guía para analizar la conveniencia de la subcontratación como un elemento de entrada al sistema de mantenimiento ▪ Incorporan tanto el conocimiento tácito como el explícito y lo integra en una base de datos computarizada ▪ Valoran especialmente la gestión del conocimiento dentro de un modelo de mantenimiento 	Tsang Waeyenbergh y Pintelon
2006	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sugieren la unión de las herramientas QFD y TPM dentro de un modelo de gestión de mantenimiento 	Pramod, et al.
2007	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponen que mantenimiento se enfoque en el cumplimiento de requisitos de todas las partes interesadas ▪ Aporta un modelo con una metodología de aplicación claramente expresada, orientado a la mejora de la fiabilidad operacional y del coste del ciclo de vida de los activos industriales 	Soderholm, et al. Crespo

Fuente: adaptado de López & Crespo (2008)

Cabe destacar que estas innovaciones que encontraron no eran novedades para el área de mantenimiento, fueron innovaciones, como estrategias o conceptos, que se incorporaron por primera vez en un modelo de gestión de mantenimiento.

Los autores mencionados que analizaron los modelos concluyen que la tendencia que siguen los modelos es elaborar sistemas enfocados en procesos y calidad, que son sistemas cíclicos y que, además, incluyen técnicas, métodos y herramientas para mejorar la toma de decisiones y lograr la mayor eficiencia.

Además, Parra & Crespo (2012) mencionan que un modelo de gestión de mantenimiento debe tener tres pilares:

- El pilar de tecnologías de la información (IT Pillar). Aquí incluimos el GMAO (...) y las tecnologías de conocimiento de la condición, que serán fundamentales para la mejora de la eficacia y eficiencia en la gestión de mantenimiento, alineando de manera continua las decisiones tácticas y operacionales con los objetivos del negocio.
- El pilar de técnicas de ingeniería de mantenimiento. Aquí incluimos técnicas como el RCA, RCM, TPM, modelos estocásticos para modelar el proceso de fallos, técnicas cuantitativas de optimización, y otras técnicas de investigación de operaciones orientadas a la optimización de los recursos que utilizamos en mantenimiento.
- El pilar de técnicas para la mejora organizacional. Es un pilar tan importante como los pilares anteriores y tiene que ver con técnicas, a los tres niveles de actividad, para promover una mejor competencia en la gestión de las relaciones inter y extra organizacionales.

2.3.2 Norma ISO 9001:2008

Existen distintas maneras de enmarcar el modelo de gestión de mantenimiento, para este proyecto se utilizará como referente la Norma ISO 9001:2008, que es una guía genérica que estipula los requisitos mínimos que debe tener un sistema de gestión de la calidad, sin dar uniformidad porque el modelo debe adaptarse a las características del proceso. Dado que es una guía genérica, se debe estudiar el proceso productivo de la organización para determinar los subprocesos que influyen en el sistema y encontrar las relaciones entre los mismos.

El enfoque dado en la norma es un enfoque basado en procesos, la norma define proceso como:

Una actividad o conjunto de actividades que utiliza recursos y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso.

(ISO, 2008)

De acuerdo con la misma norma, para realizar un modelo basado en procesos se debe definir cada uno de los procesos que integran el sistema de gestión, con los requisitos que debe cumplir e incluir mediciones objetivas que permitan realizar mejora continua.

También debe considerar el entorno en el que se encuentra la organización, considerando los riesgos y cambios, así como el tamaño de la misma. El modelo de gestión basado en procesos propuesto en la norma, destaca la importancia que tienen los clientes para el sistema, ya que estos determinan los requisitos y es a través de ellos que se mide la calidad del servicio o producto por medio de la satisfacción de las expectativas, este modelo se muestra en la siguiente figura.

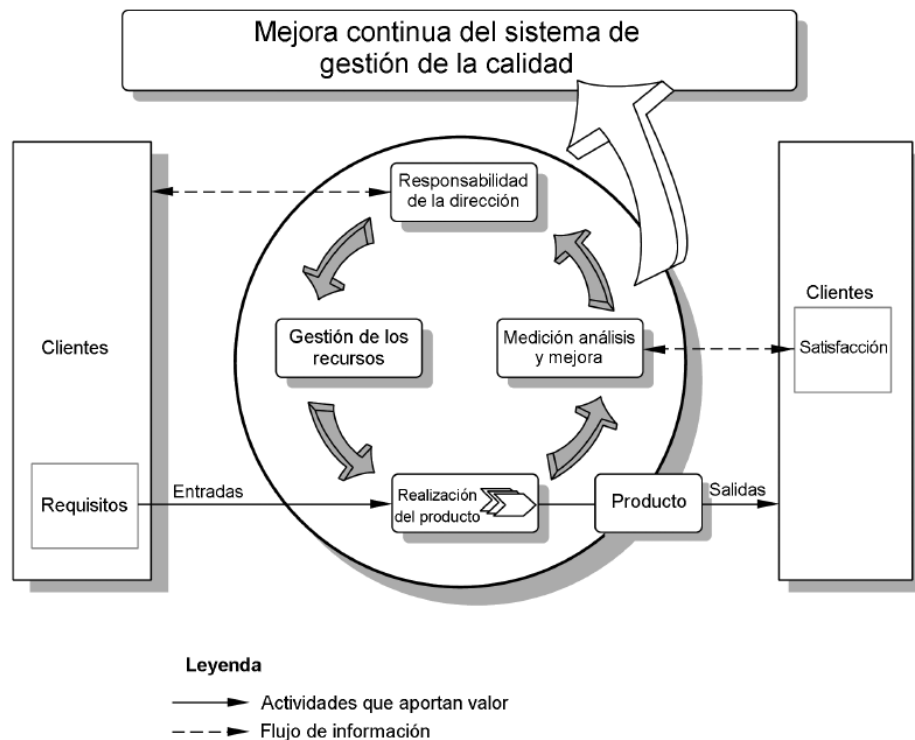


Figura 11. Modelo de gestión basado en procesos

Fuente: ISO, 2008

Como se mencionó, el modelo es genérico y no muestra los procesos específicos, pero permite identificar las características que debe tener un modelo para cumplir con los requisitos mencionados en la norma, entre ellas están que el proceso sea cíclico, que incluya la mejora continua, que se involucre a la dirección en el sistema, que incluya medición y evaluación, entre otras.

La norma ISO:2008 detalla que los requisitos mínimos para un sistema de gestión de calidad son:

- a. Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización

- b. Determinar la secuencia e interacción de estos procesos
- c. Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces
- d. Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos
- e. Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos
- f. Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos

En la misma norma se mencionan los requisitos para la documentación, los cuales deben ser previamente aprobados, así como revisados y actualizados, se deben incluir al menos:

- a. Política de calidad y objetivos
- b. Manual de calidad
- c. Procedimientos documentados
- d. Documentos para asegurar la planificación, operación y control de los procesos

Dentro del manual de calidad se debe incluir el alcance del modelo, los procedimientos establecidos y una descripción de la interacción entre los procesos del sistema.

El modelo según la ISO:2008 también debe involucrar a la dirección, siendo esta la encargada de definir los objetivos, involucrar al resto de la organización y comunicar la importancia de satisfacer los requisitos del cliente y la reglamentación que rija el proceso, además de asegurar la disponibilidad de recursos y realizar revisiones periódicas.

Otro aspecto contemplado en la norma es la planificación, la cual debe realizar luego de determinar los objetivos y haber garantizado que son coherentes con los requisitos del cliente y que sean medibles. Luego de planificar, se debe asignar responsabilidades y delegar autoridad. Cabe destacar que antes de implantar los roles, los colaboradores deben tener conocimiento de toda la estrategia, la cual debe ser difundida desde la dirección.

Para ajustar el modelo y mejorarlo, es indispensable que la dirección realice una revisión periódica para corroborar que se estén cumpliendo los objetivos, identificar oportunidades de mejora y realizar cambios.

Como se muestra en el modelo planteado por la norma, el modelo debe tener un proceso de gestión de recursos, el cual además de abarcar la gestión de los recursos materiales, también debe incluir la gestión de recursos humanos, asegurarse que sea competente, de lo contrario se debe capacitar, asimismo, debe considerar la infraestructura y el ambiente de trabajo, garantizar que sea apto para que contribuya a la satisfacción de requisitos.

2.3.3 Ejemplos de Modelo de Gestión de Mantenimiento

López y Crespo (2008) luego del análisis de modelos elaboraron un modelo basado en la norma ISO 9001:2000, la tercera versión de esta norma. En este modelo propuesto agruparon algunas de las herramientas y estrategias que catalogaron como innovaciones luego del análisis de modelos existentes, como se muestra en la siguiente figura.

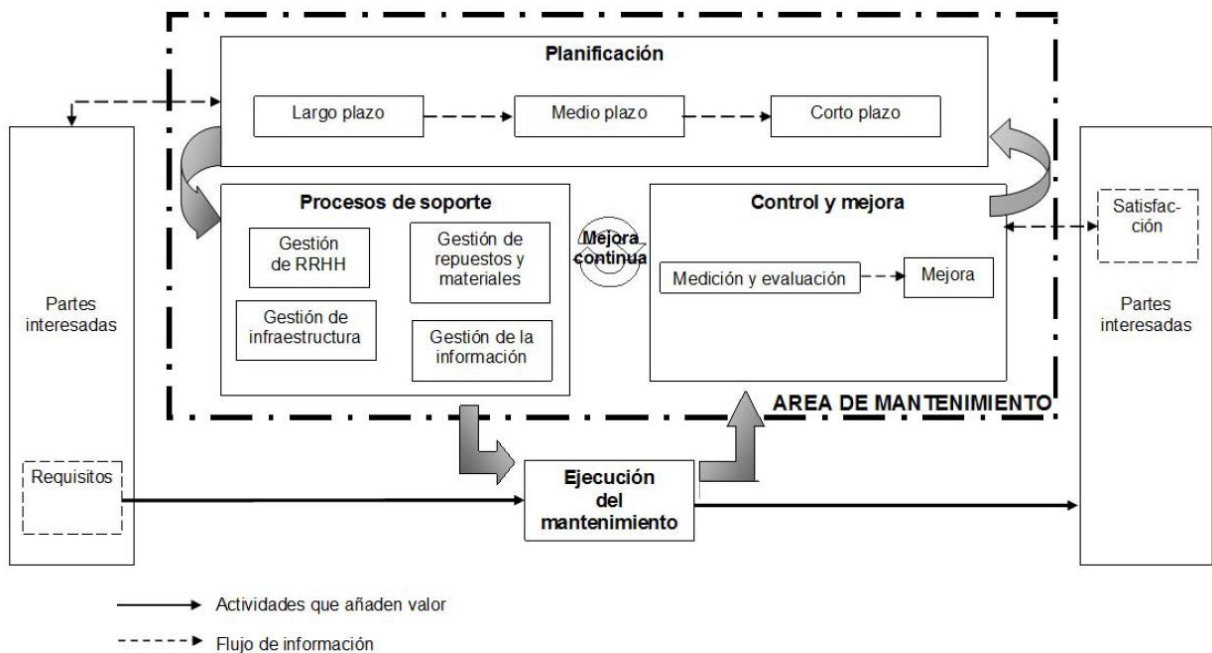


Figura 12 . Modelo de gestión de mantenimiento basado en la norma ISO 9001:2000

Fuente: López & Crespo (2008)

Como se observa, el modelo toma como elementos de entrada los requisitos de las partes interesadas, los cuales son considerados en la etapa de planificación y estará a cargo de la dirección ya que está en la parte superior, según sea la planificación se dan los procesos de soporte para llevar a cabo la ejecución del mantenimiento, el cual va a ser evaluado y esa evaluación será la entrada del proceso de planificación que se vuelve a dar junto con la satisfacción del cliente, de esta forma se da la mejora continua, ya que se ajusta el modelo según sean los resultados de las acciones que se llevaron a cabo. Los autores concluyen sobre las características principales del modelo:

(...) que es de tipo cíclico, abierto hacia las demás funciones organizacionales, que distingue claramente la ejecución de las acciones estratégicas y operativas apareciendo vinculadas, que involucra a la dirección, que estandariza la evaluación, el control y la mejora de la eficacia y eficiencia del mantenimiento, que propicia la generación de documentos y registros para la toma de decisiones, que está enfocado en procesos y en pocas palabras, orientado al cumplimiento de un sistema de gestión de la calidad.

Viveros et al. (2013) proponen un modelo integral de gestión de mantenimiento que muestra la secuencia de acciones que debe tomar una organización para implementar o mejorar la gestión de mantenimiento, el modelo planteado por estos autores se compone de siete etapas y se muestra en la siguiente figura.

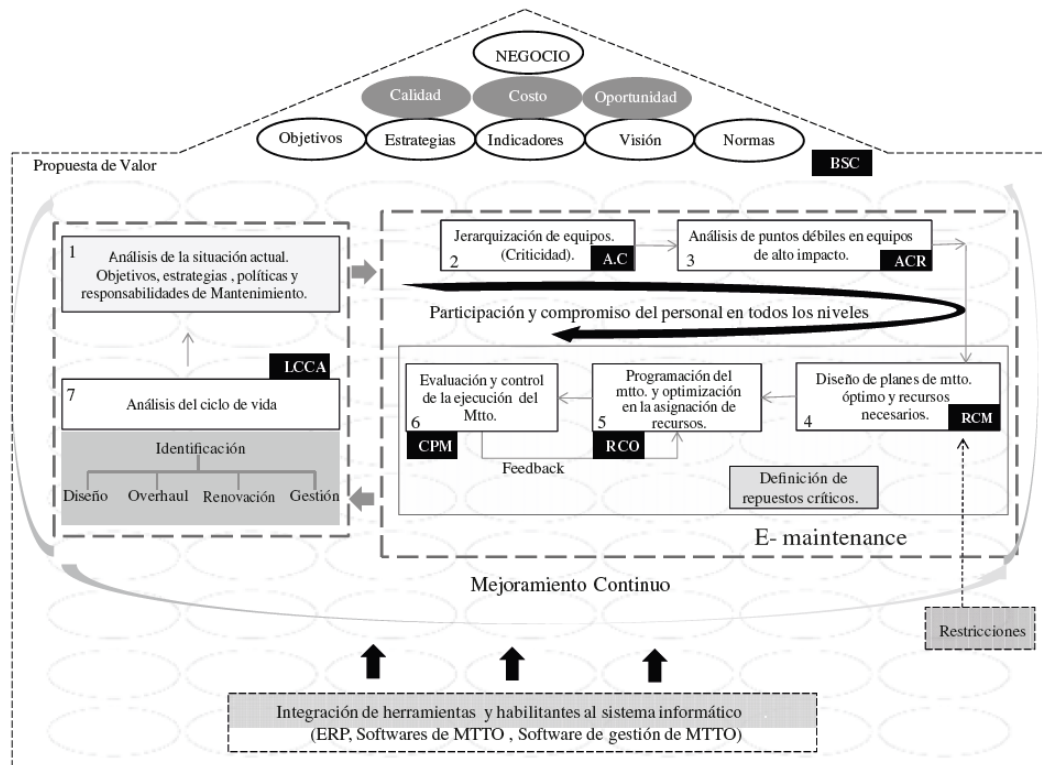


Figura 13 . Modelo integral de gestión de mantenimiento

Fuente: Viveros, et al. (2013)

Cabe destacar que tiene en la cúspide los objetivos, visión, misión, indicadores y estrategias de la organización, ya que las acciones de mantenimiento deben obedecer a estos. Además, da una secuencia de acciones que se deben llevar a cabo para implementar un sistema de gestión de mantenimiento y es importante aclarar que la secuencia debe seguirse en el orden mostrado y no se puede invertir. Otra de las fortalezas que muestra es la incorporación de un software, que es la base para el mejoramiento continuo ya que facilita la gestión de la información.

2.4 Análisis de los equipos y tipos de mantenimiento

Parra & Crespo (2012) destacan que:

Tal como se define en la norma europea EN 13306:2011 (CEN, 2011), la moderna gestión de mantenimiento incluye todas aquellas actividades de gestión que: determinan los objetivos o prioridades de mantenimiento (que se definen como las metas asignadas y aceptadas por la dirección del departamento de mantenimiento), las estrategias (definidas como los métodos de gestión que se utilizan para conseguir esas metas u objetivos), y las responsabilidades en la gestión. Lo anterior permitirá luego, en el día a día, implementar estas estrategias planificando, programando y controlando la ejecución del mantenimiento para su

realización y mejora, teniendo siempre en cuenta aquellos aspectos económicos relevantes para la organización.

Estos autores dividen el proceso de gestión de mantenimiento en dos grandes fases, la primera de ellas consiste en definir la estrategia, pero previo a la estrategia es indispensable definir los objetivos de mantenimiento que deben estar basados en los objetivos estratégicos de la organización y es fundamental que se definan de esta forma. La segunda fase consiste en implementar la estrategia que, de acuerdo con los mismos autores, va a ser exitosa en la medida que se aseguren las capacidades de los colaboradores, de programación de trabajos y la selección de herramientas adecuadas para la realización de tareas.

Se da énfasis a la importancia que tiene la definición de objetivos de mantenimiento de forma paralela a los objetivos de la organización. Los objetivos son catalogados como metas, los cuales se logran con el desarrollo de actividades de mantenimiento que van desde el nivel estratégico hasta el nivel operativo, lo anterior se respalda con la siguiente cita:

La dirección de mantenimiento debe ser coherente con los objetivos de producción y las metas estratégicas generales de la compañía y, del mismo modo, debe existir coherencia en la definición de estrategias, políticas, procedimientos, estructura organizacional y decisiones en los diferentes niveles.

(...) El flujo de decisiones para el cumplimiento de metas y objetivos estratégicos, tácticos y operativos sigue el formato Top-Down, es decir se inicia desde el nivel superior (estrategia corporativa) hasta el nivel operativo y de ejecución. Sin embargo, el flujo de información que alimenta la toma de decisiones comienza desde las bases, dando soporte empírico a las decisiones. (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013)

De acuerdo con la cita anterior, los objetivos fluyen desde la dirección, es decir el nivel estratégico hasta el nivel de ejecución que representa al más bajo, pero la información debe ir en la dirección contraria, con el objetivo de realizar mejoras desde la planificación y de esta forma realimentar el proceso. En la siguiente figura, dada por los mismos autores de la cita, se muestra de forma gráfica el flujo de información descrito.

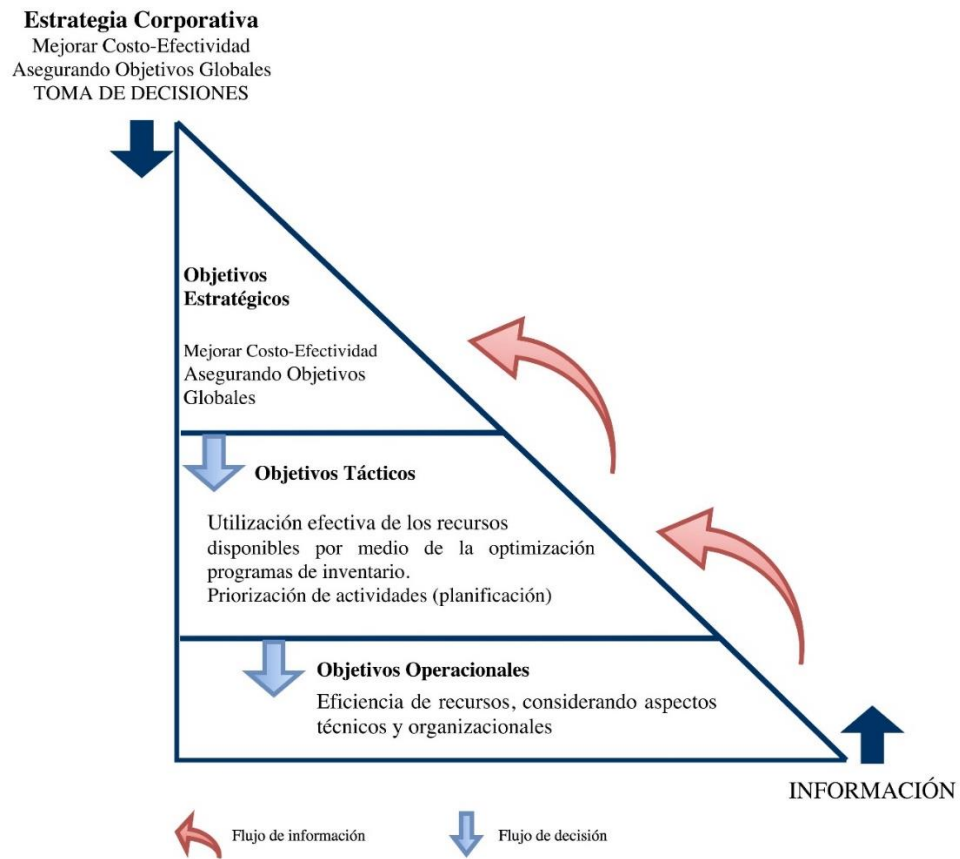


Figura 14 . Objetivos según la jerarquía organizacional

Fuente: adaptado de: Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013

Parra & Crespo (2012) proponen un modelo para realizar la gestión de mantenimiento, el cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 15 .Modelo de gestión de mantenimiento propuesto por Parra & Crespo (2012)

Fuente: Parra & Crespo

En la figura mostrada los autores incluyeron los conceptos de eficiencia y eficacia, destacan que la eficiencia en la gestión de mantenimiento está relacionada con los costos indirectos, es decir, los asociados a pérdidas de producción y a la insatisfacción del cliente: "(...) la eficacia de la gestión de esta función podemos entenderla como la satisfacción que la empresa tiene con la capacidad y condición de sus activos (Wireman, 1998), o con la mejora general de los costes que experimenta cuando la capacidad de producción está disponible cuando se necesita" (Parra & Crespo, Ingeniería en mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos, 2012).

Por otro lado, la eficiencia, no tiene un efecto directo en la producción, pero si lo tiene con el departamento de mantenimiento, específicamente con los costos directos, ya que el departamento va a ser eficiente en la medida que opere con el mínimo esfuerzo, mínimo desperdicio de recursos y con la mínima cantidad de gastos.

2.4.1 Análisis de criticidad

De acuerdo en el modelo de gestión de mantenimiento mostrado en la figura anterior, luego del análisis de la situación actual de la organización y la definición de objetivos, la jerarquización de equipos representa la segunda fase para identificar aquellos que afectan en mayor medida a la organización, por lo que la estrategia de mantenimiento debe enfocarse en estos equipos críticos. Existen diversos métodos para realizar el análisis de criticidad, pueden ser cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos.

- *Diagrama de Pareto*

El diagrama de Pareto es una herramienta que nos permite identificar las pocas causas que generan las mayores consecuencias, por esta razón es una herramienta que permite separar las causas que son más críticas en el sistema analizado.

Fue precisamente Vilfredo Pareto, economista y sociólogo del siglo XIX, quien descubrió el que ahora conocemos como el principio que lleva su nombre, el cual podríamos enunciar de la siguiente manera:

“Si hacemos una lista con todas las causas que contribuyen en la obtención o aparición de cualquier efecto que nos interese analizar, ordenándolas de mayor a menor según la magnitud de la contribución de cada una, encontraremos que la importancia relativa de las primeras es tan grande en comparación con las últimas, que aproximadamente el 20 por ciento de ellas son responsables del 80 por ciento del efecto total y el 80 por ciento restante de causas es responsable solamente del 20 por ciento restante del efecto”.

Desde luego, estos valores deben tomarse como promedios y nunca como rigurosamente exactos.

Ahora, para que podamos sacarle provecho a este principio, necesitamos satisfacer tres condiciones básicas:

1. Estar profundamente convencidos de que es cierto.
2. Adquirir el hábito de analizar nuestros problemas según este criterio.
3. Tomar acción según corresponda a los pocos vitales y a los muchos triviales.

(Adrogué, 2013)

La anterior definición fue extraída de un sitio web que contiene artículos relacionados con Ingeniería en Mantenimiento Industrial, además dan el ejemplo de la utilización de este diagrama para identificar cuáles son los repuestos son más costosos y más utilizados en la organización en un lapso de un año, con esto se logra deducir cuáles deben mantenerse en stock para no afectar negativamente la producción de la organización.

Otro uso que es posible darle a la herramienta es para efectuar un análisis de criticidad de equipos, si se cuenta con los registros de los costos que implicaron las fallas, se puede discriminar los equipos que, aunque tuvieron también fallas no impactaron en gran medida los costos, de los que impactaron en gran medida los costos.

Los pasos que deben realizarse para aplicar la técnica son:

1. Ordenar las causas de acuerdo con las consecuencias de forma descendente.
2. Calcular la frecuencia absoluta porcentual de cada una de las causas
3. Con la frecuencia absoluta porcentual se calcula la frecuencia relativa acumulada.
4. Luego de obtener los datos, se procede a graficar, en el eje vertical izquierdo se representan las frecuencias de consecuencias acumuladas, en el eje horizontal se presentan las causas y en el eje vertical derecho se representa la escala de porcentaje, desde cero hasta cien y aquí se representan los porcentajes acumulados asociados a cada causa.
5. Se dibuja un gráfico de barras, ubicando la frecuencia absoluta a cada causa.
6. Posteriormente, se traza un gráfico lineal, mediante la unión de los puntos que indican la frecuencia porcentual acumulada para cada causa.
7. Una vez obtenida la línea se ubican cuáles elementos son poco vitales y cuáles son muchos triviales. Por lo general esta división, como se indicó en la cita anterior, se realiza en el 20% de las causas que generan el 80% de las consecuencias, sin embargo, esto no es estricto, según sean las causas se puede dividir en otra proporción, según el comportamiento de los datos.

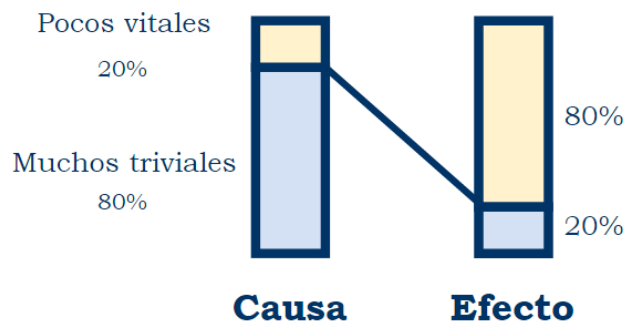


Figura 16. Principio de Pareto
Fuente: adaptado de Adrogué (2013)

La figura anterior muestra una representación gráfica del principio de Pareto, que como divide las pocas causas que generan los mayores efectos o consecuencias. Lo importante para utilizar la herramienta es contar con suficientes datos confiables para realizar la comparación, luego de haber seleccionado la variable que será objeto de estudio, la cual debe ser relevante en la organización para demostrar el impacto que los efectos tienen en la misma.

Adrogué (2013) resume sobre esta herramienta que ayuda a determinar: “los verdaderos cuellos de botella, los clientes más importantes, los componentes críticos, los elementos de costo más importantes y las verdaderas causas de baja productividad.” Además, este autor menciona que el principio de Pareto permite contribuir a alcanzar el éxito, a través de:

- Confirmar la importancia de aspectos que usted ya identificaba como importantes
- Identificar asuntos importantes que no había identificado
- Cuantificar la importancia de cada uno
- Aplicar el principio de excepción y delegación
- Encauzar sus esfuerzos hacia los asuntos verdaderamente importantes, evitando la realización de cosas poco importantes o innecesarias.

En pocas palabras, el principio de Pareto le ayudará a incrementar la eficacia de sus esfuerzos y el de sus colaboradores directos, asegurando la contribución valiosa al logro de su misión y de sus objetivos; convertirá los intentos en logros y le permitirá hacer posible lo que parece imposible.

De la cita anterior se concluye que un diagrama de Pareto es una guía más que permite enfocar la estrategia de mantenimiento hacia lo que produzca mayores efectos en la organización y de esta forma gestionar mejor las actividades y recursos del departamento de mantenimiento.

2.4.2 Fichas técnicas de equipos

Previo a seleccionar estrategias de mantenimiento para los equipos, se requiere conocer cuáles equipos se encuentran en la organización, para esto se hace una lista de todos los equipos. No existe un formato estándar para realizar las fichas técnicas, pero entre más específicas sean, serán más útiles para asignarle un tipo de mantenimiento.

Es importante que se tengan tanto en el sistema de información como en físico, que esté disponible para el personal de mantenimiento y que sean también una fuente de información para el sistema de información. García (2010) destaca que los datos que deben contener como mínimo las fichas técnicas son:

- Código de equipo y descripción.
- Datos generales
- Características generales (especificaciones). Es importante recopilar la mayor cantidad de datos de cada equipo.
- Valores de referencia (temperaturas de funcionamiento, nivel de vibración en cada uno de los puntos, consumos de energía por fase, etc.)
- Análisis de criticidad del equipo. Es conveniente explicar, en esta ficha, por qué se le ha asignado un determinado nivel de criticidad a cada equipo. De esta forma, cualquier persona podrá consultarlo, y entender la razón de su clasificación. Es recomendable adjuntar el cuadro en el que se analiza la criticidad en esta ficha de equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendable. Igual que en el caso anterior, es conveniente explicar por qué se ha llegado a la conclusión, de manera que la ficha de equipo debería contener alguna forma de poder explicarla (un gráfico, un espacio para poder aportar una justificación, etc.)
- Si necesita de mantenimiento legal, y qué normativas son las de aplicación.
- Si necesita de subcontratos a fabricantes, indicando el tipo de subcontrato que se propone (revisiones periódicas, correctivo, inspecciones).
- Repuestos críticos que deben permanecer en el stock, pertenecientes a ese equipo.
- Repuestos que se prevé que necesitará ese equipo en un ciclo de 5 años.
- Consumibles necesarios (lubricantes, filtros, etc.) que necesita para funcionar, especificando sus características.
- Acciones formativas que se consideran necesarias para poder tener el conocimiento que se requiere para poder ocuparse del mantenimiento del equipo.

Con esta información disponible, será más fácil calcular los costos asociados a mantenimiento debidos a materiales y repuestos, sean consumibles o almacenados en el stock. También es posible deducir las necesidades de capacitación del personal según la complejidad de los equipos.

2.4.3 Codificación de equipos

La codificación de equipos es un proceso sencillo y colabora a la gestión de mantenimiento, de acuerdo con García (2010): “Esto facilita la localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, permite el cálculo de indicadores referidos a áreas, equipos, sistemas, elementos, etc., y permite el control de costes.”

Según el autor la codificación puede ser de dos tipos:

- *Codificación no significativa*: se refiere a una numeración o a un conjunto de caracteres que solo siguen un consecutivo o una asignación aleatoria a los equipos, pero no siguen ningún orden para aportar información adicional.
- *Codificación significativa*: también llamada codificación inteligente, al igual que la anterior, está formada por letras y números, pero está estructurada de forma tal que cada componente del código aporta información adicional sobre el área donde se encuentran o la sección, por ejemplo.

La ventaja de la codificación no significativa es que muy breve, sin embargo, es indispensable tener una lista disponible donde se pueda ver a cuál equipo pertenece el número. Por el contrario, un sistema de codificación significativo aporta información muy valiosa y puede ser muy específica, pero tiene la desventaja que puede hacerse excesiva, lo que dificultaría el uso de los códigos.

García (2010) propone la estructura de codificación significativa que se muestra en la siguiente figura, la cual es conocida como estructura arbórea.



Figura 17 . Componentes de sistema para codificación significativa
Fuente: elaboración propia

La estructura anterior que propone el autor permite llevar un sistema de codificación muy explícito, el cual permite identificar de forma muy minuciosa todas las partes que integran una planta, por lo que es útil para indicadores porque permite tener datos muy precisos, por lo que se prefiere ante uno no significativo.

2.4.4 Tipos de mantenimiento

- *Evolución del mantenimiento*

Hoy es innegable el desarrollo y diversificación de la industria y la producción a altísimos niveles. Junto a ello, la tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta tecnología lleva implícito un alto costo, el cual debe evitarse alcance niveles aún mayores. Esto se logrará cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de la empresa, disminuya sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos.

Por lo anterior, se llega a la conclusión de que es necesario un mantenimiento organizado, eficiente y desarrollado que garantice a un costo competitivo la disponibilidad de los activos productivos.

Sin embargo, el mantenimiento ha evolucionado lentamente en comparación con el desarrollo industrial y las tecnologías de producción. (Rodríguez, 2003)

Esta eficiente gestión que se describe en la cita anterior, donde se tengan los menores costos de mantenimiento pero que se garantice la disponibilidad de los equipos, ha sido el resultado de una evolución lenta, la mejora en la gestión se ha logrado mediante la incorporación de estrategias y herramientas que mejoren la administración del mantenimiento y, por ende, la productividad del mantenimiento, convirtiendo al mantenimiento en un valor agregado y no en un costo innecesario, como antes se creía.

El mismo autor describe tres etapas marcadas en la producción industrial, en la primera etapa la producción se enfoca hacia la producción masiva sin considerar la calidad, durante la segunda etapa se buscan métodos de control de calidad y durante la tercera etapa es donde el mantenimiento toma mayor relevancia, ya que se busca producir al mínimo costo y con la máxima calidad por medio de un sistema integral de producción, considerando todas las partes relacionadas con la producción, por esto busca dar la máxima utilización a los equipos y garantizar las mejores condiciones de operación desde el momento de la compra y durante toda su vida útil.

Este comportamiento de la producción obedece a que no solo es necesario producir, sino también considerar la calidad del producto. La calidad a su vez depende no solo del departamento de operaciones, sino también de todos los que se relacionen con este, es ahí donde mantenimiento toma mayor relevancia, ya que debe tener una adecuada gestión para garantizar la disponibilidad de los equipos, pero sin generar costos excesivos. En la siguiente tabla se resumen las características más importantes de las etapas de la producción industrial.

Tabla 10. Etapas de la producción industrial

Etapa cantidad de producción	Etapa calidad de producción	Etapa disponibilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producir a bajo costo ▪ La calidad no es prioritaria ▪ Los equipos de producción carecen de importancia (la mano de obra debe producir) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Técnicas de control ▪ Prioridad de la calidad ▪ La calidad es tarea de todos ▪ Se determinan indicadores de seguimiento ▪ Los equipos de producción deben producir 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producir al mínimo costo y máxima calidad ▪ Integrar en la inversión de equipos todas las funciones relacionadas con la producción ▪ Influencia del mantenimiento ▪ Empieza la competitividad con la productividad elevada

Fuente: adaptado de Rodríguez (2010)

Por otro lado, las estrategias de mantenimiento surgieron conforme se mecanizaban y automatizaban los procesos, ya que mayor era la demanda del mantenimiento en las organizaciones y, por consiguiente, crecía la necesidad de mejorar las estrategias ya existentes y crear nuevas estrategias más competentes. Rodríguez (2010) señala que las etapas del desarrollo del mantenimiento coinciden con las etapas de la producción industrial, el autor divide la evolución del mantenimiento en tres etapas, la primera de ellas hasta los años cincuenta, hasta aquí las operaciones de mantenimiento se llevaban a cabo solo cuando existía una falla, sin embargo, ante la ausencia de mecanización y automatización, las reparaciones eran sencillas. En la segunda etapa, alrededor de los años sesenta, los procesos productivos se encontraban más automatizados, inicialmente en Estados Unidos y posteriormente en Japón, se comienza a introducir el mantenimiento planificado con el objetivo de mejorar la productividad. Dentro del mantenimiento planificado se encontraba el mantenimiento preventivo, el cual mediante revisiones periódicas pretende anticipar la ocurrencia de fallas. Ante el alto costo que implicaban estas inspecciones, se reemplazó el mantenimiento preventivo por el mantenimiento predictivo, el cual consiste en recopilar datos de las variables más relevantes relacionadas con los equipos y según sea el comportamiento de estas predecir las fallas.

A pesar de esta innovación, se recurrió nuevamente al mantenimiento correctivo y preventivo, por la alta inversión que implicaba el equipo utilizado para mantenimiento predictivo. En la etapa 3, se trata sobre el mantenimiento productivo total, donde a diferencia de la 2, no se separa el personal de mantenimiento con el de producción, sino que además de unirlos, involucra a toda la organización en la gestión del mantenimiento. La siguiente figura muestra un resumen de cómo se dio la evolución del mantenimiento.

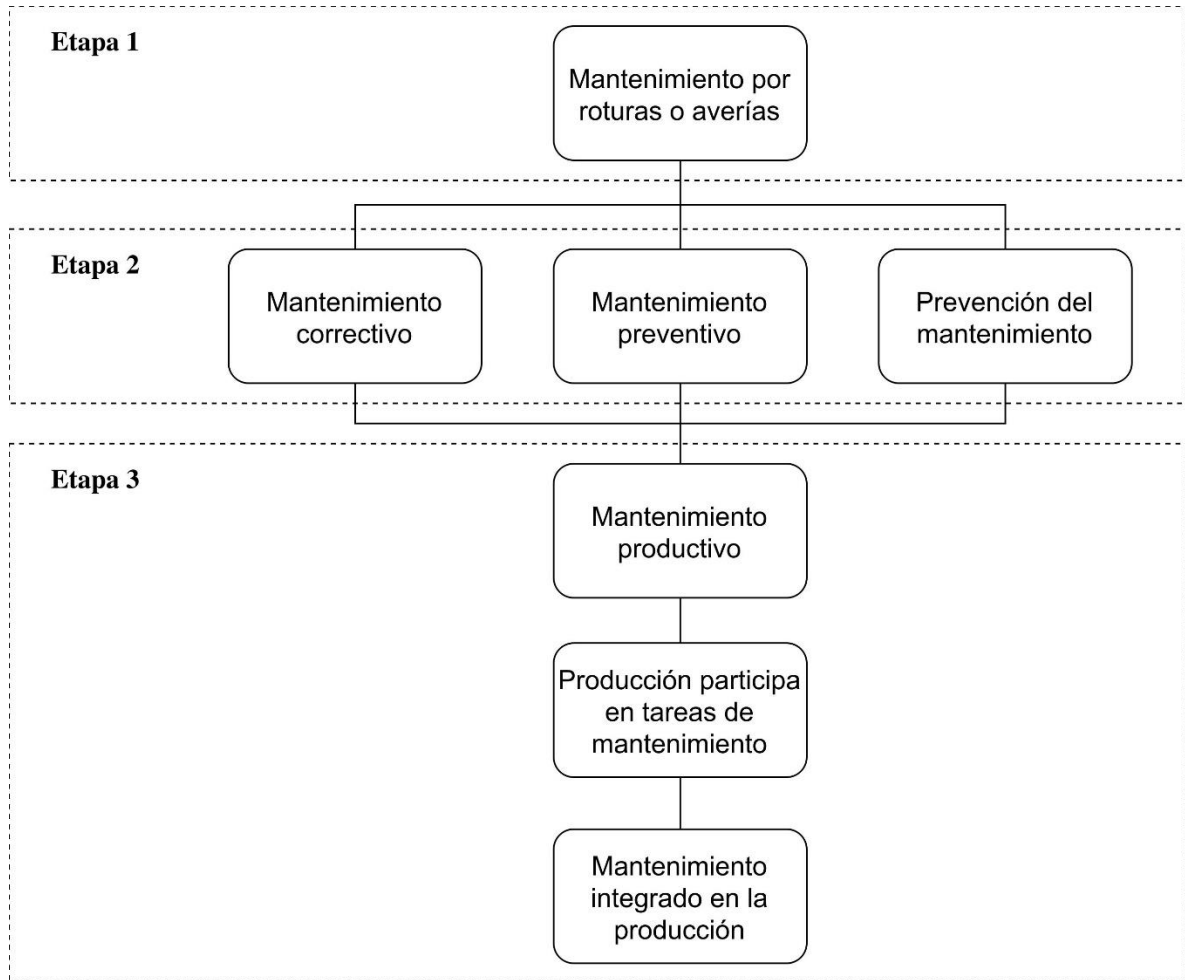


Figura 18 . Evolución del mantenimiento

Fuente: adaptado de Rodríguez (2010)

Cabe destacar la importancia que tuvieron los softwares como medios facilitadores de la gestión de mantenimiento, principalmente en la aplicación del mantenimiento predictivo para analizar el comportamiento de las variables involucradas.

- *Tipos de mantenimiento*

Antes de comenzar a caracterizar los tipos de mantenimiento, se va a definir lo que es mantenimiento en la siguiente cita:

(...) la palabra *Mantenimiento* se emplea para designar las acciones de mantener y restituir, que, con el uso de las técnicas o tecnologías, aseguran la correcta utilización del edificio e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva para conseguir a un costo competitivo la disponibilidad de los activos ya sea de un hotel, hospital, universidad, industria. (Rodríguez, 2003)

De acuerdo con la cita las acciones de mantenimiento tienen como objetivo principal garantizar la disponibilidad de los equipos a un costo competitivo y además de eso, asegurar la correcta utilización mediante la documentación de procedimientos y capacitación que deben tener los colaboradores, cabe señalar que estas acciones contribuyen con la función de mantenimiento, ya que la mala utilización de los equipos o los malos procedimientos aumentan la probabilidad de ocurrencia de fallas.

Los tipos más comunes de mantenimiento son el correctivo, el predictivo y el preventivo, pero, según la fuente bibliográfica, pueden encontrarse más clasificaciones. En el siguiente cuadro se resumirán las características de cada uno de estos tipos de mantenimiento mencionados.

Tabla 11. Cuadro comparativo de los tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento predictivo
Corresponde a las acciones de mantenimiento que se toman ante la ocurrencia de una falla o ante una inadecuada condición de operación del equipo.	Se refiere a rutinas planificadas que tienen como objetivo ajustar, reparar o cambiar partes para evitar que ocurra una falla.	Consiste en la medición de variables relacionadas con el estado del equipo, las cuales se interpretan para conocer el estado del equipo y planificar intervenciones si es necesario.
Es útil en la medida que se documenten y se busquen causas de las fallas para planificar rutinas de prevención.	Las inspecciones periódicas permiten detectar desgastes o condiciones de operación inadecuadas en los equipos antes de que se detone la falla.	Disminuye el tiempo de parada ya que se detectan las condiciones anómalas antes de que se dé la falla.

Puede ser programado o de emergencia.	Es programado mediante rutinas que incluyen inspección, lubricación, entre otras actividades.	Se utiliza principalmente donde se requiera garantizar una alta disponibilidad de los equipos más críticos mediante un sistema de monitoreo confiable y siempre que la inversión se justifique.
El de tipo programado consiste en tareas de mantenimiento correctivo en el corto plazo.	Los trabajos se planifican mediante órdenes de trabajo, que indiquen los recursos, instrucciones y medidas de seguridad.	Requiere de un sistema sofisticado y es indispensable el análisis periódico de los datos recopilados.
El mantenimiento correctivo programado se planifica para horarios donde no se interrumpa el proceso productivo o donde lo interrumpa en menor medida.	Se reducen los tiempos de paro a través de las inspecciones que permiten evitar la falla o disminuir la gravedad de las consecuencias mediante una atención temprana.	También reducen los tiempos de paro, ya que al medir parámetros de operación relevantes en los equipos y el análisis de los datos permite diagnosticar una condición inadecuada de operación antes de que ocurra una falla.
El mantenimiento correctivo de emergencia se da de inmediato ya que se está en presencia de una falla, por lo que requiera una pronta actuación para disminuir las pérdidas por paro.	Si la estrategia es adecuada, los costos de las inspecciones son menores a los costos que generaría un paro en la producción.	La inversión es alta, pero si se analiza periódicamente aporta información muy valiosa para la planificación del mantenimiento predictivo.

Fuente: elaboración propia

En el cuadro anterior se detalla cómo el mantenimiento correctivo de emergencia o no programado se da hasta que se presenta la falla, el correctivo programado se da cuando ya la falla se ha presentado anteriormente y se ha encontrado la causa que debe corregirse. Por otro lado, el preventivo se realiza cuando aún no hay condiciones de operación inadecuadas y el predictivo detecta cuando ya hay una condición anómala, sin embargo, no se ha detonado la falla, por lo que hay un tiempo de

actuación antes de que ocurra una falla. En la siguiente figura se detalla lo descrito, cuando actúa cada tipo de mantenimiento en el tiempo.

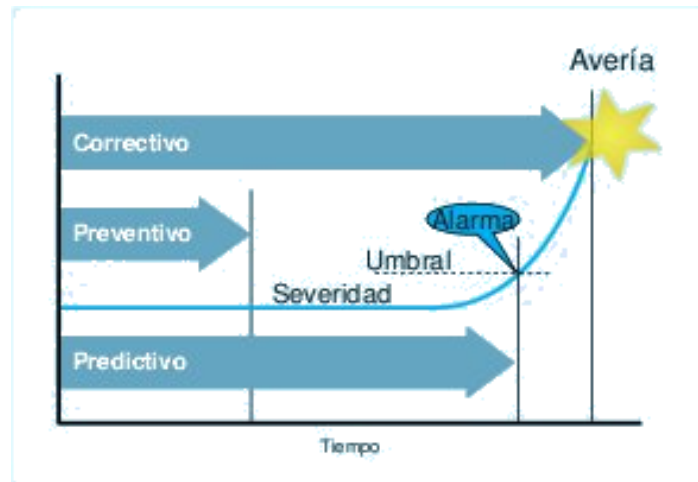


Figura 19. Comparación de la actuación de los tipos de mantenimiento en el tiempo

Recuperado de: http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html

Para García (2010) los tipos de mantenimiento más tradicionales son cinco, los tres mencionados, más el mantenimiento cero horas y el mantenimiento en uso. El mantenimiento cero horas lo define como:

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca algún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a cero horas de funcionamiento, es decir como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Según la cita anterior, el mantenimiento al que el autor llama cero horas se puede catalogar como el mantenimiento que otros autores llaman mantenimiento correctivo programado. García (2010) define el mantenimiento en uso como:

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total).

Este mantenimiento es el que se conoce como mantenimiento autónomo y, como se indica en la cita, es una de las bases del Mantenimiento Productivo Total, es decir, cuando la estrategia de mantenimiento de las empresas llega a ser de clase mundial.

- *Modelos de mantenimiento*

Antes de escoger un tipo de mantenimiento para los equipos deben estudiarse las condiciones de operación y la relevancia de cada uno de estos en el proceso productivo. Por esta razón, no se debe escoger un solo tipo de mantenimiento para todos los equipos por igual, ni tampoco se debe someter el equipo a un solo tipo de mantenimiento.

Para esclarecer la relevancia que tienen los equipos dentro de la organización se utiliza el análisis de criticidad, por medio de este análisis se clasifican los equipos en A, B o C, donde A es el más crítico y C el menos crítico. Para García (2010) los equipos categoría A son equipos críticos, los clasificados como B son equipos importantes y los clasificados como C son equipos prescindibles.

En la siguiente tabla se explican los cuatro modelos dados por García (2010), los cuales describen diferentes modelos de mantenimiento que se van a aplicar a los equipos según la criticidad de los mismos en la organización.

Tabla 12. Modelos de mantenimiento según la criticidad de los equipos

Modelo correctivo	Modelo condicional
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es aplicado a los equipos menos críticos. ▪ La reparación de averías se da cuando surjan. ▪ Incluye: inspecciones visuales, lubricación y reparación de averías. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para equipos de poco uso o con baja probabilidad de falla. ▪ Realización de pruebas o ensayos y solo cuando exista anomalía se programa la intervención (mantenimiento condicional). ▪ Incluye: inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento condicional y la reparación de averías.
Modelo sistemático	Modelo de alta disponibilidad
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para equipos que requieren una disponibilidad media, que si poseen una avería alteran el proceso productivo. ▪ Las tareas de mantenimiento son preventivas y correctivas, pueden no tener una frecuencia fija y no necesariamente requieren de la presencia de una anomalía para intervenir el equipo. ▪ Incluye: inspecciones visuales, lubricación, mantenimiento preventivo, mantenimiento condicional y reparación de averías. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Para equipos que no pueden sufrir una avería, que requieren una disponibilidad mayor al 90%. ▪ Requiere mantenimiento predictivo y paradas programadas para sustitución de elementos propensos a fallar. No admite el mantenimiento correcto. ▪ Incluye: inspecciones visuales, lubricación, reparación de averías, mantenimiento condicional, mantenimiento sistemático y el paro programado.

Fuente: adaptado de García (2010)

Además de tomar en cuenta lo descrito en cada modelo, se deben considerar dos aspectos más, el primero, García (2010) lo llama “mantenimiento legal” y corresponde a las rutinas de mantenimiento que deben seguirse en algunos equipos que deben cumplir con normativas debido a los riesgos que representa una falla para las personas o para el entorno. Aun cuando deban ser ejecutadas por personal capacitado, se deben incluir dentro del programa de mantenimiento. Un claro ejemplo de este tipo de mantenimiento, es el que se debe tener con el sistema contra incendios. El otro tipo de mantenimiento señalado por el autor es el “mantenimiento subcontratado a un especialista”, tal y como el nombre lo indica, es el que se terceriza, ya sea por falta de equipo especializado o por falta de conocimiento en el personal de mantenimiento. Sin embargo, debe evitarse y evaluar la necesidad de capacitación o de compra de equipo para reducir este gasto, ya que por lo general es muy costoso.

2.5 Sistema de información

Al igual que en otros procesos, la gestión de mantenimiento genera gran cantidad de datos, estos representan un insumo importante para la planificación, la gestión de recursos y otros procesos asociados el mantenimiento. Es útil en la medida que se gestione adecuadamente y se utilice como base para la toma de decisiones, de lo contrario no representa utilidad alguna.

Los datos son un conjunto de números y anotaciones sobre todos los aspectos relacionados con mantenimiento que se generan o se pueden obtener a partir de la actividad diaria. La información la componen también datos, pero ordenados de tal manera que nos permitan tomar decisiones. El sistema de información es el elemento que relaciona ambos, datos e información, de manera que convierte los primeros en segundos. (García, 2010)

En la cita anterior, el autor señala que los datos por sí solos no representan una información, información se refiere a los datos ordenados, que muestren la relevancia del comportamiento de las variables estudiadas para tomar las decisiones. La recopilación de datos se puede llevar por medio de formatos impresos o por medio de sistemas informáticos.

2.5.1 Documentos de mantenimiento

Los documentos más comunes utilizados en mantenimiento se encuentran: solicitud de trabajo, orden de trabajo, historial de reparaciones, requisición de bodegas, indicadores de funcionamiento, formularios para compras, entre otros. Además de estos, que se utilizan para la gestión, también están las fichas de los equipos y los programas de mantenimiento. Sin embargo, este apartado se enfocará a los documentos para la gestión.

La solicitud de trabajo es la que debe realizar cualquier colaborador de la organización que necesite servicios del departamento de mantenimiento. La solicitud de trabajo la debe tramitar el colaborador o los colaboradores de mantenimiento autorizados para generar órdenes de trabajo.

La orden de trabajo es el documento en el que el mando de mantenimiento informa al operario o al técnico de mantenimiento sobre la tarea que tiene que realizar. Estas órdenes son una de las fuentes de información más importantes de mantenimiento, pues en ellas se recogen los datos más importantes de cada intervención. (García, 2010)

El formato lo debe hacer la organización, entre los datos que debe tener son: número consecutivo, equipo que se debe intervenir, descripción del trabajo a realizar, herramientas y materiales requeridos, las medidas de seguridad que deben seguirse, el equipo de protección personal, el grado de urgencia del trabajo y la fecha y hora en que se emite.

Las órdenes de trabajo, también conocidas como OT, pueden ser correctivas o preventivas y para cada una debe existir un tratamiento distinto, puesto que las correctivas requieren de una actuación urgente, mientras que las preventivas se programan con antelación.

En cuanto a la bodega, deben existir otros documentos para controlar los insumos y para solicitar la compra. Pero es importante adaptar la cantidad de documentos y los datos que se van a recopilar al tamaño de la organización y a las necesidades específicas que tenga, para que la documentación aporte información valiosa y no vuelva el sistema complicado e inútil.

2.5.2 Flujoograma



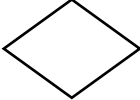
También llamado diagrama de flujo, es la representación gráfica de un proceso, en el área de mantenimiento, es una forma muy útil para explicar los procedimientos de forma sencilla. Debe cumplir con dos características principales, ser estándar y poseer múltiples desenlaces. El ser estándar le permite ser apto para aplicar a muchas situaciones, ya que debe funcionar de forma repetitiva, y de igual forma, incluir varios desenlaces posibles para obtener el resultado deseado de muchas formas.


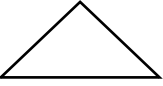
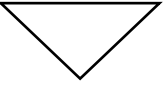
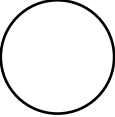
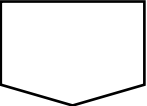
Otras características deseables de los flujoogramas es explicar el proceso de la manera más resumida posible, tener una simbología que evite anotaciones excesivas, explicar todos los pasos del proceso sin necesidad de más explicaciones, representar la base para capacitar a nuevos colaboradores y también para encontrar oportunidades de mejora. También se prefiere que tengan una extensión de más de una hoja y que en el proceso se tenga que tomar el mínimo de decisiones.

Las partes involucradas en el proceso se les llama clientes, que son los que tienen participación en el proceso, cada cliente va a representar una columna en el flujoograma, la cual debe estar numerada y servirá para hacer las conexiones dentro del flujoograma.

Es importante realizar un encabezado que especifique el nombre de la empresa, el departamento, la fecha de elaboración y el título del mantenimiento, así como el código de la hoja. Aunque un flujoograma puede estar representado con dibujos, también puede tener una simbología, la cual se explicará en la siguiente tabla.

Tabla 13 . Simbología utilizada en el flujoograma

Símbolo	Explicación del símbolo
	Representa una función, se debe indicar la acción lo más concreto posible.
	Se utiliza para indicar el inicio del proceso.
	Indica que se debe tomar una decisión.

	<p>Representa un documento involucrado en el proceso. El número 0 representa al documento original, en caso de que tenga una copia se indica también el número 1 y si tiene más copias se indican de forma consecutiva.</p>
	<p>Indica que el documento se debe archivar de forma permanente, se debe indicar cual copia del documento es la que se debe archivar.</p>
	<p>También indica archivar, pero de forma temporal, al igual que el anterior, se debe indicar cual copia es la que se debe archivar.</p>
	<p>Es un conector de página, se utiliza para indicar el lugar donde sigue el proceso dentro de la misma página. El primer número indica la columna donde continua el proceso y la segunda es un consecutivo de las conexiones.</p>
	<p>Es un conector, pero de hoja, es decir, cuando el flujograma del proceso tiene varias páginas. El primer número indica el número de hoja donde se va a encontrar la conexión, el segundo la columna y el tercero indica el consecutivo de la conexión.</p>

Fuente: adaptado de Piedra, 2015

2.5.3 Sistemas informáticos

Los sistemas informáticos o softwares pueden facilitar la gestión del mantenimiento, pero también presentan desventajas. Las principales ventajas que se tienen al utilizar un software es que se puede tener acceso a los datos históricos, facilita el control sobre los gastos y sobre la actividad del mantenimiento, además facilita el cálculo de indicadores.

García (2010) menciona que los inconvenientes de los sistemas informáticos son:

- Alta inversión inicial, tanto en equipos como en programas y en mano de obra para la implantación.

- Burocratización del sistema.
- En muchos casos, aumento del personal indirecto dedicado a tareas improductivas.
- La información facilitada a menudo no es tan fiable.

La inversión inicial es cuestionable, ya que se puede utilizar un software libre para evitar la compra de licencias y según el tamaño de la organización, no se requieren tantos equipos y, por la situación tecnológica actual, la mayoría de los colaboradores podrían utilizar un software con solo un poco de capacitación.

Lo que se debe cuidar es la información que se ingresa al software, la cual debe ser suficiente para que sea confiable, pero tampoco se debe tener un exceso porque se dificultaría la recopilación y el análisis no se llevaría a cabo, por lo que solo se incurriría en un gasto innecesario.

2.6 Indicadores de mantenimiento

Para controlar los procesos de mantenimiento y mejorarlos de forma continua, como se debe hacer según el modelo de gestión de mantenimiento, es necesario medir algunas variables para controlarlas. Con el objetivo de controlar las variables relacionadas con la gestión se deben medir indicadores de mantenimiento. Según Gómez son:

...una expresión cuantitativa del comportamiento de desempeño de un proceso, cuya magnitud al ser comparada con un nivel de referencia puede mostrar una desviación.

Existen tres grupos de indicadores:

- 1.**Económicos:** evalúan los costos de producción y mantenimiento.
- 2.**Técnicos:** evalúan tiempos, volúmenes, mano de obra y número de fallos.
- 3.**Organizacionales:** evalúan la efectividad del personal, tasa de accidentes, tipos de mantenimiento.

La cita anterior se extrajo de un material adaptado por Gómez de la norma alemana VDI-2893, en el primer párrafo se especifica qué son los indicadores de mantenimiento y se destaca que deben tener parámetros de referencia para deducir si tienen alguna desviación, además se pueden clasificar en tres grupos, según las variables que midan.

De acuerdo a Gómez los indicadores pueden ser utilizados para evaluar procesos y hasta equipos, dependiendo de lo que evalúen son usados para:

- Medir el estado
- Realizar comparaciones
- Medir cambios de manera continua
- Se utilizan para identificar objetivos y metas
- Establecer registros de comportamiento de los equipos
- Planificar acciones de mejora, cuantificar y visualizar deficiencias
- Predecir el comportamiento futuro sobre fallas y necesidades de mantenimiento.

Los indicadores son un medio para tomar decisiones de forma efectiva, siempre que hayan sido seleccionados adecuadamente, de lo contrario, no van a cumplir la medición del desempeño requerida y, por ende, no van a ser útiles en el mejoramiento continuo del proceso o en la predicción del comportamiento futuro de equipos, por ejemplo.

La norma alemana VDI-2893 es un referente que brinda el procedimiento a seguir para la selección de indicadores de mantenimiento, incluso sugiere utilizar los más comunes en este campo. La norma señala que se debe tener un modelo de gestión de mantenimiento para conocer los procesos asociados a mantenimiento y la forma en la que estos se relacionan con las demás áreas de la organización, ya que es importante alinear los objetivos de mantenimiento con los objetivos de la organización.

Con el objetivo de enlazar las estrategias de mantenimiento con las de la organización, se utiliza la herramienta llamada Balanced Scorecard (BSC) o Cuadro de Mando Integral. De acuerdo con Paredes (2008), el BSC es:

(...) un sistema de administración de desempeño que puede utilizarse en cualquier organización, grande o pequeña, para alinear la visión y misión con los requerimientos del cliente, las tareas diarias, administrar las estrategias del negocio, monitorear las mejoras en la eficiencia de las operaciones, crear capacidad organizacional, comunicando los progresos a todo el personal.

Otra definición que nos puede ayudar a comprender un poco más de lo que es el BSC: “El Balanced Scorecard es una metodología para traducir la Visión y Estrategia de una Organización en un grupo de Indicadores numéricos de desempeño que agrupan y enlazan todos los niveles y funciones de esa Organización.

Para realizar el BSC se debe enmarcar la estrategia desde cuatro perspectivas: financiera, clientes, procesos internos y aprendizaje y crecimiento. Estas son las perspectivas más comunes, pero pueden existir otras según la naturaleza de la empresa.

Según Paredes (2008), la perspectiva financiera está relacionada con la creación de valor y “se relaciona con la estrategia del crecimiento, la rentabilidad y el riesgo vista desde la perspectiva de los accionistas. La perspectiva del cliente “está relacionada con la estrategia para crear valor y diferenciación desde la perspectiva del cliente”, para el departamento de mantenimiento los clientes son las otras partes de la organización que requieren los servicios de mantenimiento. La perspectiva interna “se relaciona con las prioridades estratégicas de los distintos procesos internos que crean satisfacción de los clientes y accionistas.”, es decir está relacionado con la eficiencia de las actividades propias del departamento. La perspectiva de aprendizaje y crecimiento es llamada por el autor la perspectiva clave y está relacionada con los recursos, principalmente los humanos, “se relaciona con las prioridades para crear un clima de apoyo al cambio, la innovación y el crecimiento de la organización.”

Para seleccionar los indicadores para cada perspectiva, se deben conocer los objetivos de cada parte de la organización, los cuales están ligados a la estrategia de la organización desde los niveles ejecutivos y según el objetivo se determina cuál indicador es el más apto para medir el comportamiento de las variables relacionadas con el objetivo. Es importante considerar que la información requerida para el cálculo de indicadores se va a recopilar mediante los sistemas de información. Además, se debe definir una frecuencia de medición, el responsable de medirlo y los rangos dentro de los cuales debe estar el indicador para que sea aceptable.

CAPÍTULO 3.

SITUACIÓN ACTUAL

La evaluación del sistema de mantenimiento actual se realizó mediante la norma COVENIN 2500-93 con la tabla de evaluación adaptada de la misma norma. Se entrevistó al gerente de operaciones, el Ing. Ernesto Tutila Campos, quien de acuerdo con su experiencia y conocimiento de la organización asignó un puntaje para cada uno de los deméritos en caso de que el principio básico estuviera presente en la organización, de lo contrario se asignó el puntaje mínimo al no existir.

Al concluir la evaluación, se obtuvo un porcentaje global de 23,8%, como se observa en la tabla de evaluación. De acuerdo con Romero, C. (2010), el diagnóstico del sistema de mantenimiento se obtiene como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Diagnóstico del sistema de mantenimiento según porcentaje global obtenido con la evaluación de la norma COVENIN 2500-93

Porcentaje obtenido	Diagnóstico del sistema de mantenimiento
$\leq 40\%$	Deficiente
<i>Entre 40% y 60%</i>	Aceptable pero mejorable
<i>Entre 60% y 80%</i>	Bueno
90%	Muy bueno
100%	Excelente

Fuente: adaptado de Romero, 2010

De acuerdo con la tabla anterior, el sistema de mantenimiento actual es deficiente, no se cuenta con un departamento de mantenimiento, como es posible observar en el organigrama y los encargados de realizar mantenimiento en la empresa, el cual es meramente correctivo, pertenecen al departamento de operaciones.

Además del porcentaje global, otro indicativo de la gestión de mantenimiento actual es el método gráfico, mostrado también en la tabla de evaluación, donde se muestra que el comportamiento es muy irregular y que muchos de los principios básicos tienen un puntaje nulo, es decir, no existen dentro de la organización.

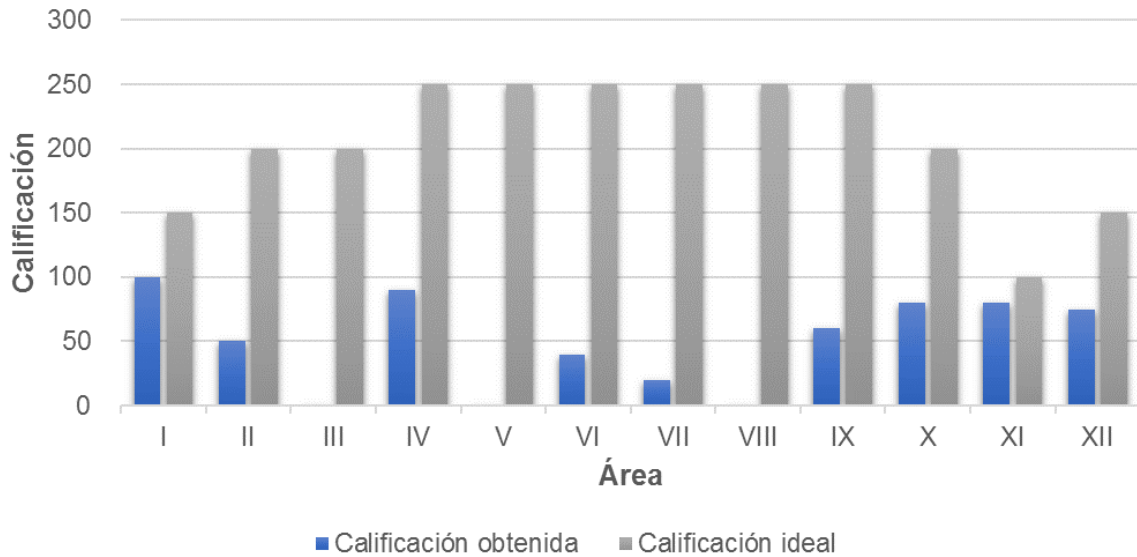
GAS TOMZA®		FICHA DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO										Basado en norma COVENIN 2500-93															
Empresa:		Gas Tomza, Planta Cartago										Evaluador:		Andrea Cordero Camacho													
Fecha:		15-feb-17										Inspección no.		1													
A	B	C	D										E	F		G %											
ÁREA	PRINCIPIO BÁSICO	PUNTOS	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	TOTAL DEMÉRITOS	PUNTOS	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
I Organización de la empresa	1. Funciones y responsabilidades	60	0	0	0								0	60	100												
	2. Autoridad y autonomía	40	0	0	10	0							10	30	75												
	3. Sistema de información	50	10	5	0	5	10	10					40	10	20												
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO										100	66.7													
II Organización de mantenimiento	1. Funciones y responsabilidades	80	15	15	15	10	10	15					80	0	0												
	2. Autoridad y autonomía	50	0	0	0	0							0	50	100												
	3. Sistema de información	70	15	15	10	10	10	10					70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO										50	25													
III Planificación de mantenimiento	1. Objetivos y metas	70	20	20	15	15							70	0	0												
	2. Políticas para planificación	70	20	20	15	15							70	0	0												
	3. Control y evaluación	60	10	10	10	10	5	5	5	5			60	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO										0	0													
IV Mantenimiento rutinario	1. Planificación	100	20	20	0	0	0	10					50	50	50												
	2. Programación e implantación	80	15	5	10	10	0	0	0	0			40	40	50												
	3. Control y evaluación	70	10	15	5	10	5	5	20				70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										90	36													
V Mantenimiento programado	1. Planificación	100	20	15	15	20	10	10	10				100	0	0												
	2. Programación e implantación	80	20	10	15	10	10	15					80	0	0												
	3. Control y evaluación	70	15	10	10	5	5	5	20				70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										0	0													
VI Mantenimiento circunstancial	1. Planificación	100	20	20	0	0	20						60	40	40												
	2. Programación e implantación	80	15	20	15	15	15						80	0	0												
	3. Control y evaluación	70	15	15	10	10	20						70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										40	16													
VII Mantenimiento correctivo	1. Planificación	100	30	30	20	20							100	0	0												
	2. Programación e implantación	80	20	20	20	0							60	20	25												
	3. Control y evaluación	70	15	15	20	20							70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										20	8													
VIII Mantenimiento preventivo	1. Determinación de parámetros	80	20	20	20	10	10						80	0	0												
	2. Planificación	40	20	20									40	0	0												
	3. Programación e implantación	70	20	15	15	10	10						70	0	0												
	4. Control y evaluación	60	15	15	10	20							60	0	0												
TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										0	0														
IX Mantenimiento por avería	1. Atención a las fallas	100	5	20	15	15	10	15					80	20	20												
	2. Supervisión y ejecución	80	20	0	0	10	5	5	0	0			40	40	50												
	3. Información sobre las averías	70	20	10	20	20							70	0	0												
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO										60	24													
X Personal de mantenimiento	1. Cuantificación de las necesidades de personal	70	30	20	20								70	0	0												
	2. Selección y formación	80	0	0	10	10	0	0	0	10			30	50	62.5												
	3. Motivación e incentivos	50	0	10	0	10							20	30	60												
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO										80	40													
XI Apoyo logístico	1. Apoyo administrativo	40	0	0	0	0	5						5	35	87.5												
	2. Apoyo gerencial	40	10	0	0	0	5						15	25	62.5												
	3. Apoyo general	20	0	0									0	20	100												
	TOTAL OBTENIBLE	100	TOTAL OBTENIDO										80	80													
XII Recursos	1. Equipos	30	3	0	0	0	0	5					8	22	73.3												
	2. Herramientas	30	0	0	0	5	5						10	20	66.7												
	3. Instrumentos	30	0	0	5	0	5	5					15	15	50												
	4. Materiales	30	1	0	3	3	3	3	3	3	0	3	22	8	26.7												
	5. Respuestos	30	2	0	3	3	3	3	3	0	0	3	20	10	33.3												
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO										75	50													
		2500											595														
PUNTUACIÓN PORCENTUAL GLOBAL																23.8 %											

Tabla 15 . Tabla de evaluación del sistema de mantenimiento de Gas Tomza

Fuente: elaboración propia

3.1 Análisis cualitativo de cada área

Gráfico 2 . Puntaje obtenido por área evaluada versus la calificación ideal



Fuente: elaboración propia

En el gráfico anterior se compara el puntaje obtenido en cada área evaluada, el cual está representado con las barras color azul, contra el puntaje máximo obtenible, las barras color gris. De esta forma también se visualiza la amplia brecha existente entre ambas, lo que se traduce en las deficiencias que posee cada área evaluada, a continuación se caracterizará la condición actual de cada área en la organización.

I. Organización de la empresa

Obtuvo una puntuación porcentual de 66,7%, la empresa si cuenta con una estructura organizacional, donde se distingue la línea de autoridad, las funciones de cada colaborador están definidas desde el contrato, aunque no son tan claras en la práctica, y los técnicos poseen autonomía para tomar decisiones en cuanto a eventos cotidianos. Las principales deficiencias de esta área se encuentran en el sistema de información porque, aunque existen algunos formatos para llevar registros, son escuetos y no existen flujogramas que describan el proceso que debe seguir la documentación, solo se cuenta con un archivo por departamentos y recientemente se comenzó a implementar un software para realizar la facturación de forma digital.

II. Organización de mantenimiento

Esta área obtuvo un 25% del puntaje máximo obtenible, las principales deficiencias son que no cuenta con una estructura departamental definida claramente en el organigrama, por el contrario, se carece de una estructura independiente al departamento de operaciones y, por ende, tampoco existen funciones y responsabilidades asignadas por mantenimiento, ni existe un sistema de información específico para mantenimiento. La fortaleza de que se destaca en esta área es el principio básico de autoridad y autonomía, los colaboradores de mantenimiento poseen capacitación y experiencia para resolver las fallas que surgen y ellos pueden tomar decisiones que les permitan solucionar problemas leves sin consultar a sus superiores, solo cuando el daño es grande o requieren la compra de materiales y repuestos lo consultan con el gerente de operaciones.

III. Planificación de mantenimiento

La puntuación para esta área es nula, la planificación relacionada con mantenimiento no existe.

IV. Mantenimiento rutinario

Esta área obtuvo un puntaje de 36%, se realizan tareas diarias y semanales principalmente de inspección, que por experiencia los técnicos conocen, pero no se tienen procedimientos documentados, ni actividades ni frecuencias asignadas. A pesar de que realizan inspecciones, no se controla ni se evalúan las mismas.

V. Mantenimiento programado

Al no existir ningún tipo de programación relacionada con tareas de mantenimiento, esta área también obtuvo una puntuación de 0%.

VI. Mantenimiento circunstancial

Esta área obtuvo un puntaje de 16%, aunque no se tienen registros ni procedimientos, cuando se realiza mantenimiento circunstancial si existe coordinación con el departamento de producción debido a que los técnicos pertenecen al departamento de operaciones y hasta el momento, el personal ha sido capaz de realizar las labores de mantenimiento circunstancial.

VII. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo obtuvo un 8%. Dentro de las falencias en este tipo de mantenimiento están que tampoco se tiene planificación, documentación de fallas que han ocurrido ni un orden de prioridades. Según lo anterior, tampoco se puede llevar control del tiempo, ni se conocen los pasos que deben seguirse para cumplir con el objetivo y por ende, tampoco hay control ni evaluación debido a la carencia de información.

VIII. Mantenimiento preventivo

Esta área no se puede evaluar, actualmente no existe ningún tipo de mantenimiento preventivo.

IX. Mantenimiento por avería

Obtuvo un 24% del puntaje obtenible, cuando se presentan fallas no siempre se atienden de inmediato, lo que provoca que se vean afectadas otras partes del sistema, en este tipo de mantenimiento tampoco existen documentos (órdenes de trabajo, procedimientos), ni se tienen los repuestos requeridos ni un orden de prioridades, como consecuencia, se debe esperar mucho tiempo hasta que el proveedor pueda vender el repuesto. Dentro de las fortalezas que se tienen cuando se atiende una falla, es que los técnicos encargados son supervisados, tienen experiencia en la reparación de fallas que son frecuentes y también cuentan con las herramientas necesarias, cada uno cuenta con una caja de herramientas.

X. Personal de mantenimiento

Esta área obtuvo un 35%, no se ha cuantificado la necesidad de mano de obra ya que nada relacionado con mantenimiento se documenta ni se planifica. No existen programa de capacitación o adaptación para mejorar las capacidades del personal y motivarlos. Solo se dan incentivos de acuerdo con la calidad de los trabajos realizados.

XI. Apoyo logístico

Esta área obtuvo un 80%, aunque no cuenta con una estructura definida para mantenimiento, tanto producción como la gerencia apoyan las tareas de corrección de fallas realizadas por los técnicos y se tiene conciencia de la importancia que representa mantenimiento en el sistema productivo.

XII. Recursos

El área de recursos obtuvo la mitad del porcentaje, dentro de las deficiencias encontradas en esta área, están que, aunque los colaboradores cuentan con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios, no se tiene un control de entrada y salida de estos, tampoco un control del estado de los mismos. En cuanto a materiales y repuestos, no se conoce cuáles son críticos y se deben tener en stock, no se ha determinado el impacto económico por no tener repuestos, solo se conocen los proveedores y, aproximadamente, los plazos de entrega. Ninguno de los recursos está ordenado por frecuencia de uso ni están rotulados o señalizados.

3.3.2 Requerimientos de las instalaciones según norma NFPA 58:214

Los requerimientos de las instalaciones, relacionados con mantenimiento, se recopilaron del capítulo 14 y conexos de la norma NFPA 58:2014 y mediante inspecciones se verificó que las instalaciones si cumplen con lo que estipula la norma, en la siguiente tabla se describen estos aspectos.

Tabla 16. Descripción del cumplimiento en las instalaciones de la planta de Cartago de Gas Tomza según los requerimientos de la norma NFPA 58:2014

Aspecto	Referencia	Descripción
<i>Corrosión</i>	6.6.1.4	Los tanques estacionarios deben estar pintados y mantener la pintura en buenas condiciones.
<i>Protección física</i>	6.6.1.2	Las instalaciones y los tanques de GLP están a 3 m de las vías públicas vehiculares y cuentan con barreras de protección vehicular.
	6.25.3.12	Los dispensadores están instalados sobre un cimiento de concreto.
<i>Tuberías</i>	6.9.3.10	Las tuberías que están sobre la superficie tienen soportes y están protegidas contra daños físicos vehiculares.

<i>Recipientes</i>	5.7.4.4	<p>El tanque principal cuenta con:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Una válvula de alivio de presión interna tipo resorte, tipo rasante totalmente interna, o una válvula externa de alivio de presión. (2) Un indicador fijo de nivel máximo de líquido. (3) Un indicador flotador, un indicador rotativo, un indicador de tubo deslizante o una combinación. (4) Un manómetro. (5) Un indicador de temperatura.
--------------------	---------	--

Fuente: elaboración propia

No se verificarán los requisitos que estipula el Decreto 28622 del MINAE que incluye hasta los planos de las instalaciones y los requerimientos estructurales, los que están fuera del alcance de este proyecto.

3.3.3 Expectativas de mantenimiento en la organización

Como ya se analizó, en la organización existen muchos recursos utilizados para mantenimiento, sin embargo, no hay una estructura independiente a operaciones ni tampoco se cuenta con una gestión adecuada, lo que dificulta las tareas relacionadas con mantenimiento.

El técnico Josué Saldaña espera que con la existencia de un departamento de mantenimiento se capacite a los operarios para que tengan mejores prácticas de llenado y manipulación de equipos porque muchas de las fallas que él ha atendido se deben a malas prácticas de operación. También espera que exista una adecuada gestión de compra de materiales y repuestos, de forma que se puedan comprar cuando se necesitan y que se tenga tanto un stock de repuestos en la bodega y un presupuesto disponible para cuando se requiera una compra urgente de materiales para un mantenimiento correctivo.

Asimismo, a pesar de que se tiene un cuarto utilizado como bodega, llamado el local técnico, no hay un espacio específico solo para el departamento donde se tenga un acceso restringido. En esta bodega se almacenan repuestos y materiales de distintos departamentos de la organización, lo que implica que muchos colaboradores tienen acceso al lugar. Por lo que el técnico sugiere que un departamento de mantenimiento tenga un espacio para guardar materiales y repuestos, así como las herramientas de cada uno.

También se espera que se designen espacios específicos para trabajar y que cada tarea tenga los debidos procedimientos documentados, donde se especifiquen los parámetros a los que se debe llegar, las medidas de seguridad que se deben seguir al ejecutar las tareas y todos los detalles relacionados con los trabajos.

Los procedimientos forman parte del sistema de documentación que la empresa requiere, actualmente se está trabajando en la documentación del departamento de operaciones, por lo que también se requiere una documentación para mantenimiento, de forma que se tengan los registros históricos y se pueda conocer el impacto que mantenimiento tiene en la organización.

Actualmente no se tienen procedimientos ni rutinas de mantenimiento documentadas, razón por la cual el técnico mencionado debe asumir siempre los trabajos o hacerlos según la frecuencia que él por experiencia ha definido.

Se concluye que las expectativas de mantenimiento en la organización se pueden sintetizar como: capacitación para todos los colaboradores relacionados con el equipo, procedimientos para todas las actividades relacionadas con mantenimiento, sistema de información (documentos y registros históricos) y determinación de los recursos necesarios para llevar a cabo una adecuada gestión.

3.3.4 Enfoque de gestión de mantenimiento propuesto

3.3.1 Misión propuesta

Garantizar a Gas Tomza de Costa Rica S. A. la disponibilidad y seguridad de las instalaciones mediante servicios de mantenimiento oportunos, rentables y de calidad, que cumplan las normativas vigentes, satisfagan las expectativas y contribuyan al logro de objetivos de las partes interesadas.

3.3.2 Visión propuesta

Ser un departamento que brinde mantenimiento de clase mundial, reconocido por el profesionalismo de los colaboradores del departamento y el valor agregado que genera a la organización, aumentando la competitividad de la organización y la eficiencia de los recursos.

3.3.3 Objetivos propuestos

1. Asegurar la disponibilidad de los equipos de producción, del sistema contra incendio y de las instalaciones de la planta.
2. Diseñar y utilizar manuales y procedimientos que cumplan con las normativas vigentes para garantizar la seguridad.
3. Contribuir con la gestión ambiental mediante la clasificación y adecuada disposición de los desechos que se generen en el departamento.
4. Documentar y mantener registros de todas las actividades que realice el departamento de mantenimiento.
5. Calcular indicadores de mantenimiento periódicamente para mejorar continuamente los procesos del departamento.

CAPÍTULO 4.

MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.1 Elementos del modelo

4.1.1 Normas y reglamentos

Este componente es fundamental en el modelo, debido a la peligrosidad asociada al proceso productivo con la manipulación del GLP es indispensable planificar, operar y ejecutar según lo que estipulan las normas y reglamentos vigentes. Por esta razón, todos los procesos de la empresa deben enmarcarse en la legislación.

Se reitera que en la legislación aplicable actualmente en nuestro país está el decreto 28662 del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), además la normas NFPA 58 y NFPA 59, que están relacionadas con plantas de envasado de GLP y que son referentes internacionales.

También es aplicable la norma NFPA 70, el Código Eléctrico Nacional, leyes relacionadas con la disposición de desechos, como la ley 8839 y la ley 5395, el Manual de disposiciones del Cuerpo de Bomberos, la norma NFPA 10 que trata sobre la señalización y otros relacionados con la seguridad e higiene en el trabajo, el Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la Norma Técnica del Seguro de Riesgos del Trabajo y Salud Ocupacional.

Es vital el cumplimiento de las normativas no solo para proveer las condiciones adecuadas y seguridad a los colaboradores, sino también porque periódicamente el Cuerpo de Bomberos y personal autorizado por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) realiza evaluaciones y si la condición de la organización es deplorable, se expone a sanciones impuestas por los entes mencionados.

4.1.2 Gas Tomza de Costa Rica

Debido a que los objetivos del departamento de mantenimiento deben estar alineados con los objetivos de la organización, se considera la misión, visión, objetivos y expectativas de la organización para plantear la estrategia de mantenimiento, es decir, los intereses de la organización representan la cúspide del modelo, después de las normas.

Todas las actividades relacionadas con mantenimiento van a estar en función de la estrategia organizacional, además de que los procesos que se desarrollen en el departamento de mantenimiento deben involucrar a todos los componentes de la organización con las que se deba relacionar, para hacer un sistema más integral y contribuir con el logro de los objetivos de la organización de forma conjunta con otras instancias de la misma.

4.1.3 Clientes

Según el proceso productivo de la organización, se identifican tres clientes del departamento de mantenimiento: requisitos de operación y producción, el sistema contra incendios y la infraestructura.

Estas son las áreas en las que debe operar el departamento, los requisitos de operación y producción van a estar dados por el departamento de operaciones porque son los afectados si las variables involucradas en el proceso no son las adecuadas, por ejemplo, la presión del aire comprimido y del GLP, el funcionamiento de las llenadoras, el compresor y la bomba de GLP, entre otros. La satisfacción de los requerimientos de producción y operaciones será medida por medio de indicadores que se relacionen con mantenimiento y que hayan sido afectados por la disponibilidad de los equipos.

Por otro lado, el sistema contra incendios siempre debe estar en óptimas condiciones por la gravedad que puede tener una emergencia debido a la presencia del GLP, por lo que requiere de un mantenimiento específico para el sistema. El sistema contra incendios actual tiene pocos años de instalado y el mantenimiento de este está tercerizado. La infraestructura también debe cumplir con los requerimientos estipulados en la norma.

El sistema contra incendios y la infraestructura son evaluados por el personal autorizado de ARESEP y el Cuerpo de Bomberos, que también evalúan ciertas condiciones del proceso productivo, como las condiciones de seguridad. De esta forma, la satisfacción de los clientes será medida con las evaluaciones realizadas por las autoridades competentes y por los indicadores de producción.

4.1.4 Departamento de mantenimiento

Al departamento de mantenimiento lo encabeza la misión, visión y objetivos del mismo, que deben estar en función de los de la organización; dentro del departamento de mantenimiento se incluyen cuatro procesos: planificación, gestión de recursos, ejecución y supervisión y control y mejora, todos estos procesos se enlazan mediante un sistema de información y es por medio de datos que se da la mejora continua, que como se señaló el flujo de información va desde los niveles inferiores, es decir, el nivel operativo hasta la dirección.

Planificación

Los procesos de planificación a su vez se dividen en tres, el primer tipo de planificación corresponde a la planificación de las actividades diarias, el segundo de ellos corresponde a la programación de actividades de mantenimiento y el último es planificación a largo plazo, es decir, la planificación de proyectos de mejora y modificaciones que contribuyan al mejoramiento del proceso avalado con un estudio de factibilidad.

Gestión de recursos

Los recursos se dividirán en tres: recursos humanos, materiales y repuestos y tecnologías de la información. Cada tipo de recurso se debe administrar de forma distinta para garantizar el máximo aprovechamiento, por esta razón se dividieron en las categorías especificadas. La gestión del recurso humano es fundamental para desempeñar las actividades programadas de mantenimiento de la forma adecuada, mediante el conocimiento de perfil y competencias que deben poseer los colaboradores involucrados, que en caso de que no se cumpla se deben capacitar.

La gestión de materiales y repuestos implica un gasto para la organización, pero si no se realiza, afecta directamente la disponibilidad de los equipos, que se traduce en pérdidas de mano de obra y por paros en la producción, por lo que se debe identificar el stock necesario que no genere gastos innecesarios por almacenamiento a la organización, pero que tampoco se pierda tiempo por espera en la entrega de materiales o repuestos. Además, se debe tener control sobre las existencias y procedimientos, con la respectiva documentación, para solicitud de los mismos y solicitud de compra.

Las tecnologías de la información son una herramienta muy útil siempre que se gestionen frecuente y adecuadamente, de lo contrario solo representan un conjunto de información que no aporta valor dentro del sistema. Se debe tener la información

suficiente para fundamentar la toma de decisiones, pero tampoco se debe tener exceso para analizarla de forma sencilla y tomarla en cuenta en la planificación.

Ejecución y supervisión

Una vez que se han programado las tareas de mantenimiento con los recursos y personal requerido, se lleva a cabo en el nivel operatorio la ejecución de estas actividades.

A pesar de que en este nivel ya los colaboradores deben tener las competencias para ejecutar las tareas de mantenimiento, esto no inhibe la supervisión que deba tener el colaborador encargado de ejecutar.

Control y mejora

Solo se tiene garantía que el modelo funciona si se mide la efectividad del mismo, para esto se incluye dentro de los procesos de control y mejora el sistema de indicadores, las auditorías internas, las oportunidades de mejora y el control de costos.

El sistema de indicadores va a estar compuesto por indicadores específicos del departamento de mantenimiento, los cuales medirán la efectividad de la programación y ejecución de mantenimiento. Las auditorías internas contribuyen a la identificación de debilidades en la organización. Las oportunidades de mejora son el resultado del análisis de evaluaciones efectuadas, son aspectos mejorables. El control de costos permite optimizar los recursos con los que cuenta el departamento, así como identificar posibilidades de ahorro.

Sistema de información

Es el enlace que existe entre los procesos de planificación, gestión de recursos, ejecución y supervisión y el proceso de control y mejora. El sistema de información debe mantener la documentación necesaria para todas las actividades de mantenimiento, de forma que se puedan obtener registros e información pertinente que respalde la toma de decisiones en el departamento.

4.1.5 Satisfacción

La satisfacción del sistema se determinará por medio de las evaluaciones realizadas por el Cuerpo de Bomberos y la ARESEP, además de los indicadores del departamento de operaciones, que básicamente consiste en cumplir los parámetros de calidad y que no existan paros en la producción por causas relacionadas con el departamento de mantenimiento.

4.2 Modelo de gestión de mantenimiento propuesto

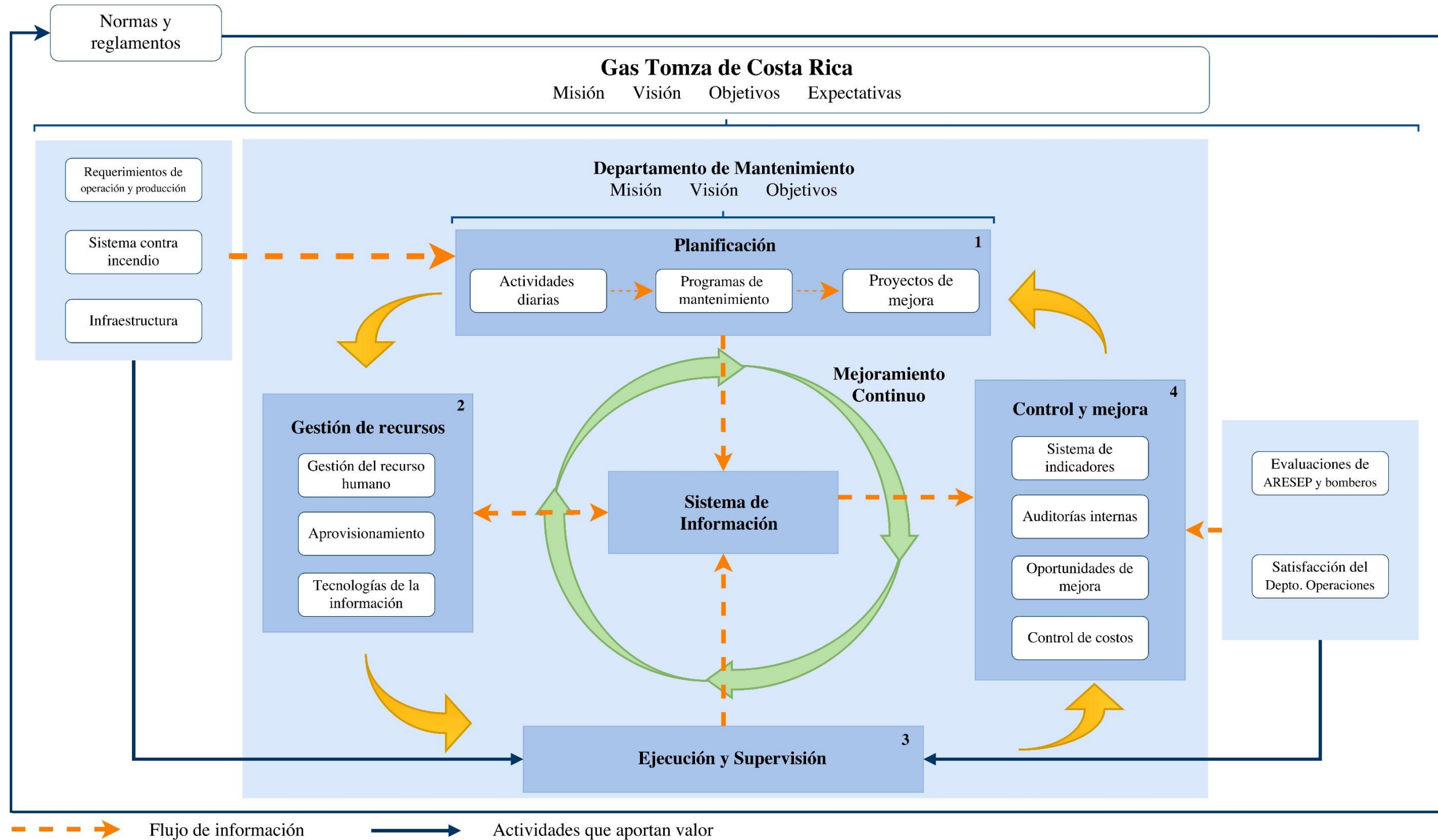


Figura 20. Modelo de Gestión de Mantenimiento Propuesto (basado en ISO 9001:2008)

Fuente: elaboración propia

El modelo describe cómo debe operar el departamento de mantenimiento en la organización, las normas y reglamentos enmarcan todas las actividades que se desarrollan en la organización. Posteriormente los objetivos, misión, visión y expectativas de Gas Tomza de Costa Rica lideran las demás actividades, por esta razón están sobre los clientes y sobre el departamento de mantenimiento.

Los requisitos, dados por los clientes de mantenimiento, que representan las partes interesadas, son las entradas para el proceso de planificación, donde serán, junto con la misión, visión y objetivos del departamento, la base para programar las actividades de mantenimiento. La planificación es el primer proceso que debe llevarse a cabo en el departamento, posteriormente se gestionan los recursos de la forma en la que se detalló y luego se ejecutan las actividades.

Tanto la planificación, como la gestión de recursos y la ejecución y supervisión se enlazarán mediante un sistema de información y el sistema será la fuente primaria de información para los procesos de control y mejora. La segunda fuente de información para este último proceso serán las evaluaciones del Cuerpo de Bomberos y de ARESEP que estos miden una parte de la satisfacción de los requisitos de los clientes. Con la información obtenida se identifican las oportunidades de mejora y las posibilidades de ahorro, si existen, las cuales serán la entrada nuevamente para planificar y ajustar las tareas de mantenimiento a las necesidades de la organización.

En la figura mostrada, las flechas amarillas señalan el orden en que deben darse los procesos en mantenimiento, este orden también se especifica con los números que posee cada proceso involucrado.

Para cumplir con lo que estipula la norma ISO 9001:2008, al modelo se le dio un enfoque basado en procesos: planificación, gestión de recursos, ejecución y supervisión, y control y mejora. Además, se incluye la mejora continua, que debe darse como indica la flecha verde, con el flujo de información dado desde el nivel operativo hasta la dirección que es la encargada de la planificación. Como la misma norma lo indica, la flecha con línea discontinua indica el flujo de información que se da entre todos los componentes involucrados en el modelo.

Se cumple con la característica señalada en la norma, que el modelo sea cíclico, ya que es con los requisitos de los clientes que también se vuelve a dar la planificación. Y son los requisitos y la satisfacción de estos, los que agregan valor al producto de las actividades de mantenimiento en el proceso de ejecución y supervisión.

4.3 Estructura de costos de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento siempre van a representar un gasto para la organización, pero el porcentaje que representen dentro del total de gastos va en función de la gestión que el departamento de mantenimiento les dé a los recursos que recibe. Por lo que es deseable que el sistema de gestión de mantenimiento tenga conocimiento de cuáles son esos costos y los controle, ya que se busca que sean lo mínimo posible, es decir, que represente el menor porcentaje posible dentro del total de gastos de la organización.

Se adoptará la estructura de costos propuesta por los autores Navarro, Pastor, & Mugaburu (1997) que destacan que los costos de mantenimiento poseen dos características importantes: “La primera es que, a diferencia de otras partidas como la materia prima, es un coste que lo fija o controla la propia empresa, pudiendo destinar mayores o menores recursos. La segunda es que genera un gasto que obliga a una cierta liquidez que no se recupera (como el coste de la materia prima que se puede ir compensando con las ventas)”.

Es importante dar énfasis a estas características, porque los recursos de mantenimiento por lo general son limitados, razón por la que es vital la buena gestión para cumplir con los objetivos del departamento al menor costo. Se adaptará la estructura de costos propuesta por los autores mencionados, la cual se especifica en la siguiente figura.

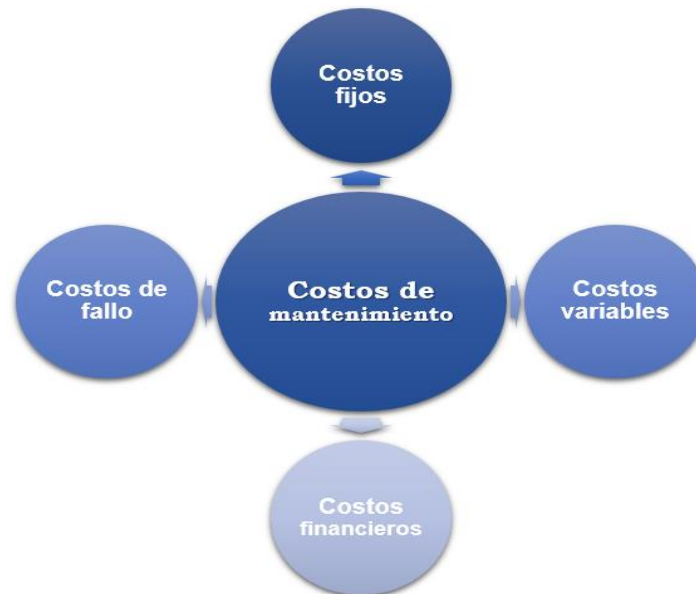


Figura 21 . Costos de mantenimiento

Fuente: elaboración propia

Para Gas Tomza esta estructura de costos se adapta a la realidad actual en la organización, donde no se tienen indicadores ni se manejan registros, por lo que una clasificación más minuciosa podría hacer el proceso de control de costos más engorroso y probablemente la información que genere no podría ser analizada y ser considerada de forma oportuna en la toma de decisiones. A continuación, se especificarán las características de cada tipo de costos para facilitar su identificación.

4.3.1 Costos fijos

Los costos fijos de mantenimiento son aquellos que no están en función del tamaño de la producción, es decir, aunque la producción sea casi nula, los gastos fijos van a ser los mismos. Este tipo de costos incluyen principalmente la mano de obra y los recursos que se requieran para llevar a cabo las actividades de mantenimiento programado. Dentro de esta categoría también se clasifican el pago de alquileres, como el alquiler de un equipo de medición, por ejemplo.

Estos costos garantizan que se puedan llevar a cabo las actividades programadas por el departamento de mantenimiento, se traduce en la garantía de que las condiciones de las instalaciones se van a mantener en el mediano y largo plazo. La reducción de los costos fijos podría generar el deterioro de las instalaciones y de la capacidad productiva el mediano y largo plazo.

4.3.2 Costos variables

Contrario a los costos fijos, los costos variables responden al nivel de producción, como su nombre lo indica no son constantes. Para el departamento de mantenimiento, por lo general los costos variables van a estar asociados con el costo de mano de obra y de materiales y repuestos que implique la realización de un mantenimiento correctivo, también se incluye el costo que tengan reparaciones que sean solicitadas al departamento.

Se debe procurar reducir estos gastos al mínimo posible, mediante el ajuste de las estrategias de mantenimiento utilizadas para disminuir la ocurrencia de fallos. Se asocia el mantenimiento correctivo a los costos variables, ya que entre más horas de operación tenga el equipo, mayor será la probabilidad de que surja una falla.

4.3.3 Costos financieros

Se refiere a costos financieros los costos del inventario almacenado en la bodega, que se supone no deben tardar mucho tiempo en ser utilizados para no incurrir en gastos innecesarios por almacenamiento y eventual deterioro, por esta razón es necesario identificar los que son críticos para mantener almacenados únicamente estos. También es necesario poseer un control de estas existencias para que cuando sean utilizadas, sean reemplazadas y de esta forma, garantizar la disponibilidad de los equipos productivos.

Por otro lado, también entra en esta categoría la depreciación y gastos relacionados con la duplicidad de equipos, cuando se haya demostrado que es más económico mantener un equipo duplicado por la criticidad del mismo en el proceso.

4.3.4 Costos de fallo

Se refiere a costos relacionados con mantenimiento, pero no con la función principal de mantenimiento y suelen ser despreciados porque se ha considerado que los que tienen mayor impacto son los tres primeros mencionados. Para empresas productivas, los costos de fallo son:

1. Pérdidas de materia prima
2. Descenso de la productividad de la mano de obra del personal de producción, mientras se realizan las reparaciones
3. Pérdidas energéticas por malas reparaciones o por no realizarlas, fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
4. Rechazo de productos por falta de calidad.
5. Producción perdida durante la reparación, menores ventas, menores beneficios.
6. Averías medioambientales que pueden suponer desembolsos importantes para la empresa, fugas de productos, etc.
7. Averías que puedan suponer riesgo para las personas o para la instalación, daños humanos, primas de seguro, imagen, etc.
8. Costes indirectos, amortizaciones, etc.
9. Pérdida de imagen, ventas, etc. (Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997)

En el proceso de envasado es importante considerar este tipo de costos, ya que, si se tienen fugas, sea en las tuberías, accesorios o boquillas para llenado, se generan pérdidas por el desperdicio de producto. También es importante considerar el aislamiento del quemador industrial, el cual se encuentra deteriorado, ya que entre mayor sea la transferencia de calor, el aire va a llegar a una menor temperatura, lo que se traduce en un mayor tiempo para calentar el sello termoadherible que se coloca en la válvula de los cilindros.

Asimismo, los costos de fallo incluirían el costo de la producción que se habría dado en los tiempos en los que se tienen paros.

4.3.5 Costo total de mantenimiento

De acuerdo a la clasificación anterior, el costo total de mantenimiento es la suma de los costos fijos, los costos variables, los costos financieros y los costos de fallo. Es importante considerar todos los costos que se asocien al departamento de mantenimiento, ya que como se mencionó, los costos de fallo no son por actividades de mantenimiento, pero son costos que con una adecuada gestión se pueden reducir.

Para demostrar el verdadero impacto que tiene mantenimiento en la organización, se debe hacer con el costo total de mantenimiento, ya que con una sola clasificación, solo se tendría una visión parcial de los costos implicados ante una eventual falla y podría conducir a decisiones incorrectas, como recortar el presupuesto que le asigna la organización al departamento y esto conlleva al incumplimiento de los programas de mantenimiento, lo que se traduce en atender contra la disponibilidad de los equipos e impactar negativamente las ventas y así ocasionar mayores gastos.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS

5.1 Lista de equipos

Para realizar la lista de equipos se utilizarán los primeros niveles de la estructura arbórea, es decir, la planta, el área, el equipo y los sistemas que posee cada uno de estos. No se especificarán los componentes y los elementos para no volver la lista muy compleja, porque no volvería funcional el sistema por estar en una etapa tan incipiente. Esta lista va a aportar información importante para la documentación.

Tabla 17. Lista de equipos de Gas Tomza de Costa Rica S. A. Planta de Cartago

<i>Nivel 2</i> Área	<i>Nivel 3</i> Equipo	<i>Nivel 4</i> Sistema
Cuartos de equipos	Bombas	Tubería de succión y descarga
		Elementos mecánicos
		Instrumentación
		Sistema eléctrico
		Control
	Compresores de aire	Sistema de lubricación
		Sistema de admisión y descarga de aire
		Sistema de transmisión
		Instrumentación
		Control
		Sistema eléctrico
		Componentes estructurales
	Planta eléctrica	Sistema de generación
		Sistema de arranque
		Sistema de alimentación de combustible
		Sistema de control
		Sistema de enfriamiento
		Sistema de transmisión
		Componentes estructurales
Cuarto equipo contra incendio	Equipo contra incendios	Sistema de almacenamiento de agua
		Sistema de bombeo
		Sistema eléctrico
	Red de agua contra incendios	Sistema de Bocas de Incendio Equipadas (BIE)

		Sistema de detección	
		Sistema de hidrantes	
		Válvulas	
		Tuberías	
Andén	Llenadoras mecánicas y automáticas	Elementos estáticos	
		Elementos de medición	
		Instrumentación	
		Válvulas	
	Red de aire comprimido	Válvulas	
		Tubería	
		Instrumentación	
	Básculas electrónicas	Elementos estáticos	
		Indicador de peso digital	
Alimentación eléctrica			
Zona de descarga de cisterna	Bomba de GLP	Tubería de succión y descarga	
		Sistema de transmisión	
		Instrumentación	
		Sistema eléctrico	
		Componentes estructurales	
		Control	
	Compresor de GLP	Sistema de lubricación	
		Sistema de transmisión	
		Sistema de admisión y descarga	
		Componentes estructurales	
		Instrumentación	
		Sistema eléctrico	
	Red para GLP líquido	Tuberías	
		Válvulas	
		Instrumentación	
	Red para GLP gaseoso	Tuberías	
		Válvulas	
		Instrumentación	
	Patio de trasiego y dique	Red para trasiego de GLP	Tuberías y almacenamiento
			Válvulas
			Instrumentación
		Tuberías	
		Válvulas	

	Redes para carga y descarga de tanque principal	Instrumentación
--	---	-----------------

Fuente: elaboración propia

5.2 Fichas técnicas

Luego de realizar una lista de equipos y recopilar información de las placas, se procedió a buscar información con los fabricantes de los mismos, se obtuvieron manuales o detalles de operación para la mayoría de éstos.

En las fichas técnicas se incluirán los datos recopilados de las placas que poseen los equipos y los que se han obtenido por medio del catálogo de los proveedores, los datos con los que no se cuenta se deben agregar a las fichas técnicas conforme se recaben más datos mediante la documentación de la gestión de mantenimiento.

Para facilitar el manejo la información, los datos más generales de los equipos se agruparán por las clasificaciones que se resumen en la siguiente tabla y se adaptarán para cada equipo. Las fichas técnicas se adjuntan en los apéndices.

Tabla 18. Clasificación de la información para las fichas técnicas

Clasificación	Características	Clasificación	Características
<i>Datos generales</i>	Marca Modelo Serie Ubicación Cantidad	<i>Detalles de funcionamiento</i>	Valores de operación normal para las variables del equipo (caudal, presión, tensión)
<i>Motor eléctrico</i>	Marca Serie Potencia Carcasa (Frame) Factor de servicio Velocidad Corriente Voltaje Fases Conexión	<i>Partes del equipo</i>	Diagrama donde se muestren, al menos, las partes principales de los equipos.

<i>Sistema de transmisión</i>	Rodamientos Diámetro de las poleas (conductora y conducida) Diámetro de los ejes Tipo de faja
-------------------------------	--

Fuente: elaboración propia

Las fichas técnicas propuestas incluyen la codificación del equipo en la esquina superior derecha, esto con el objetivo de que si se tiene dudas del equipo que se menciona en el título, se tenga información de planta y la zona donde se encuentra y con la fotografía es posible terminar de identificarlo. Por otro lado, abajo del título se indicará si existe el manual del fabricante del equipo al que pertenece la ficha; estos manuales se tendrán en formato digital para cuando se requiera consultarlos.

Las fichas técnicas se deben tener impresas dentro del local técnico, para que cuando el personal de mantenimiento necesite consultarlas las tenga a su alcance.

5.3 Codificación de equipos

La codificación que se propone para los equipos es la codificación significativa, que proporciona datos sobre la ubicación de la planta y, por ende, la función que cumple dentro de la misma porque la lista de equipos no proporciona una información fácil de manejar en toda la gestión del mantenimiento.

Debido a que Gas Tomza de Costa Rica S. A. cuenta con tres plantas en Costa Rica y las tres tienen equipos similares, la codificación propuesta va a estar compuesta por cuatro partes. La primera parte va a estar compuesta por dos letras, que indican la planta en la que se ubica el equipo, a pesar de que el proyecto se enfoca hacia la planta de Cartago, se van a incluir las otras dos para dar oportunidad de trascender el mismo sistema hacia las otras plantas.

La segunda parte proporcionará información sobre el área de la planta donde se encuentra el equipo, las cuales van a estar representadas por dos números, posteriormente se designará un número a cada área. La tercera y cuarta parte refieren propiamente a los equipos, la tercera parte va a estar representada por dos letras que indican el equipo que se está codificando y la cuarta parte es el número consecutivo, el cual depende del área donde se ubique el equipo, es decir, es independiente el consecutivo para cada área. En las siguientes tablas se mostrará el código que se utilizará para cada parte que compone la codificación.

Tabla 19 . Codificación de plantas

Planta	Código
Planta Cartago	PC
Planta Alajuela	PA
Planta La Cruz	PL

Fuente: elaboración propia

Tabla 20. Codificación de áreas

Área	Código
Cuartos de equipos	01
Sistema contra incendio	02
Andén	03
Descarga cisternas	04
Patio de trasiego y dique	05
Taller	06

Fuente: elaboración propia

Tabla 21. Codificación de equipos

Equipos	Código
Bomba	BO
Compresor	CO
Generador eléctrico	GE
Transformador	TR
Llenadora mecánica	LM

Llenadora mecánica (punta pol)	LP
Llenadora automática	LA
Quemador industrial	QI
Romana electrónica	RO
Patio de trasiego y pingüino	PI
Tanque principal	TP
Báscula electrónica	BE
Motor	MO

Fuente: elaboración propia

La siguiente figura muestra la forma en la que se deben organizar los códigos mostrados en las tablas anteriores.

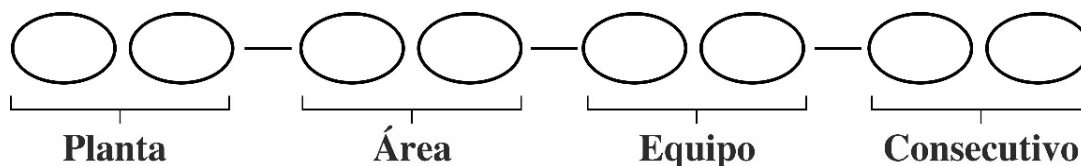


Figura 22 . Codificación propuesta

Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra un resumen que integra todos los elementos anteriores y la codificación para cada uno de los equipos existentes en la planta, no se incluyen los equipos que se encuentran en el taller porque este proyecto se limita a la sección de operaciones, no incluye al taller automotriz, sin embargo, se incluye para que posteriormente también se expanda el sistema de codificación hacia esta área.

Tabla 22 . Codificación propuesta

Planta	Área	Equipo	Codificación propuesta
Cartago	Cuartos de equipo	Bomba pozo profundo	PC-01-BO-01
		Bomba agua potable	PC-01-BO-02

		Compresor neumático (azul)	PC-01-CO-01
		Compresor neumático (negro)	PC-01-CO-02
		Planta eléctrica	PC-01-GE-01
		Bomba agua no potable	PC-01-BO-03
		Transformador de baja	PC-01-TR-01
	Sistema contra incendio	Bomba Jockey	PC-02-BO-01
		Bomba contra incendio	PC-02-BO-02
		Generador eléctrico	PC-02-GE-01
	Andén	Llenadora mecánica 1 (M1)	PC-03-LM-01
		Llenadora mecánica 2 (M2)	PC-03-LM-02
		Llenadora mecánica 3 (M3)	PC-03-LM-03
		Llenadora mecánica 4 (M4)	PC-03-LM-04
		Llenadora mecánica 5 (M5)	PC-03-LM-05
		Llenadora mecánica 6 (M6)	PC-03-LM-06
		Llenadora mecánica 7 (M7)	PC-03-LM-07
		Llenadora mecánica 8 (M8)	PC-03-LM-08
		Llenadora mecánica punta pol (P1)	PC-03-LP-01
		Llenadora mecánica punta pol (P2)	PC-03-LP-02
		Llenadora mecánica punta pol (P3)	PC-03-LP-03
		Llenadora mecánica punta pol (P4)	PC-03-LP-04
		Llenadora automática 1 (A1)	PC-03-LA-01
		Llenadora automática 2 (A2)	PC-03-LA-02
		Llenadora automática 3 (A3)	PC-03-LA-03
Llenadora automática 4 (A4)	PC-03-LA-04		
Quemador industrial	PC-03-QI-01		
Báscula electrónica 1	PC-03-BE-01		

		Báscula electrónica 2	PC-03-BE-02
	Descarga cisternas	Bomba GLP	PC-04-BO-01
		Motor de bomba de GLP	PC-04-MO-01
		Compresor GLP	PC-04-CO-01
		Motor de compresor de GLP	PC-04-CO-02
	Patio trasiego y dique	Patio trasiego y pingüino	PC-05-PI-01
		Tanque principal	PC-05-TP-01

Fuente: elaboración propia

5.4 Análisis de criticidad

5.4.1 Método del flujograma

Antes de seleccionar una estrategia de mantenimiento para la planta se debe analizar cuáles son los equipos que tienen un alto impacto en el proceso productivo, para enfocar la estrategia hacia estos. Como se indicó en el marco teórico, ante la escasez de datos es imposible utilizar un método cuantitativo, por lo que se utilizará el método del flujograma. A pesar de que este método es llamado por los autores como cualitativo, en las dos últimas etapas de evaluación se requiere conocer frecuencias de fallo y tiempo promedio de la reparación.

Para aplicar el método, se debe seguir la secuencia del flujograma, se debe evaluar el equipo por cada etapa y clasificarla en A, B o C, según el criterio de cada etapa. Las etapas que componen el método son: medioambiente, seguridad, calidad, el tiempo de trabajo de un activo, entrega, fiabilidad y mantenibilidad. En la siguiente figura se muestra el flujograma que debe seguirse para clasificar los equipos.

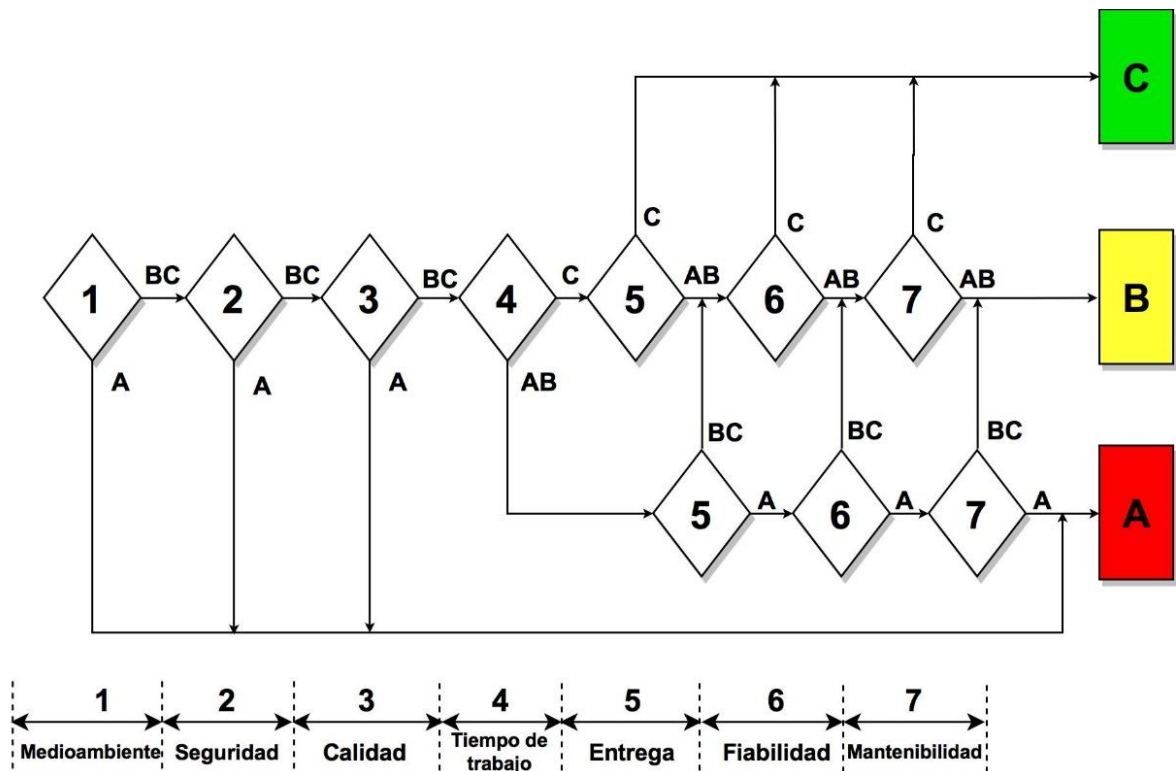


Figura 23. Método el flujograma para análisis de criticidad

Fuente: adaptado de Parra & Crespo (2012)

Como se observa en la figura, al evaluar cada etapa se debe llegar a una clasificación A, B o C, donde A va a estar representado por los equipos más críticos y C por los equipos menos críticos, como se muestra también con los colores. Los criterios para la clasificación de los equipos se encuentran en una tabla adjunta en los anexos.

El aspecto medioambiente evalúa la capacidad que tiene un equipo de afectar al medio ambiente y a la salud de las personas en caso de que falle, la seguridad evalúa la fatalidad de los accidentes que puede provocar la falla de un equipo, la calidad se puntúa según el daño en la calidad del producto de la organización que puede producir una falla en el equipo. El tiempo de trabajo alude al tiempo de funcionamiento diario del equipo, la entrega evalúa el alcance del paro que puede producir una falla en el equipo, la fiabilidad se refiere al tiempo promedio entre cada falla y la mantenibilidad al tiempo promedio que tarda la reparación de una falla.

De acuerdo con los autores del método, la evaluación de la fiabilidad se debe hacer por medio de tiempos, sin embargo, también hacen una excepción y permiten clasificar los activos según la frecuencia de fallas, en categoría A los que representan el 20% sobre el 30% que se clasifican como B y el 50% restante se clasifica en categoría C.

Por último, el aspecto de mantenibilidad se clasifica según el tiempo promedio que se tarde en reparar la falla de un equipo, los tiempos son los especificados en la tabla anterior.

Debido a la inexistencia de datos para respaldar la clasificación de los equipos en estos últimos dos criterios, se procederá a entrevistar al técnico encargado del mantenimiento de las tres plantas, el señor Josué Saldaña Nieto, con las frecuencias de fallo y el tiempo promedio de reparación dados por el técnico se procederá a clasificar los equipos.

Cabe destacar que las otras clasificaciones (medioambiente, seguridad, calidad, tiempo de trabajo y entrega) también se realizaron considerando el criterio del técnico mencionado.

Los datos dados por el técnico se muestran en el apéndice 1, a continuación, se muestra el resultado obtenido para cada equipo y el grado de criticidad obtenido al aplicar el flujograma.

Tabla 23. Resultados del análisis de criticidad

Nombre del equipo	1. Medioambiente	2. Seguridad	3. Calidad	4. Tiempo de trabajo	5. Entrega	6. Fiabilidad	7. Mantenibilidad	Clasificación
Bomba pozo profundo	C	C	C	A	C	C	A	C
Bomba agua potable	C	C	C	C	C	C	C	C
Sistema contra incendio	C	A	C	C	C			A
Compresores neumáticos	C	C	A	A	A	A	C	A
Generador eléctrico	C	C	C	C	A	B	A	B
Transformador de baja	C	C	A	A	A	C	C	A
Bomba agua no potable	C	C	C	B	C	C	A	C
Bomba GLP	C	C	B	A	A	A	A	A
Compresor GLP	C	C	B	A	B	B	B	B
Llenadora mecánica	C	C	A	A	C	A	B	A
Llenadora automática	C	C	A	A	B	A	B	A
Quemador industrial	C	B	B	A	B	C	A	C

Fuente: elaboración propia

Se aclara que del sistema contra incendio el técnico no posee datos y el mantenimiento de los equipos que componen este sistema está tercerizado y está relacionado con un seguro que lo respalda. Sin embargo, al tener un alto impacto en la seguridad, al aplicar el flujograma, con solo la clasificación en la categoría de seguridad se clasifica como crítico, sin considerar los demás aspectos.

Según la tabla anterior, los equipos más críticos, principalmente, son los relacionados con el proceso de envasado de cilindros, el principal para la organización. Este análisis de criticidad se comparará con un análisis de Pareto que involucre todos los costos asociados a la ocurrencia de una falla, de forma que se tengan dos criterios para seleccionar los equipos más críticos.

5.4.2 Diagrama de Pareto

Para tener una aproximación del impacto económico que genera el mantenimiento en la organización se realizará una aproximación de los costos anuales asociados a cada equipo. La aproximación considerará el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre reparación dados por el técnico, en la aplicación del método del flujograma. Por medio de estos tiempos se estimarán los costos de mano de obra, tanto de mantenimiento como de operaciones, además, el costo de repuestos y la pérdida de producción.

Además del tiempo medio de reparación se va a considerar el máximo plazo de entrega que puedan tener los repuestos, así como el tiempo que tardan los técnicos en trasladarse para comprar los mismos. Este tiempo se sumará al tiempo medio de reparación y esta suma representará el tiempo total asociado a la ocurrencia de la falla o al mantenimiento que se da a los equipos.

Para estimar las pérdidas de producción se utilizará un estudio de tiempos realizado por la ingeniera de procesos de la planta, Ing. Lady Ramírez. La variación de tiempos de llenado obedece a la distribución de la tubería, por lo que las llenadoras que están más alejadas se verán afectadas por una caída de presión mayor, lo que se traduce en más tiempo de llenado y menor cantidad de cilindros envasados por hora; también influyen otras variables como la temperatura ambiente, ya que la temperatura y presión del GLP en el tanque principal están en función de la temperatura ambiente y de esto depende el funcionamiento de la bomba de GLP. Por otro lado, cuando se están llenando graneleras la caída de presión en el manifold es mayor y aumenta el tiempo de llenado.

De acuerdo con lo anterior, es muy complejo realizar un estudio que involucre todas las variables que se mencionaron y sería aún más complejo si se toman en cuenta

todas las capacidades de cilindros que se envasan. Por esta razón se utilizará el estudio de tiempos mencionado, el cual representa un promedio de cilindros llenados por hora para cada romana y está basado en el llenado de cilindros de 25 lb, ya que la mayoría de cilindros que se envasan son de esta capacidad. El precio, establecido por la ARESEP, varía constantemente durante el año, para esta aproximación se considerará un promedio del precio que tuvo el GLP durante todos los meses del año anterior.

Además, se considerarán los escenarios más críticos, es decir, los que generan mayores consecuencias a la organización en caso de que sucedan, debido a que el objetivo de este diagrama de Pareto es identificar cuáles implican mayores costos para la organización y, junto con el método del flujograma, identificar cuáles son los más críticos para enfocar el plan piloto del programa de mantenimiento hacia estos.

Algunos repuestos no se pudieron cotizar debido a que no se tienen las especificaciones ya que están internos en los equipos. En el caso de las llenadoras no se consideraron todas para el estudio porque es muy poco probable que todas fallen simultáneamente. En las pérdidas de producción no se consideró el llenado de graneleras, solo se estimó las pérdidas de producción de envasado de cilindros.

Para el diagrama de Pareto algunos equipos son insignificantes comparados con los costos totales, por lo que se omiten para en el gráfico ya que no pertenecen al grupo de los poco vitales. A continuación, se muestra la tabla resumen con los costos asociados a cada equipo y el diagrama de Pareto resultante, con un límite del 40% para determinar los poco vitales.

Tabla 24. Costo total asociado a cada equipo para diagrama de Pareto

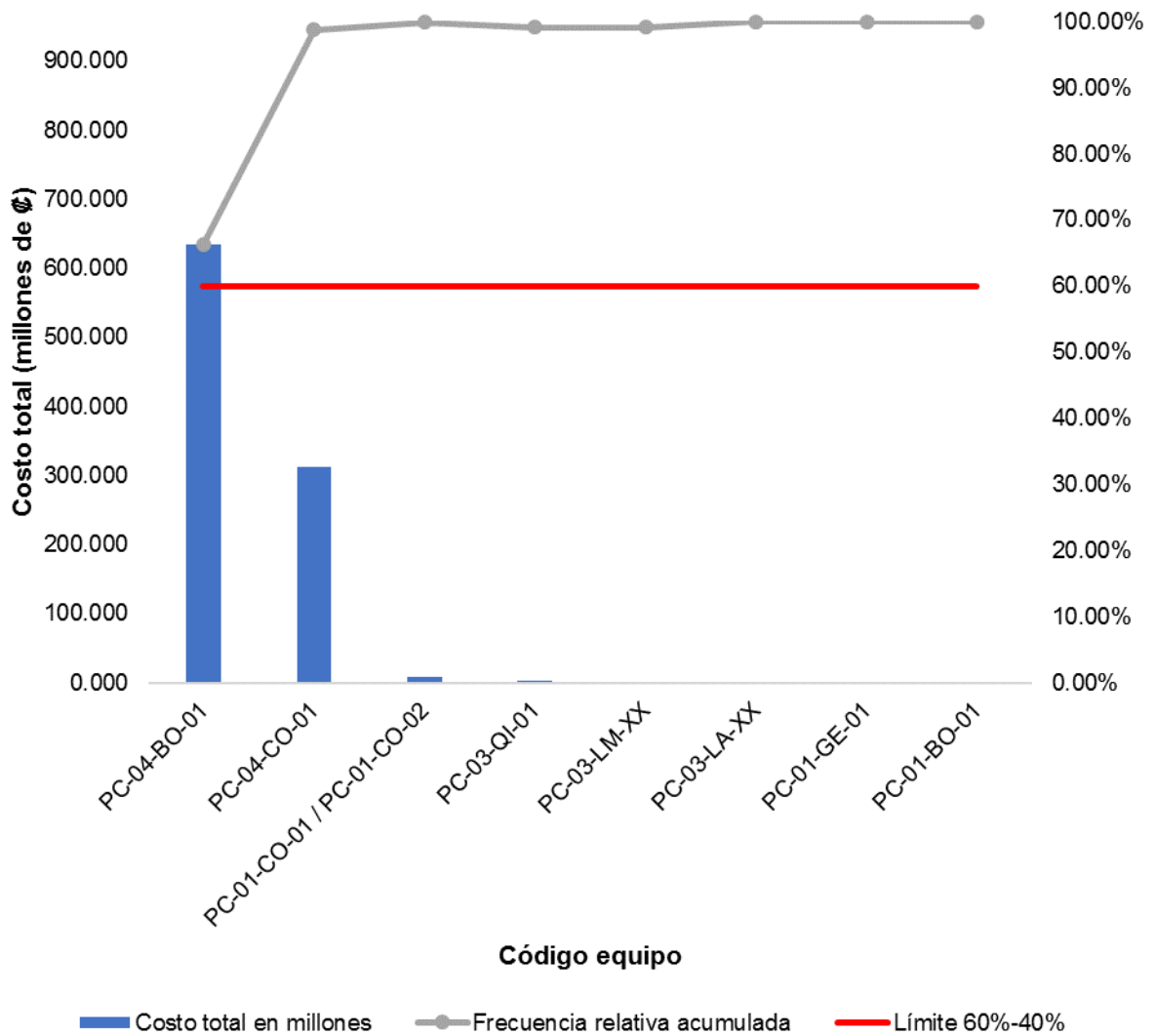
Equipo	Costo total en millones (€)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
PC-04-BO-01	633.859	66.22	66.22
PC-04-CO-01	312.212	32.62	98.83
PC-01-CO-01 / PC-01-CO-02	7.382	0.77	99.95
PC-03-QI-01	2.963	0.31	99.14
PC-03-LM-XX	0.389	0.04	99.18

PC-03-LA-XX	0.389	0.04	99.99
PC-01-GE-01	0.048	0.00	100.00
PC-01-BO-01	0.005	0.00	100.00

COSTO TOTAL 957.2463663

Fuente: elaboración propia

Gráfico 3. Diagrama de Pareto de costos asociados al mantenimiento de cada equipo



Fuente: elaboración propia

Como se observa en el diagrama y en la tabla anterior, de acuerdo con Pareto, el equipo que corresponde a los pocos vitales es la bomba de GLP. Esto se debe a que, según la experiencia del técnico Josué Saldaña, dos veces al año se deben reemplazar el impulsor, los rodamientos y los sellos, estos repuestos los distribuye Reginsa, en las cotizaciones se encuentran las especificaciones, pero el costo es elevado, comparado con otros repuestos y el plazo de entrega es de 6 a 8 semanas, por ser específico para un modelo no lo mantienen en stock. El impacto estimado en este análisis la empresa no lo ha sufrido, porque el técnico, por iniciativa propia, mantiene un kit de reparación, por lo que puede poner en funcionamiento el equipo poco tiempo después de ocurrida la falla.

5.4.3 Equipos críticos

De acuerdo con el capítulo 14 de la norma NFPA 58, el mantenimiento debe garantizar la integridad mecánica de los sistemas de GLP, pero no menciona ninguna estrategia para realizar un análisis de criticidad. La norma señala que los equipos de protección contra incendio deben tener un programa de mantenimiento que debe cumplir con la norma NFPA 25, titulada Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendio, además menciona que los extintores de incendio portátiles también se deben mantener según la norma NFPA 10, llamada Norma para extintores portátiles. Por lo que, según la normativa aplicable, son críticos los equipos que conforman el sistema de protección contra incendio, así como las unidades portátiles de extinción.

Por otro lado, según el método de criticidad del flujograma, son equipos críticos o prioritarios el sistema de protección contra incendios, los compresores neumáticos, el transformador de baja, la bomba de GLP y las llenadoras, tanto las mecánicas como las automáticas. Según el mismo método, también son relevantes la planta eléctrica y el compresor de GLP.

Mediante el diagrama de Pareto, se demostró que el equipo que más impacto tiene en los costos asociados a mantenimiento es la bomba de GLP. A pesar de que solo éste es el que impacta en mayor medida los costos, se considerarán todos los demás críticos determinados por el método del flujograma que este considera otros aspectos cualitativos que son relevantes en el proceso, como la calidad y la seguridad.

Entonces, los equipos críticos, es decir, en los que se van a enfocar las rutinas y los programas de mantenimiento son: los equipos del sistema de protección contra incendio, los extintores portátiles, los compresores neumáticos, la bomba de GLP, el transformador de baja y las llenadoras. Además, se debe considerar la planta eléctrica y el compresor de GLP, ya que fueron clasificados, mediante el método del flujograma, como importantes.

Como se esperaba, el equipo de protección contra incendio es muy crítico en el proceso por la peligrosidad asociada a la planta relacionada con el manejo de una sustancia inflamable. Y el resto de equipos, clasificados como críticos, en su mayoría son los que se relacionan con el trasiego de la sustancia y que, por ende, ante una anomalía en su funcionamiento, afectarían el proceso productivo.

CAPÍTULO 6.

ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Una vez clasificados los equipos según la criticidad, surge la interrogante de cuál tipo de mantenimiento utilizar, para hacer una buena selección del tipo de mantenimiento adecuado. García (2010) describe cuatro modelos de mantenimiento, todos los modelos incluyen las inspecciones visuales y la lubricación porque el autor afirma que estas actividades son rentables: “Esta inspección nos permitirá detectar averías de manera precoz, y su resolución generalmente será más barata cuanto antes detectemos el problema. La lubricación siempre es rentable. Aunque sí represente un coste (...) en general es tan bajo que está sobradamente justificado.” (García, 2010). Las inspecciones son tareas muy sencillas, de corta duración y, por medio de ellas, el personal de mantenimiento puede detectar condiciones anómalas de operación y que si se corrigen con prontitud evitan los costos asociados a una falla. De forma similar sucede con la lubricación, el autor señala que el costo del lubricante y de mano de obra para cambiarlo es menor al costo asociado a una falla debida por una lubricación inadecuada.

Como se explicó en el marco teórico, García (2010) describe cuatro modelos de mantenimiento: modelo de alta disponibilidad, modelo sistemático, modelo condicional y modelo correctivo. Por el tipo de sustancia que se manipula en la planta, es muy importante considerar el mantenimiento legal porque se deben satisfacer los requisitos de las normativas que se mencionaron.

García (2010) brinda el flujograma para seleccionar el tipo de mantenimiento que se le debe dar a cada equipo, se muestra en la siguiente figura. La secuencia se inicia con la clasificación hecha por medio del análisis de criticidad. Para los equipos categoría A, el autor recomienda utilizar modelos programados, y según la disponibilidad requerida, se utilizan un modelo de alta disponibilidad, un modelo sistemático o un modelo condicional. Los equipos clasificados en categoría B, también son equipos prioritarios, si tienen un impacto económico alto por horas de paro se utilizan los modelos para la categoría A, si el impacto es bajo, se analiza también el costo de la reparación para decidir entre los modelos programados o el modelo correctivo, que se aplica a todos los equipos de categoría C. Todos los modelos deben evaluar si el equipo requiere mantenimiento legal o subcontratado, que es último paso del flujograma.

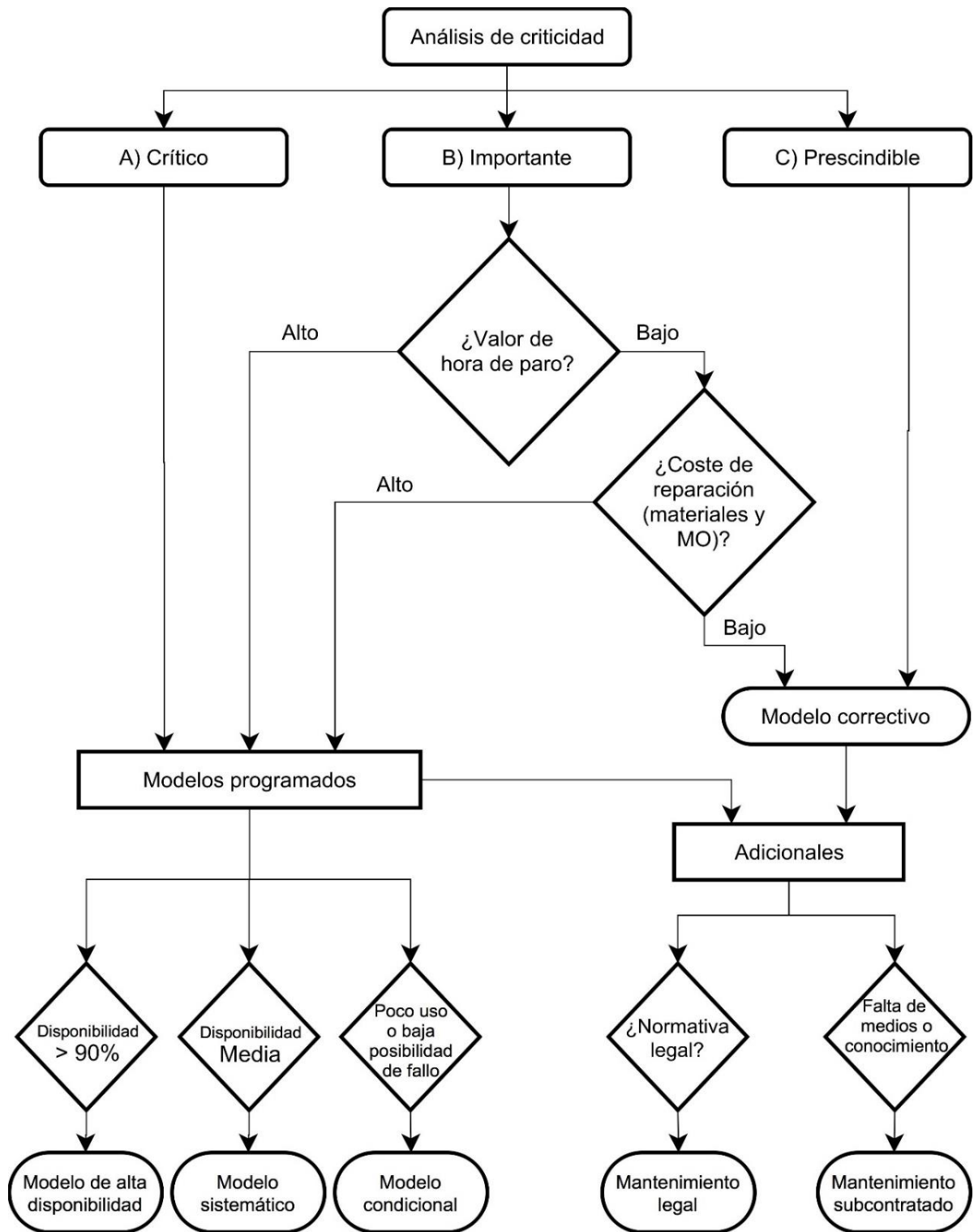


Figura 24. Flujograma para selección del modelo de mantenimiento según la criticidad de los equipos

Fuente: adaptado de García (2010)

Es importante destacar que no se desarrollará ninguna estrategia de análisis de causa raíz ante la escasez de datos históricos, al estar en una fase inicial se realizará un plan piloto, con este se recolectarán datos y luego se debe realizar un análisis de causa raíz para corroborar si el plan piloto satisface las necesidades de mantenimiento en los equipos o realizar una modificación al plan piloto.

Debido a que la planta comenzó a operar en el 2010, los equipos no son longevos y la mayoría posee las placas, lo que facilitó la obtención de los manuales de los fabricantes. Las actividades de mantenimiento para los equipos se basarán en los manuales del fabricante y también se considerará el criterio del técnico Josué Saldaña, quien ha realizado el mantenimiento en las plantas desde hace ocho años.

6.1 Descripción de tipos de mantenimiento

6.1.1 Modelo programado

Cuando el equipo sea crítico, tenga un valor de hora de paro alto o un costo alto de reparación, se debe recurrir a un modelo programado, sea de alta disponibilidad, sistemático o condicional. Para Gas Tomza de Costa Rica S. A. se optará por un modelo sistemático, que como ya se detalló, incluye tanto el mantenimiento preventivo, como correctivo y actividades de inspección y lubricación.

El modelo para garantizar una disponibilidad mayor al 90% requiere una inversión alta para implementación, además de mucha cultura de mantenimiento en los colaboradores, la cual es inexistente hasta el momento. Por esta razón no se recomienda utilizar este modelo en la organización. Tampoco se recomienda el modelo condicional, ya que los colaboradores no tienen experiencia en el seguimiento de procesos de inspección o detección de fallas por medio de anomalías en la condición de funcionamiento de los equipos.

De acuerdo con lo anterior, se recomienda utilizar un plan de mantenimiento preventivo y se justifica por las siguientes razones:

- Crear una cultura de mantenimiento preventivo en la organización, ya que actualmente las tareas de mantenimiento son correctivas y no se realizan actividades, como inspecciones, para prevenir la ocurrencia de fallas.
- Disminuir los tiempos de paros y los costos asociados a estos, los cuales ahorita no se han cuantificado, sin embargo, los colaboradores están conscientes que la inexistencia de un stock de repuestos, la falta de realizar inspecciones y otras tareas de mantenimiento han hecho que los tiempos de paro sean mayores o que las consecuencias de las fallas son mayores.

- Comprobar la funcionalidad y los beneficios que percibe la organización al tener un plan y una gestión de mantenimiento.
- Desarrollar la cultura de la información, es decir, documentar y recolectar la información, además de analizarla para mejorar la gestión existente.
- Estandarizar los procedimientos para ejecutar las tareas de mantenimiento y la manera de actuar ante la detección de anomalías.
- Garantizar disponibilidad y buen funcionamiento de los equipos.

6.1.2 Mantenimiento legal

Se tomarán en cuenta los parámetros que estipula el capítulo 14 y conexos de la norma NFPA 58: Código del Gas Licuado de Petróleo, edición 2014 en español, la cual es un estándar internacional. Esta norma establece que deben existir procedimientos de mantenimiento documentados, deben ser ejecutados, o al menos supervisados, por personal capacitado. Estos procedimientos deben cumplir con requisitos según la operación, relacionados con: control de corrosión, protección física, manguera, tubería, accesorios, recipientes, cilindros y recipientes enterrados.

La norma indica que los manuales de mantenimiento deben incluir inspecciones de rutina, procedimientos y programas de mantenimiento preventivo, además de estar dentro de las instalaciones de la planta y al alcance del personal de mantenimiento. Asimismo, se deben llevar registros del mantenimiento, de equipos y de instalaciones, los cuales deben estar disponibles para la autoridad competente. En el caso de los registros de los equipos, se deben conservar durante toda la vida útil del mismo.

Los equipos que pertenecen al sistema de protección contra incendio deben contar con un programa de mantenimiento, este programa debe estar basado en la norma NFPA 25: Inspección, prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendio y este tipo de mantenimiento lo debe realizar, o al menos supervisar, un profesional certificado en esta norma. Los extintores portátiles se deben mantener según la norma NFPA 10: Norma para extintores portátiles.

El Decreto no. 28622 – MINAE-S establece, en el capítulo 1, que:

10.16 **Bombas, compresores y maquinaria.** Se debe contar con una descripción, especificaciones generales, capacidad y programa de mantenimiento de los equipos. Todos estos equipos deben estar diseñados, fabricados, contruidos y certificados para el manejo de GLP.

Los requerimientos que estipula el decreto en cuanto a documentación y requerimientos de las instalaciones no se verificarán en este proyecto, se tomarán en cuenta los requerimientos estipulados en la cita anterior referentes al programa de mantenimiento de los equipos que trasiegan GLP, además el capítulo 1 también incluye:

17.- ARCHIVO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Se debe tener en la planta un archivo del proyecto, el cual contendrá memorias, planos y programas de operación y mantenimiento, así como toda la documentación que ampara el registro de las instalaciones. Los documentos técnicos deben ser aprobados por la Dirección General de Transportes y de Comercialización de Combustibles.

Como se citaron los artículos de la NFPA 58:2014 en la justificación y como se indicó en la cita anterior, las rutinas programadas deben existir y mantenerse los registros de todas las intervenciones que reciban los equipos involucrados con el proceso, por esta razón se propone colocar un portafolio en el local técnico, el cual contenga los programas de mantenimiento propuestos, las fichas técnicas, los procedimientos y los flujogramas que describen los documentos de mantenimiento.

6.1.3 Mantenimiento subcontratado

Este mantenimiento es el que corresponde al sistema contra incendio, el sistema se instaló en el 2008 y desde el año anterior se realizó un contrato con la empresa TicoFire, una empresa especializada en realizar mantenimiento y pruebas a este tipo de sistemas, además de que sus colaboradores están certificados en la norma NFPA respectiva. La negociación se realizó luego de que las evaluaciones realizadas por el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica señalaran varias faltas en el sistema, por lo que en la fase inicial se están corrigiendo esas fallas y, a partir de mayo, se comenzará a llevar a cabo la rutina programada por la compañía. La rutina enviada por TicoFire se adjunta en los anexos.

6.2 Codificación de documentos

Debido a que la organización está comenzando a implementar el manejo de documentos para la recopilación de datos de operaciones, se seguirá el código propuesto por la Ing. Lady Ramírez, el cual ya se está utilizando en la documentación del departamento de operaciones y sigue la secuencia que muestra la siguiente figura.

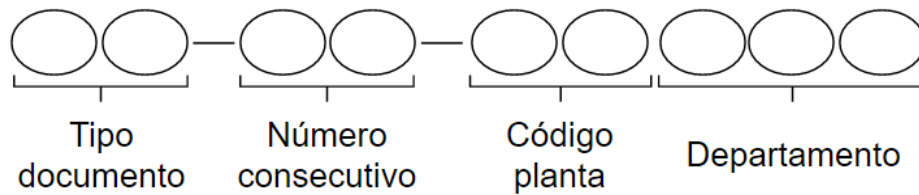


Figura 25. Estructura de codificación de documentos

Fuente: elaboración propia

El tipo de documento, se refiere a si es un registro, un procedimiento o un manual, para los registros se utilizarán las letras RE, PR para procedimientos y para los manuales MA. El número consecutivo es asignado en la medida que se diseñan los documentos. El código de planta es el mismo que se asignó en la codificación de equipos, donde PC es planta Cartago, PA es planta Alajuela y PL corresponde a planta La Cruz. Los tres últimos campos representan al departamento al que pertenece el documento, las siglas OPE se utilizan cuando el documento es del departamento de operaciones y para los documentos de mantenimiento se utilizará MTO.

6.3 Procedimientos

Debido a que el proceso productivo está regulado por la peligrosidad de la sustancia, la norma NFPA 58:2014 menciona en la sección 14.3.1: “Procedimientos de Mantenimiento. Los procedimientos de mantenimiento escritos deben ser la base para mantener la integridad mecánica de los sistemas de Gas-LP.”. Además, recalca que el personal de mantenimiento debe tener capacitación sobre los riesgos, los procedimientos de mantenimiento y los procedimientos de prueba y cualquier contratista debe tener la misma capacitación, o al menos, ser supervisado por un colaborador que esté capacitado.

La norma indica en la sección 14.3.1.4 que los procedimientos deben incluir, siempre que sean aplicables, los siguientes requisitos: control de la corrosión, protección física, mangueras, tuberías, accesorios, recipientes, cilindros y recipientes enterrados.

Estos procedimientos deben ser conocidos por los colaboradores del departamento de mantenimiento antes de implementar los programas de mantenimiento, se utilizarán los parámetros indicados en el capítulo 14 y conexos de la norma NFPA 58:2014, los que sean aplicables para las condiciones de la planta. Por esta razón se proponen tres procedimientos, el primero relacionado con el control de la corrosión, el segundo relacionado con la inspección de mangueras y el tercero relacionado con tuberías, accesorios y cilindros. Los procedimientos se encuentran en los apéndices.

De acuerdo con la misma norma, los manuales de mantenimiento deben estar disponibles en la planta para todo el personal de mantenimiento y deben incluir las inspecciones de rutina, los procedimientos y los programas de mantenimiento preventivo.

6.4 Plan piloto de programa de mantenimiento

6.4.1 Rutinas diarias

Actualmente el departamento de operaciones cuenta con un formato para realizar una inspección cualitativa (RE-13-P01OPE) que realiza el técnico Josué Saldaña semanalmente, pero no existe un procedimiento que especifique la forma de realizarla o los parámetros que se clasifican como “buen estado” o “mal estado”, este formato se adjunta en los anexos. La frecuencia semanal se fijó debido a que uno de los principales clientes de la organización solicita esta revisión, mínimo una vez a la semana, para garantizarse la calidad de los insumos. A pesar de que éste es el formato que existe, el técnico Josué Saldaña realiza una rutina diaria, que no está documentada. El formato semanal que maneja la empresa se adaptó con mayor descripción de las actividades, se incluyeron las actividades que el técnico realiza diariamente y se incluyó en la programación específica de mantenimiento, en el documento RE-01-PCMTO. Esta rutina se deberá realizar todos los días antes de que se comiencen los procesos productivos en la planta, para garantizar que las instalaciones están en buenas condiciones.

Se propone una rutina diaria para los operarios de andén, esta rutina consiste básicamente en operaciones de limpieza, ya que producto de las actividades realizadas en las jornadas del día anterior y la jornada nocturna, durante la mañana existen restos de los sellos termo-adheribles, que son removidos antes de colocar el nuevo sello. Al ser el andén un espacio abierto, el polvo se acumula sobre la superficie, tanto del concreto como de las romanas. Por estas razones, la rutina también se debe realizar todos los días antes de que se comience el proceso productivo y las actividades que incluye son: barrer la superficie de concreto, recolectar los restos de sellos termo-adheribles, limpiar las superficies de las romanas y, si se encuentran, equipos o materiales en el andén, se deben colocar en el lugar donde se almacenen.

6.4.2 Programas de mantenimiento programado

También se incluyen las rutinas de mantenimiento preventivo para los equipos que se clasificaron como críticos y también los que son importantes, porque, por medio del diagrama de Pareto mostrado en el apartado de criticidad, el compresor de GLP representa casi la mitad de los costos asociados a la bomba de GLP que es la más crítica y son muy representativos comparados con los otros equipos. El generador eléctrico, que también se clasificó como importante, se incluirá dentro de las rutinas programadas ya que, ante una interrupción del servicio eléctrico, el generador es capaz de suplir toda la carga y mantener los procesos productivos de forma continua. Todos los planes incluyen las actividades de inspección y lubricación, que como se mencionó, según García (2010), estas actividades son rentables y no tienen un costo comparable con el costo que tendría una falla producto de una situación anómala que con una inspección se hubiera corregido. Además de las actividades mencionadas se incluyeron otras que recomienda el fabricante y que el técnico Josué Saldaña sugirió por su experiencia en el mantenimiento de los equipos. Las frecuencias iniciales se tomaron de los manuales del fabricante, luego se corroboraron con el técnico, algunas fueron modificadas ya que el uso de los equipos en la planta es casi de las 24 horas, por lo que algunas frecuencias debían ser menores.

Por otro lado, el último plan de mantenimiento es para las instalaciones de la planta, aunque no son actividades que intervienen directamente con el proceso productivo, son necesarias para mantener el orden y la limpieza, así como para cumplir con los requisitos que solicitan algunos de los clientes más importantes para la compañía, los cuales realizan auditorías y verifican todas estas condiciones en la planta. Este tipo de mantenimiento es el que realiza el señor José Coto Hernández, dentro de las actividades que ejecuta se encuentran las labores relacionadas con la limpieza, el corte de césped, recolección de basura en los alrededores y pintar las instalaciones. También realiza mantenimiento a los edificios cuando ocurre alguna falla, por ejemplo, reemplazo de luminarias, reparación de fugas en tuberías, entre otras.

Se elige la realización de un mantenimiento preventivo ya que es de las estrategias de mantenimiento menos sofisticadas y, de acuerdo con la situación actual de la organización, lo primero que debe hacerse en la etapa de implementación es cambiar la cultura actual, los colaboradores, quienes son parte fundamental de la estrategia, deben conocer todos los procedimientos, acostumbrarse a documentar y a seguir rutinas planificadas.

La propuesta piloto se basará en el manual del fabricante principalmente para crear cultura mientras, de forma simultánea, se documentan las fallas que sucedan, se identifican oportunidades de mejora y de esta forma mejorar los planes pilotos planteados basados en datos recopilados, es decir, en información veraz. La creación de un plan de mantenimiento preventivo la sugiere García (2010) donde afirma que luego de descomponer la planta en zonas y realizar un análisis de criticidad se deben elaborar programas de mantenimiento preventivo, las cuales se deben comenzar a ejecutar lo más pronto posible.

Este Plan de Mantenimiento provisional no es el óptimo, pero es un plan inicial, una versión 0. Lo importante en esta fase es desarrollar un plan que pueda ponerse en práctica con rapidez, ya que siempre será mejor un plan imperfecto que de verdad se esté llevando a cabo que un plan perfecto que no se realice. (García, 2010)

De forma análoga a la cita anterior, los planes propuestos serán una guía que servirá para perfeccionar los manuales mediante el mejoramiento continuo propuesto en el modelo, como se mencionó, es primordial inicialmente cambiar la cultura organizacional con relación al mantenimiento y recopilar datos que sirvan de base para modificar las estrategias planteadas. Además, la norma NFPA 58:2014 señala dentro de los requerimientos que debe existir un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que trasiegan GLP.

La siguiente figura muestra el encabezado de los planes de mantenimiento que contienen el título, código del documento, nombre del equipo, código del equipo, número de actividad, descripción, frecuencia, duración en minutos, responsable, estado del equipo mientras se realice la intervención y medidas de seguridad que se deben seguir al realizar cada actividad.


		Plan de Mantenimiento Preventivo MA-01-PCMTO			Página 1 de 1	
Equipo	BOMBA DE GLP	Código	PC-04-BO-01		Planta	Cartago
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad

Figura 26. Formato de encabezado para planes de mantenimiento
 Fuente: elaboración propia

Todos los planes de mantenimiento se adjuntan en los apéndices. Los equipos que se clasificaron como prescindibles, se van a dejar fallar, es decir, van a mantener el mantenimiento de tipo correctivo.

6.5 Requerimientos de mano de obra

Para estimar los requerimientos de mano de obra, se estimó una duración promedio por actividad con la ayuda del técnico Josué Saldaña y del señor José Coto, quien también tiene muchos años laborando en la planta. Para cada uno de los programas se agruparon las tareas según la frecuencia y se asignaron a cada colaborador responsable, el cual también está especificado en cada plan. Para hacer el cálculo se hizo una estimación mensual, por lo que las frecuencias diarias se calcularon por cinco días a la semana, ya que se realizan de lunes a viernes, se multiplicaron por cuatro semanas para obtener el tiempo requerido por mes. De forma análoga se realizó el cálculo según la frecuencia de las actividades de cada programa. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos, los cuales representan el tiempo requerido por tipo de colaborador.

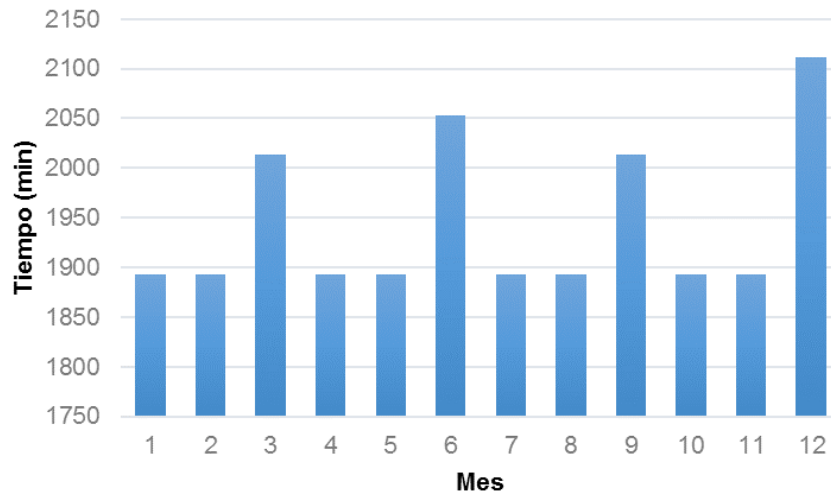
Tabla 25. Requerimientos de mano de obra

Frecuencia / Rutina	Duración (min)						
	Diaria	Semanal	Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Técnico							
RE-01-PCMTO	72						
MA-01-PCMTO			2	15	60		
MA-02-PCMTO		10		19		40	2
MA-03-PCMTO		14	4	40	60		
MA-05-PCMTO		38	7	65			27
MA-06-PCMTO		10					
MA-07-PCMTO							30
Encargado de mantenimiento de planta							
MA-07-PCMTO		30	2100	120		1470	11 790

Fuente: elaboración propia

Con estos tiempos por frecuencia, se estimó el requerimiento de mano de obra del técnico para las rutinas propuestas. La rutina diaria se multiplicó por los cinco días de la semana durante las cuatro semanas del mes, el tiempo semanal se multiplicó por cuatro, la rutina quincenal por dos y así sucesivamente según la frecuencia, en el siguiente gráfico se muestra el tiempo requerido por mes.

Gráfico 4. Mano de obra mensual requerida del técnico



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el gráfico anterior, el mayor tiempo que se requiere es en el mes que se cumple un año de haber iniciado el programa y la duración requerida durante el mes no supera los 2150 minutos. El técnico labora de lunes a viernes de 8:00 a.m. a 5:00 p.m y los sábados de 8:00 a.m. a 12:00 m.d, por lo que al mes labora 9360 minutos, lo que implica que el tiempo máximo de mano de obra requerida representa solo el 22,5% del tiempo total laborado, por lo que cuenta con tiempo para atender las tareas que surjan de improviso. El encargado de mantenimiento de la planta requiere 84 780 minutos, labora en el mismo horario que el técnico y el tiempo requerido para el mantenimiento de la planta representa el 75% del tiempo laborado, sin embargo, él no debe atender fallas en los equipos y aún tiene un 25% de tiempo disponible para realizar reparaciones que se requieran.

Por medio del cálculo anterior, se demuestra que el personal que realiza mantenimiento actualmente puede llevar a cabo las rutinas propuestas y cuenta con tiempo para atender actividades de mantenimiento correctivo.

6.6 Estructura propuesta para el departamento de mantenimiento

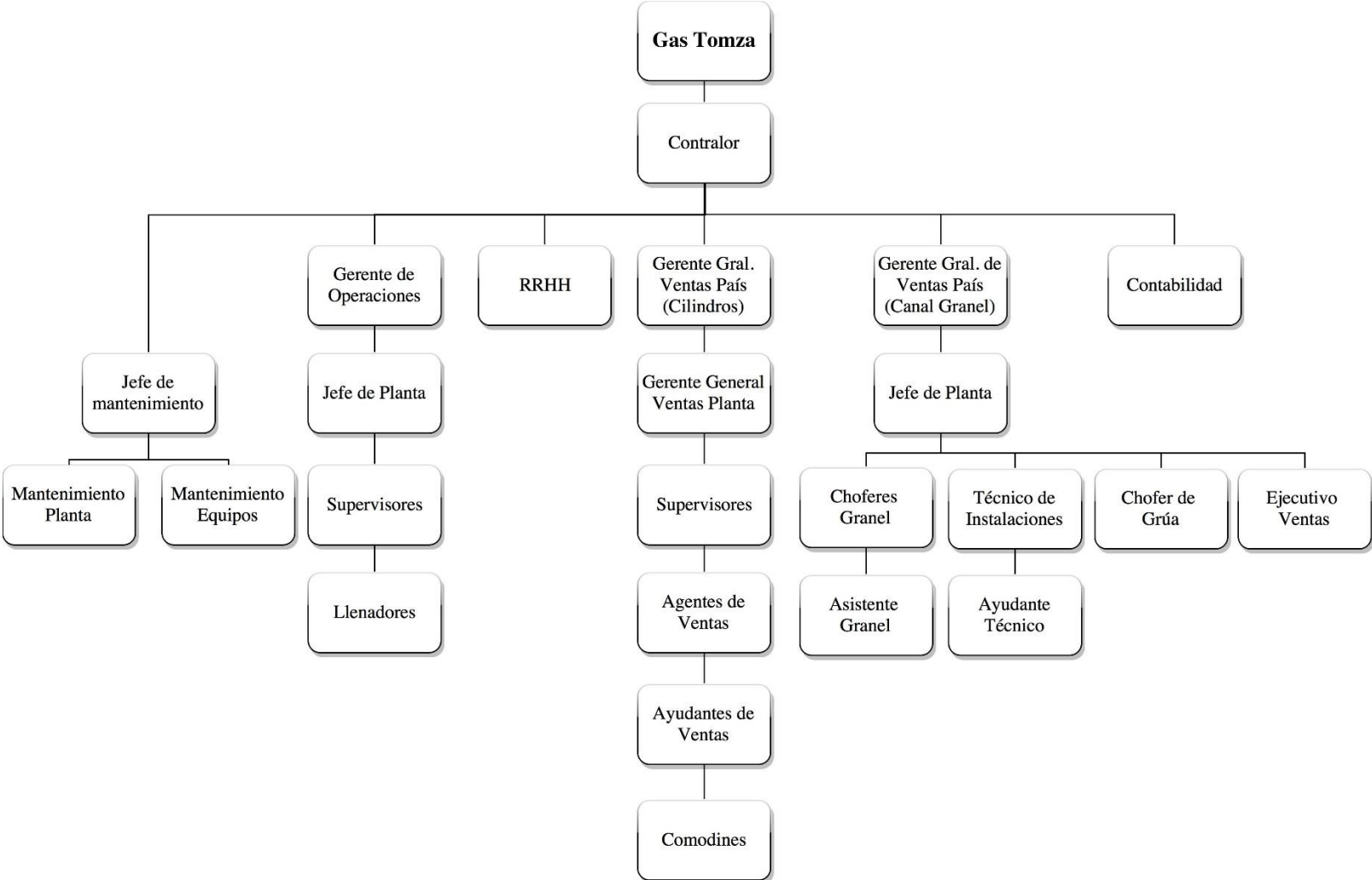


Figura 27. Estructura organizacional propuesta
draw.io)

Se propone una estructura centralizada para el departamento de mantenimiento para separar las funciones del departamento de operaciones de las del departamento de mantenimiento para facilitar la normalización y estandarización de tareas y trascenderlos a las otras plantas, así como facilitar la supervisión de labores y brindar mayor flexibilidad para disponer de personal y recursos ante la ocurrencia de un mantenimiento de emergencia. De esta forma, el departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad total del servicio que brinda.

Esta estructura proporciona mayor autonomía al departamento, por lo que convierte la toma de decisiones más expedita y facilita el control, manejo y reposición del stock de repuestos. Al tener mayor autonomía, también la planificación y la asignación de responsabilidades es más efectiva, porque se dispone de recursos propios para el departamento.

A pesar de que el departamento de mantenimiento estará separado del departamento de operaciones, la planta es de tamaño mediano, por lo que la comunicación entre los departamentos se mantendría fluida y siempre se deberá mantener la concordancia entre los requerimientos del departamento de operaciones y la planificación de las tareas de mantenimiento.

Como se detalló en la sección anterior, el personal actual es suficiente para ejecutar los planes propuestos y también para atender un mantenimiento correctivo que surja. De acuerdo con las características de las actividades de mantenimiento, el personal debe estar capacitado en distintas especialidades, ya que la gerencia de la organización no está dispuesta en mantener una planilla amplia de mantenimiento y tampoco el tamaño de la organización lo justifica, por lo que las especialidades y subespecialidades que deben los colaboradores de mantenimiento se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 26. Especialidades que deben tener los colaboradores de mantenimiento

Especialidad	Subespecialidad
Mecánica	Máquinas herramienta Soldador Ajustador Conocimientos hidráulicos Conocimientos neumáticos

Eléctrica	Baja tensión Máquinas
Instrumentista	Electrónico Neumático
Varias	Movimiento de material Pintor Engrasador Limpieza

Fuente: adaptada de Navarro, Pastor, & Mugaburu, 1997

Esta diversificación de especialidades es llamada por los autores Navarro, Pastor & Mugaburu (1997) como polivalencia que en el área de mantenimiento la diversificación del mantenimiento se enfoca en las áreas: mecánica, eléctrica e instrumentación, los autores afirman:

En determinadas épocas se buscaba a personas formadas en una única especialidad e incluso en un único tipo de máquina. En nuestros días el intento de mejora de la productividad ha motivado la aparición del concepto de polivalentes. (...) Fomentar cierto grado de polivalencia en el personal influye en varios aspectos como la optimización de la planilla. (...) De esta manera se simplifica el número de intervinientes en una reparación, ganando en productividad.

La polivalencia en los colaboradores requiere de una formación que debe ser promovida por la misma organización y aunada a la experiencia, vuelve a los colaboradores aptos para desarrollar una pluralidad de tareas, reduciendo las necesidades de tercerizar tareas del departamento.

El técnico está capacitado para la instalación y mantenimiento de instalaciones para manejo de GLP, aunque ya el considera estar desactualizado ya que la formación la recibió hace muchos años. Se cuentan con varios mecánicos, los cuales poseen las características descritas en la tabla anterior, cabe destacar que existen dos que se encargan de estos trabajos y el cálculo se realizó tomando en cuenta el tiempo de solo uno de ellos, por lo que el tiempo requerido para el mantenimiento programado es mínimo. Por último, el encargado del mantenimiento de la planta, el señor José Coto, tiene muchos años de experiencia realizando estas tareas, además de que no requiere conocimientos específicos con el manejo del GLP o la manipulación de equipos, por lo que es apto para ejecutarlas.

A pesar de que la mano de obra existente es capaz de ejecutar los planes propuestos, no existe un jefe para el departamento de mantenimiento, por lo que debe existir una persona capaz de administrar los recursos, planificar las actividades, delegar responsabilidades y gestionar el sistema de información que requiera el departamento, además de analizar los datos para que sean tomados en cuenta durante la planificación y mejorar la gestión del mantenimiento.

6.7 Necesidad de capacitación

Tanto el jefe del departamento de mantenimiento como el técnico deben haber llevado un curso sobre las instalaciones y la manipulación del GLP. El técnico Josué Saldaña está capacitado, sin embargo, su formación fue hace muchos años, por lo que es recomendable que vuelva a capacitarse para que reciba información más reciente.

Las capacitaciones en esta área las brinda el Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales (CIEMI), recientemente, en el Tecnológico de Costa Rica, Fundatec está impartiendo un curso relacionado con la instalación y mantenimiento de sistemas de GLP. Estas son opciones viables que se deben considerar y evaluar para capacitar a los colaboradores.

6.8 Gestión de repuestos

6.8.1 Clasificación de los repuestos

De acuerdo con García (2010), los repuestos se pueden clasificar de tres formas distintas, la primera es según la responsabilidad dentro del equipo (piezas sometidas a desgaste, consumibles, elementos de regulación y mando mecánico, piezas móviles, componentes electrónicos (instrumentación) y piezas estructurales), según la necesidad de stock en la planta (repuesto A, repuesto B y repuesto C, según criticidad) y según la clasificación por tipo de aprovisionamiento (pieza estándar, pieza específica del fabricante o pieza específica a medida). En la siguiente tabla se describen las clasificaciones de los repuestos según García (2010).

Tabla 27. Clasificación de los repuestos

Categoría	Descripción	Ejemplo
Según la responsabilidad en el equipo		
<i>Piezas sometidas a desgaste</i>	Uniones entre partes fijas y móviles. Partes que están en contacto con fluidos, sometidas a desgaste o abrasión, fatiga corrosión o cavitación.	Cojinetes, retenes, juntas, retenes, rodetes, tuberías.
<i>Consumibles</i>	Son los repuestos de bajo costo y los de duración inferior a un año. Generalmente se reemplazan antes de que el equipo falle.	Filtros, aceite, material de limpieza, trapos.
<i>Elementos de regulación y mando mecánico</i>	Son los que controlan los procesos y el funcionamiento de la instalación. Su fallo frecuente es por fatiga.	Válvulas, cigüeñales.
<i>Piezas móviles</i>	Corresponde a las que transmiten el movimiento. Generalmente fallan por fatiga.	Engranajes, ejes, fajas, reductores.
<i>Componentes electrónicos (instrumentación)</i>	Su fallo puede provocar una parada en el equipo. Usualmente fallan por calentamiento, cortocircuito o sobretensión.	Contactador, termostato.
Necesidad de stock en planta		
<i>Repuesto A</i>	Son los que se clasifican como críticos y se deben tener en stock.	Los clasificados como críticos.
<i>Repuesto B</i>	Elementos de los que se requiere conocer los detalles del proveedor y el plazo de entrega.	Los clasificados como importantes.
<i>Repuesto C</i>	Elementos que no ocasionan un paro en la producción.	Elementos que son prescindibles.

Fuente: elaboración propia

6.8.2 Stock de repuestos

El objetivo de seleccionar un stock de repuestos es mantener un balance entre el impacto que representa para la empresa mantener un presupuesto inmóvil y la disminución de disponibilidad de las instalaciones por no mantener un stock de repuestos críticos.

García (2010) afirma que: “hay cinco aspectos que debemos tener en cuenta a la hora de seleccionar el stock de repuesto la criticidad de los equipos en que están situados, su consumo, el coste de la pieza, el coste de la pérdida en producción en caso de fallo y el plazo de aprovisionamiento.” Para facilitar la elección del stock de repuestos, el autor da un flujograma el cual es mostrado en la siguiente figura, en este flujograma se consideran los criterios mencionados y se describen en los apéndices.

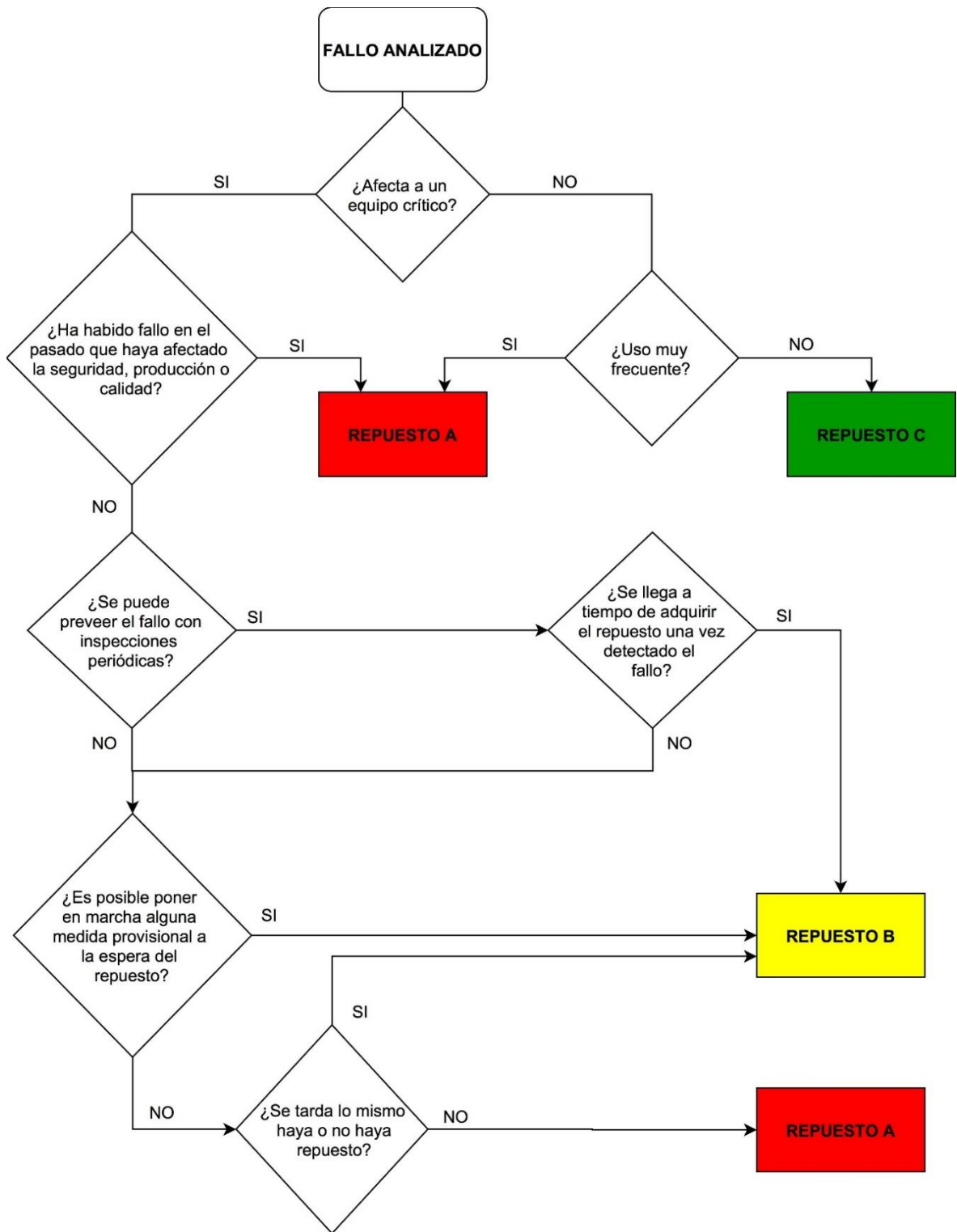


Figura 28. Flujograma para establecer la criticidad de los repuestos
 Fuente: adaptado de García (2010).

Algunos elementos como las fajas, se consideran como importantes porque mediante las inspecciones de rutina se puede identificar cuando ya requieran cambio. El tiempo de entrega es el obtenido por medio de las cotizaciones, donde se muestra que todos tienen entrega inmediata, excepto el kit de reparación de la bomba de GLP y los kits de reparación de las válvulas de admisión y descarga del compresor de GLP, que pueden tardar hasta 8 semanas para estar disponibles para la venta. En cuanto al criterio de medidas provisionales, no existen equipos duplicados, por lo que no se pueden tomar medidas alternas para continuar el proceso productivo si algún equipo falla.

En la siguiente tabla se muestran los repuestos con la respectiva clasificación obtenida, claramente los repuestos críticos corresponden a los equipos que fueron clasificados como críticos, otros corresponden a los equipos importantes, pero que tienen plazos de entrega largos y el paro en la producción no es admisible. Además, como García (2010) recomienda, los consumibles deben mantenerse en stock, por ejemplo, el aceite SAE 30 que es requerido por los compresores de aire y de GLP, estos consumibles también son de bajo costo comparados con otros repuestos, y se deben mantener, tanto por su bajo costo como por rápido tiempo de consumo.

El autor también recomienda mantener la información de los proveedores y conocer el plazo de entrega de los repuestos clasificados como importantes, esta información ya fue recopilada, por lo que cuando se necesiten se debe consultar la lista que se obtuvo para el diagrama de Pareto del análisis de criticidad.

En la siguiente tabla se muestran los repuestos por equipo, la criticidad del equipo que se debe considerar en el flujograma y la clasificación que obtuvo cada insumo. La cantidad que se debe mantener se estima con la frecuencia de fallo y de los consumibles según los requerimientos totales en los equipos.

Tabla 28. Clasificación de los repuestos

Equipo		Repuesto / Material	Tipo de repuesto	Clasificación
C	PC-01-BO-01	Rodamientos	Piezas sometidas a desgaste	C
A	PC-01-CO-01 PC-01-CO-02	Fajas	Piezas móviles	B
		Aceite	Consumibles	A
		Válvula de seguridad	Elementos de regulación y mando mecánico	C
A	PC-04-BO-01	Kit de reparación	Piezas sometidas a desgaste	A
		Grasa para rodamientos	Consumibles	A
		Fajas	Piezas móviles	B
B	PC-04-CO-01	Válvula de succión	Elementos de regulación y mando mecánico	A
		Válvula de descarga	Elementos de regulación y mando mecánico	A
		Aceite	Consumibles	A
		Fajas	Piezas móviles	B
		Filtro de aceite	Consumibles	B
A	PC-03-LM-XX	Kit de reparación para N201	Piezas sometidas a desgaste	A
A	PC-03-LA-XX	O-ring y diafragma	Piezas sometidas a desgaste	A
B	PC-01-GE-01	Filtros de aire	Consumibles	B
		Filtros de aceite	Consumibles	B
		Aceite	Consumibles	A
		Fajas	Piezas móviles	B
		Agua destilada	Consumibles	B
C	PC-03-QI-01	Resistencia y termostato	Elementos de regulación y mando mecánico	B

Fuente: elaboración propia

La clasificación del insumo se especifica con el objetivo de facilitar el ordenamiento que se le debe dar en la bodega para almacenarlo. Con los demás datos de la tabla anterior, se determinan cuáles se deben tener en stock. Los volúmenes de aceite se toman de las fichas técnicas para conocer cuánto se debe tener almacenado.

Tabla 29. Stock de repuestos

Insumo	Especificaciones	Cantidad
Aceite	SAE 30 (Mobil 1 10W30)	1 galón
Kit de reparación para bomba de GLP	Corken Rebuild Kit 3196-X26	1
Grasa	Para rodamientos de bolas calidad industrial 06LGMT2	1
Válvula de succión de compresor de GLP	BLACKMER Suction valve assembly 793269	1
Válvula de descarga para compresor de GLP	BLACKMER Discharge valve assembly 793279	1
Filtro de aceite para compresor de GLP	-	1
Diafragma para válvula de llenadoras mecánicas	Kit para llenadora automática Fisher N201	1
Diafragma y o-rings para llenadoras automáticas		1

Fuente: elaboración propia

El stock mencionado corresponde solo a los repuestos, pero también se requiere mantener en bodega otros insumos requeridos para realizar las actividades de mantenimiento, por ejemplo, desengrasante, thinner, rodillos para pintar, estopa, jabón, escoba y pala.

CAPÍTULO 7.

SISTEMA DE INFORMACIÓN

7.1 Documentos de mantenimiento

Como ya se ha mencionado, la empresa actualmente carece de procedimientos estandarizados y de documentos de control en el área de mantenimiento, lo que implica que tampoco se tienen indicadores para medir la eficacia de los procesos actuales. Como parte de la gestión propuesta, se deben implementar una serie de documentos relacionados específicamente con mantenimiento, que seguirán la codificación propuesta por la Ing. Lady Ramírez para la gestión de información implementada recientemente en el departamento de operaciones.

Además de la importancia que tienen los datos para mejorar continuamente el sistema de gestión de mantenimiento una vez implementado, también debe existir ya que es requisito de acuerdo con el capítulo 14 de la norma NFPA 58:2014, donde se enuncia que deben existir estos registros, estar disponibles para las autoridades competentes y mantenerse durante toda la vida útil de los equipos.

En los siguientes apartados se mencionarán los documentos que se deben manejar, qué información van a recopilar y quiénes deben completarlos. Los formatos propuestos se adjuntan en los apéndices.

7.1.1 Solicitud de trabajo

La solicitud de trabajo debe estar disponible para todos los colaboradores de la planta, ya que cuando requieran un trabajo del departamento de mantenimiento lo deben solicitar por medio de este documento. Se debe tener un block de solicitudes de trabajo, numeradas de forma consecutiva, cada solicitud debe tener una copia al carbón.

Los datos que se deben llenar son: fecha, nombre del solicitante, zona que requiere la intervención, según la numeración propuesta en el sistema de codificación; la descripción detallada del trabajo requerido y la firma del solicitante. En la parte inferior, el encargado de tramitar las solicitudes debe marcar si la solicitud es urgente o no.

7.1.2 Orden de compra

Para cualquier intervención es necesario adquirir los insumos que se requieren actualmente, cuando el técnico requiere hacer una intervención solicita una cotización al proveedor, la muestra al contralor, el Lic. Marlon Navarro para que él la firme y apruebe la compra. Luego, la cajera otorga el efectivo que corresponde al monto aprobado en la cotización y el técnico va a realizar la compra. Una vez que se ha hecho la compra, el contralor firma la factura de compra para que el técnico la entregue al departamento de contabilidad y se haga el respectivo registro.

Para estandarizar este proceso de compra se propone un formato para órdenes de compra, donde se escribirá la fecha, el monto requerido y el número de cotización. En el espacio llamado justificación se detallará brevemente para qué se requiere el insumo, tanto el solicitante como el gerente financiero deben firmarla.

7.1.3 Orden de trabajo (OT)

Por medio de este documento se delegarán las actividades programadas previamente en los manuales o las solicitadas mediante la solicitud de trabajo. En la parte superior se debe indicar el número de la zona donde se encuentra el equipo, el código del equipo, el nombre del sistema y el elemento o elementos a intervenir. En el espacio de solicitante debe indicarse el consecutivo de la solicitud o mantenimiento programado si es parte de una rutina. El nombre del técnico se indica en el espacio "Asignado a", se marca con una "x" si el equipo o el sistema debe estar en marcha o parado y se indica si el tipo de OT es preventiva o correctiva.

En el espacio "Descripción del trabajo a realizar" se escribe con detalle lo que el técnico debe hacer, las medidas de seguridad se indican en el siguiente espacio, luego los insumos y herramientas con las respectivas cantidades. Toda la información que se requiere hasta aquí la debe completar el jefe de mantenimiento, que es la persona que delega la responsabilidad. Cuando el técnico ejecuta el trabajo debe anotar el tiempo que tardó en hacerlo y en el espacio de observaciones escribe detalles de lo que haya surgido durante la intervención, por ejemplo, retrasos, alguna evidencia de una condición anómala, para que esta información sea tomada en cuenta para la retroalimentación y el mejoramiento continuo.

7.1.4 Control de inventario de bodega

El local técnico debe ser un espacio de acceso restringido únicamente para el personal de mantenimiento, para evitar la extracción de materiales, repuestos y herramientas por parte de personal ajeno al departamento.

Debido a que el personal de mantenimiento es poco, se proponen dos listas para manejar el control de inventario, este va a ser controlado por el jefe de mantenimiento. El técnico cuenta con una caja de herramientas, por lo que no tendrá que solicitarlas para realizar sus trabajos, la lista de Control de préstamo de herramientas y equipos (RE-06-PCMTO) va a ser completada por cualquier colaborador que no pertenezca al departamento de mantenimiento y que requiera una herramienta o un equipo. Para extraerlo deberá solicitar la autorización al jefe de mantenimiento o al técnico y completar el formulario, tanto para retirar como para devolverlo al local técnico.

Por otro lado, el control de consumibles se dará mediante el registro llamado Requisición de materiales (RE-07-PCMTO). Si son materiales requeridos para órdenes de trabajo, el técnico completa la lista y en el espacio de observaciones debe anotar OT-0000, según sea el número consecutivo de la OT. Cuando es un colaborador de otro departamento deberá indicar para qué requiere el material y el costo para reponerlo deberá otorgarlo el departamento respectivo.

7.2 Listas de chequeo para control de mantenimiento subcontratado del sistema contra incendios

Debido a que existe un contrato con TicoFire para el mantenimiento del sistema contra incendio, el jefe del departamento de mantenimiento deberá asegurarse que las rutinas se cumplan y estar enterado de las reparaciones que deban hacerse, ya que el costo de los insumos los debe cubrir la organización. Las siguientes listas de chequeo propuestas deberán ser llenadas por el jefe de mantenimiento, en caso de que él no se encuentre, el técnico será el encargado de supervisar estas actividades, las listas de chequeo se adjuntan en los apéndices.

7.3 Flujogramas

Describirán las personas que están involucradas en cada proceso. Para el procedimiento de compra, el solicitante será el jefe de mantenimiento quien estará a cargo de que los insumos estén disponibles para las actividades, la secretaria debe hacer la orden de compra, la aprobación para realizar la compra la debe hacer el contralor y la persona que otorga el dinero en efectivo es la cajera o la encargada de presupuesto, en caso de requerir una transferencia.

Para el mantenimiento correctivo, el solicitante es cualquier colaborador que tenga una necesidad, lo solicita mediante la solicitud de trabajo, la cual va a ser evaluada y tramitada por el jefe de mantenimiento y finalmente, quien lleva a cabo las tareas es el técnico. Similar al mantenimiento correctivo se debe llevar el mantenimiento preventivo, pero en este caso, al existir rutinas programadas, el jefe de mantenimiento será quien calendarice las actividades y las delegue para que el técnico las ejecute.

Todos los procesos cuentan con las características deseables de un flujograma mencionadas en el marco teórico, una de las principales es la que considera múltiples desenlaces. Los tres procedimientos mencionados para tratamiento de documentos de mantenimiento se adjuntan en los apéndices.

7.4 Características del software de mantenimiento

Para la gestión propuesta no se seleccionará ni se diseñará un software porque actualmente la organización está diseñando un sistema que incluya todos los módulos que se requieren, uno de ellos es el requerido para mantenimiento. De acuerdo con el Ing. Kevin Martínez, el ingeniero en sistemas de la organización, lo que se debe establecer son los requerimientos mínimos que necesita el módulo de mantenimiento para que él pueda desarrollarlo. Por esta razón se especificarán las funciones que, como mínimo, debe poseer el software.

1. Aunque esta propuesta es para la planta de Cartago, luego debe expandirse a las otras plantas; el módulo debe permitir dividir cada planta debe estar en zonas, como se especificó en la codificación, y asignar a cada sección los equipos que posee.
2. Una vez que se cuente con una estrategia de análisis de fallas, las causas deben codificarse, al igual que las actividades de mantenimiento.
3. En el sistema se debe generar la orden de trabajo propuesta, para que se registre en el sistema y también se imprima para tener en el archivo y que el técnico pueda llevarse la copia correspondiente.
4. Debe permitir registrar las fallas e intervenciones que ocurren con detalles como tiempo de paro, repuestos e insumos requeridos para repararlas.
5. El sistema debe generar reportes con los datos registrados, entre ellos las fallas en un lapso ingresado por el usuario, el costo total debido a insumos, los tiempos de paro ocasionados, las intervenciones realizadas a un equipo, además de los indicadores en el lapso que se soliciten.
6. El stock de repuestos críticos también debe incluirse para controlar las existencias mínimas requeridas.
7. También el sistema va a incluir una sección de capacitación, donde todos los colaboradores deben llevar pequeños cursos, uno de ellos será el de

mantenimiento. El sistema registrará que cada colaborador haya hecho el curso, pero también tendrá una sección con documentos de ayuda.

Los objetivos que se buscan al tener un sistema informático son: control sobre las actividades de mantenimiento, cuantificar los gastos, facilitar las consultas de históricos y la obtención de indicadores. No se requiere personal indirecto para el manejo de la información, ya que, al ser la planta de tamaño mediano, el mismo jefe del departamento será el encargado de utilizar el sistema.

CAPÍTULO 8.

PROPUESTA DE INDICADORES

8.1 Cuadro de mando integral

Mediante la estrategia corporativa se obtienen las características del enfoque que posee la estrategia de la organización, por esta razón se analizó la misión y la visión, de la visión se deducen las siguientes características:

- El talento humano debe estar capacitado.
- Los procesos deben garantizar el cumplimiento de estándares de seguridad y calidad para hacer la organización competitiva.
- Los procesos deben ser rentables.
- Los procesos deben mejorar continuamente para que la organización crezca y alcance el liderazgo.

Según la misión, la organización debe:

- Asegurar el abastecimiento de GLP y la satisfacción del cliente.
- Gestionar el recurso humano para que sea eficiente, además promover la salud ocupacional.
- Proveer condiciones de seguridad y protección del medio ambiente.

La visión, misión y objetivos propuestos para el departamento de mantenimiento fueron planteados tomando como base la estrategia de la organización, por lo que, según la misión propuesta para el departamento de mantenimiento, este debe garantizar:

- La disponibilidad de las instalaciones de la planta
- Realización de tareas de forma rentable
- Cumplimiento de normativas.
- Contribuir al logro de los objetivos de las partes interesadas.

De acuerdo con la visión propuesta, el departamento de mantenimiento debe:

- Garantizar el uso eficiente de recursos
- Brindar servicios oportunos y de calidad para contribuir a la competitividad de la organización.
- Poseer personal capacitado.

Los objetivos de cada una de las perspectivas se realizarán tomando en cuenta los parámetros descritos, los cuales están basados en la estrategia de la organización y

los propuestos para el departamento de mantenimiento, los cuales también están basados en la estrategia de la organización.

Para garantizar que los servicios que brinda el departamento son rentables es necesario garantizar que los costos variables son mínimos, es decir, los costos asociados a los mantenimientos correctivos. Para asegurar que los servicios son de calidad y cumplen con las normas es necesario tener rutinas programadas y procedimientos donde se especifiquen los estándares y los pasos que deben seguir para ejecutar las actividades de mantenimiento, es decir, este requerimiento está asociado a la planificación y gestión de mantenimiento. El abastecimiento de GLP se asegura garantizando la disponibilidad de las instalaciones, de forma que el proceso productivo se lleve a cabo de forma ininterrumpida. Por último, uno de los aspectos principales, es asegurarse de que el personal está capacitado, además de que realice las actividades de forma segura y de esta forma, el índice de accidentabilidad debe ser muy bajo.

Estos aspectos fueron considerados para definir los objetivos de cada perspectiva relacionada con el departamento de mantenimiento y seleccionar el indicador más representativo de los recomendados por la norma alemana VDI-2839, considerando también que se adapten a la situación actual de la empresa, que sean representativos y que se puedan recopilar los datos requeridos para medirlos.

Tabla 30. Cuadro de Mando Integral aplicado al departamento de Mantenimiento de Gas Tomza de Costa Rica S. A.

Perspectiva	Objetivos	Indicadores	Descripción	Fuente de información	Fórmula	Frecuencia	Meta		
							Bajo	Medio	Alto
Financiera	Reducir como mínimo entre un 5% y un 10% los trabajos de mantenimiento correctivo para disminuir los costos variables.	Mantenimiento preventivo	Porcentaje del tiempo total de mantenimiento dedicado a mantenimiento preventivo.	OT y base de datos de mantenimiento	$\frac{\text{Horas de MP}}{\text{Hotas totales de mto}} \times 100\%$	Anual	≤ 60%	60% < x < 70%	70% ≤
Cliente	Garantizar una disponibilidad de los equipos y de las instalaciones mayor al 80%	Disponibilidad	Indica el porcentaje de tiempo productivo que los equipos se encontraron en condiciones óptimas de operación.	Registro de horas de paro	$\frac{T_{operación} - T_{paro}}{T_{operación}} \times 100\%$	Mensual	≤ 80%	80% < x < 85%	≤ 85%
Interna	Demostrar que la implementación del PMP disminuye la ocurrencia de fallas	Tiempo medio entre fallas (MBFT)	Tiempo promedio de frecuencia de fallas.	OT y base de datos de mantenimiento	$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}}$	Semestral	< 6 meses	6 meses < x < 1 año	1 año ≤
Aprendizaje y crecimiento	Asegurar que los colaboradores están capacitados.	Formación al personal	Cuantifica las horas de capacitación que reciben los colaboradores.	Listas de asistencia a capacitación	Registro de horas de capacitación	Anual	≤ 16 h	16 h < x < 30 h	> 30 h
	Disminuir el número de accidentes que requieran incapacidad para garantizar que las actividades de mantenimiento se realizan de forma segura.	Seguridad laboral	Número de accidentes que requieran incapacidad en un tiempo de un año.	Registros de la Comisión de Salud Ocupacional	$\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Tiempo}}$	Anual	< 3	3 ≤ x ≤ 5	5 <

Fuente: elaboración propia

8.2 Propuesta de indicadores

Los indicadores seleccionados en el Cuadro de Mando Integral fueron aprobados por el contralor, el Lic. Marlon Navarro y el gerente de operaciones, el Ing. Ernesto Tutilla Campos.

El indicador del mantenimiento preventivo se eligió para garantizar que las actividades son rentables, ya que los costos fijos, según la estructura de costos descrita, no se pueden modificar, pero los costos variables si se pueden y se deben reducir al mínimo posible. Los costos variables están relacionados principalmente con el mantenimiento correctivo, por lo que, si las rutinas de mantenimiento preventivo son eficaces, los costos variables deberían mantenerse mínimos, por lo que si la mayoría de horas de actividades de mantenimiento son planificadas, implica que los costos variables van a disminuir.

El principal cliente de mantenimiento es el departamento de operaciones, por lo que, si se garantiza la disponibilidad, el proceso productivo no se va a interrumpir por causas relacionadas de mantenimiento. Además, si se asegura destaca la disponibilidad de los equipos, también asegura en alguna medida el abastecimiento de GLP a los clientes externos, lo cual responde a la misión de la organización. Los clientes del departamento de mantenimiento que se identificaron en el Modelo de Gestión de Mantenimiento, son tres, sin embargo, dentro de la perspectiva de clientes no se incluyó al sistema contra incendio, ya que las condiciones de este sistema se van a medir por medio de las evaluaciones del Cuerpo de Bomberos.

Para la perspectiva interna, el tiempo medio entre fallas indicará si los programas de mantenimiento preventivo son eficientes, además de mostrar la calidad de los trabajos realizados por los colaboradores.

Por último, para medir cuán capacitados están los colaboradores, se cuantificarán las horas de capacitación recibidas anualmente, además, las medidas de seguridad y el seguimiento de los procedimientos implicará que se disminuyan los accidentes, por lo que estos dos indicadores evaluarán la perspectiva de aprendizaje y crecimiento.

Se propone recopilar datos de, al menos, un año antes de modificar los valores de meta y las frecuencias en función de los resultados obtenidos. Además, durante el primer año, calcular todos los indicadores a la mitad de la frecuencia indicada en el Cuadro de Mando Integral, con el objetivo de tener una mejor estimación del comportamiento de las variables involucradas y hasta después de un año, modificar el Cuadro de Mando Integral. También es necesario evaluar si el desempeño se está midiendo completamente con los indicadores propuestos o si es necesario incluir más indicadores, aunque no es deseable, ya que podría volver el análisis más complicado, distorsionar los objetivos estratégicos principales y también, generar dificultad para definir las medidas correctivas.

La fuente principal de los datos son las órdenes de trabajos, la base de datos de mantenimiento y los registros, por lo que es importante cambiar la cultura de la organización, capacitar y motivar a los colaboradores para que los datos recopilados sean confiables.

Los indicadores mencionados en el Cuadro de Mando Integral mostrado deben ser calculados por el jefe del departamento de mantenimiento, también debe analizarlos y comunicarlos a las otras partes de la organización para identificar las oportunidades de mejora y promover cambios.

De acuerdo con el indicador, la meta puede ser el valor alto o el valor bajo. Es deseable que el indicador de mantenimiento preventivo, la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas y la formación sean lo más alto posible, mientras que el indicador de seguridad laboral es deseable que sea bajo.

CAPÍTULO 9

ESTRATEGIA DE CAMBIO CULTURAL

9.1 Propuesta de estrategia de cambio cultural

Para implementar y la estrategia y lograr el éxito es necesario modificar la cultura

Tabla 31. Propuesta de estrategia de cambio cultural en los diferentes niveles de la organización

Nivel	Actividades
<i>Gerencia</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Realizar reuniones mensuales con los gerentes para exponer resultados y beneficios logrados, además, recibir sugerencias y recomendaciones.▪ Enviar boletines informativos por correo electrónico para comunicar los objetivos de mantenimiento, las estrategias y las actividades que se llevan a cabo.
<i>Administrativo</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Enviar boletines informativos por correo electrónico para comunicar los objetivos de mantenimiento, las estrategias y las actividades que se llevan a cabo e informar sobre los procedimientos que deben seguir para realizar gestiones relacionadas con mantenimiento.▪ Colocar en las pizarras de las oficinas y el comedor los indicadores obtenidos y la próxima meta para que las personas conozcan el mejoramiento alcanzado.
<i>Técnico y operativo</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Capacitar para que conozcan la gestión que va a tener el mantenimiento, explicar todos los documentos que componen el manual de mantenimiento.▪ Comunicar los logros alcanzados y motivar para continuar mejorando.▪ Colocar la misión, visión y objetivos del departamento de mantenimiento en el local técnico para que los colaboradores recuerden por qué se trabaja y lo que se quiere lograr.

Fuente: elaboración propia

Son necesarias una serie de acciones rápidas de resultados inmediatos para que tanto la dirección como los propios operarios de mantenimiento crean en el proceso de cambio que se acaba de iniciar. Por ello, las acciones deben centrarse en aquellos puntos en los que se puede obtener un resultado inmediato, tanto visualmente como a nivel de resultados.

(García, 2010)

De acuerdo con la cita anterior, al implementar una gestión de mantenimiento, se deben realizar acciones que tengan resultados en un lapso corto, el autor sugiere poner en marcha el programa de mantenimiento preventivo y organizar la bodega de repuesto, por ejemplo. La codificación de equipos y la implementación del sistema de información para el departamento, junto con la organización de la bodega, son de las primeras acciones que deben implementarse para dar a conocer el departamento y percibir cambios organizacionales.

El jefe de mantenimiento será el encargado de asegurarse que la estrategia es sólida y no tiene inconsistencias para comenzar a implementarla. Primero debe capacitar a los colaboradores para que conozcan toda la gestión. Una vez que ya se han percibido beneficios y se hayan logrado objetivos, se deben comenzar las reuniones con la gerencia, para que conozcan los avances alcanzados y también, para recibir sugerencias.

Con el personal administrativo, se dará a conocer los logros alcanzados, pero inicialmente se debe informar cómo deben solicitar un trabajo que requieran del departamento de mantenimiento.

Es importante que todo el personal técnico y operativo conozca a la perfección la estrategia para que actúe sin dudas, el jefe de mantenimiento debe mantenerlos informados, felicitarlos cuando realizan trabajos de calidad y cumplen con la planificación. Es importante mantenerlos capacitados, tanto en temas relacionados con el proceso productivo, como en estrategias de mantenimiento que se quieran implementar posteriormente.

Las pizarras, colocadas en las oficinas administrativas y en el comedor son un medio importante para difundir información, para que todos los colaboradores conozcan el progreso del departamento y también se comprometan a colaborar cuando se requiera.

9.2 Costos de implementación de modelo de gestión de mantenimiento

El análisis económico no se realizará debido a que actualmente en la organización el procedimiento de compra, que no se tiene documentado, consiste en que, al existir una falla, el técnico cotiza el repuesto, lleva la cotización al gerente financiero, el Lic. Marlon Navarro, quien firma la cotización para autorizar la compra. Luego, el técnico va a comprar los insumos y luego entrega la factura al personal administrativo para que registren el gasto, sin embargo, todos los gastos de la planta van a una misma cuenta y se registran solo con el número de transacción, por lo que no se tiene una descripción asociada, para calcular cuáles costos pertenecen a mantenimiento y poder hacer una comparación entre lo que se hace actualmente y lo que se modificaría al aplicar la gestión propuesta.

El cálculo del costo se hará para el costo de mano de obra, el cual es un costo fijo. Se sumará el costo del stock de repuestos y el costo del equipo de protección personal, ya que los colaboradores realizan las labores con ropa particular que no es adecuada para realizar los trabajos. También se sumará el costo del mantenimiento subcontratado para el sistema contra incendio, el cual ya está contratado.

Este costo va a ser mayor, debe sumarse el costo del mantenimiento correctivo que va a ser solicitado conforme surjan las necesidades.

9.2.1 Costo anual de mano de obra

Se calculará el costo de mano de obra durante un año, el cual representa el costo de la estructura organizacional planteada en el organigrama propuesto, ya que se comprobó que el tiempo laboral de los colaboradores actuales suple los requerimientos de los programas elaborados, únicamente se incluyó el puesto del jefe de mantenimiento, el cual es el encargado de planificar, controlar recursos y realizar toda la gestión que conllevan las actividades, además de controlar los indicadores, analizarlos y retroalimentar la gestión para mejorarla.

Tabla 32. Costo de la estructura organizacional propuesta

Puesto	Salario sin cargas sociales (€)	Salario con cargas sociales (€)
Jefe de mantenimiento	629 395	937 799
Técnico	587 718	875 700
Encargado mantenimiento de planta	340 598	507 491
COSTO DE LA ESTRUCTURA		27 851 868

Fuente: elaboración propia

9.2.2 Costo del stock de repuestos críticos

Tabla 33. Costo del stock de repuestos

Insumo	Costo (€)
Aceite	23 450
Kit de reparación para bomba de GLP	1 503 700.61
Grasa	6 610
Válvula de succión de compresor de GLP	377 471
Válvula de descarga para compresor de GLP	395 337
Diafragma para válvula de llenadoras mecánicas	160 778
Diafragma y o-rings para llenadoras automáticas	15 000
COSTO TOTAL	2 482 346.77

Fuente: elaboración propia

9.2.3 Costo de insumos de rutinas programadas

Para este costo solo se tomarán en cuenta los insumos específicos para los equipos, ya que los insumos comunes, como paños, jabón, escoba y pala ya se tienen en la organización, por lo que no representarían un costo adicional.

Tabla 34. Insumos requeridos anualmente para las rutinas programadas

Rutina	Insumos de rutinas programadas	Frecuencia anual	Costo (₡)
MA-01-PCMTO	Grasa para rodamientos de bolas	1	6 610
MA-02-PCMTO	Aceite SAE 30	2	35 175
	Filtro de aceite	2	0
MA-03-PCMTO	Aceite SAE 30	4	46 900
MA-05-PCMTO	Filtros de aceite	1	11 962
	Filtros de combustible	1	37 565
COSTO TOTAL			138 212

Fuente: elaboración propia

El costo del filtro de aceite para el compresor de GLP no se incluyó porque no se tienen las especificaciones para adquirirlo, anteriormente se adquiere llevando el que está en mal estado.

9.2.4 Costo del equipo de protección personal

Para realizar las actividades de mantenimiento es necesario que los colaboradores utilicen el equipo de protección personal, actualmente, no tienen uniforme ni equipo de protección personal, por lo que este representa un insumo importante cuando se implemente la gestión propuesta. Actualmente se está adquiriendo este equipo para el personal de operaciones, por lo que se utilizarán los mismos proveedores. Las cotizaciones se encuentran en anexos.

Tabla 35.. Costo de equipo de protección personal para colaboradores de mantenimiento

Equipo de protección personal	Costo (€)
Camisetas	24 000
Pantalón	56 039
Zapatos de seguridad	42 940
Lentes de seguridad	1 695
Guantes	4 158
Mangas	2 200
COSTO TOTAL	131 032.36

Fuente: elaboración propia

9.2.5 Costo anual de implementación

Descripción de costo	Costo (€)
Costo de equipo de protección personal	131 032.36
Costo de la estructura organizacional	27 851 868.00
Costo del stock de repuestos	2 482 346.77
Costo del contrato TicoFire	5 542 944.00
Costo de insumos de rutinas programadas	138 212
COSTO TOTAL	33 664 056.14

Fuente: elaboración propia

Estos gastos corresponden a los gastos independientes de las actividades de mantenimiento correctivo que deban realizarse y de los insumos requeridos para llevar a cabo los planes. Esta estimación de costos solo incluye los del stock de repuestos que debe permanecer en bodega, el stock para realizar los reemplazos programados

(cambio de aceite, por ejemplo), más el costo de la mano de obra, el costo del mantenimiento subcontratado y la adquisición de equipo de protección personal.

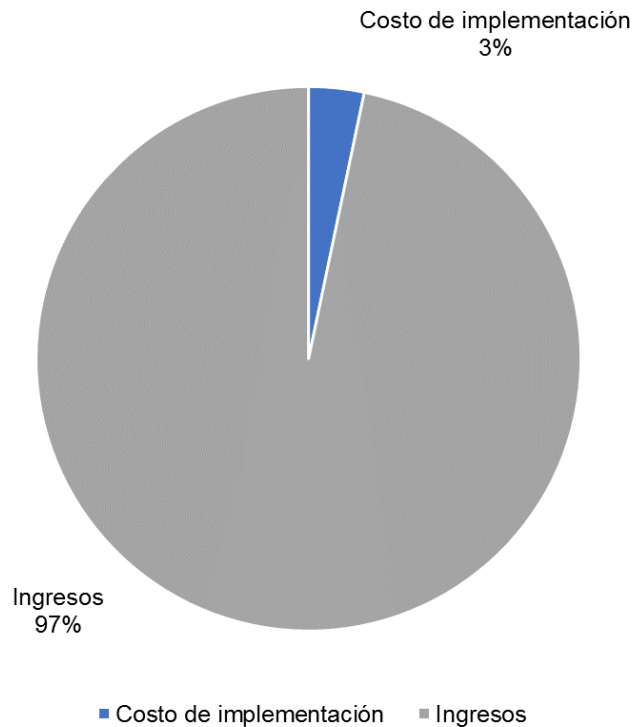
Para verificar que este costo es viable, aun cuando se conoce que en la implementación va a ser mayor se comparará con los ingresos totales obtenidos por las ventas del año anterior para mostrar cuál es la proporción de una parte de los gastos con respecto a los ingresos totales del año 2016. Los ingresos son mayores ya que no se consideró la venta de envases, solo se consideró la venta del GLP.

Tabla 36. Ingresos totales durante el 2016

Tipo de venta	Ingreso (₡)
GAS ESTACIONES SERVICIO	6,220,796.74
CILINDRO 10 LBS	6,695,061.29
CILINDRO 100 LBS	319,737,912.53
CILINDRO 20 LBS	204,198,621.18
CILINDRO 25 LBS	961,460,887.60
CILINDRO 35 LBS	687,888,318.32
CILINDRO 40 LBS	15,781,736.40
CILINDRO 45 LBS	66,785,682.64
CILINDRO 5 LBS	10,292.00
CILINDRO 50 LBS	159,519.00
GAS GRANEL LTR	756,698,854.83
GAS GRAN GRANEL LTR	600,530,170.66
TOTAL DE INGRESOS	987 740 027.57

Fuente: elaboración propia

Gráfico 5. Comparación de ingresos de 2016 y de costos de implementación de modelo de gestión de mantenimiento



Fuente: elaboración propia

Como se muestra en el gráfico anterior, el costo contemplado para implementación representa solo el 3% de los ingresos, es muy bajo comparado con el total de los ingresos. Además, la organización ya ha estado pagando la mano de obra por muchos años y comprando los repuestos e insumos cuando se requieren para los mantenimientos correctivos. Básicamente los costos adicionales corresponden al salario del jefe del departamento de mantenimiento y el stock de repuestos crítico, más la inversión en la compra de equipo de protección personal.

9.3 Beneficios de implementación de modelo de gestión de mantenimiento

1. Crear un cambio cultural en el ámbito de mantenimiento, donde se desplace la estrategia de mantenimiento correctivo por el mantenimiento preventivo, es decir, implementar una cultura preventiva en los colaboradores.
2. Satisfacer los requerimientos de mantenimiento estipulados en las normas para el tipo de proceso productivo de la organización.
3. Fomentar la cultura de la información, que facilite la toma de decisiones y el mejoramiento continuo de la gestión.
4. Realizar las actividades de mantenimiento de forma estandarizada, que todos los colaboradores conozcan los procedimientos que deben seguir y los parámetros que deben utilizar para asegurar servicios de mantenimiento de calidad.
5. Reducir los tiempos de paro asociados a mantenimiento y con esto, los costos asociados a las pérdidas por producción.
6. Garantizar y mejorar la disponibilidad de los equipos, la operación segura de los mismos y la prolongación de la vida útil.

10. CONCLUSIONES

1. Luego de analizar la situación actual, se determinó que el enfoque de mantenimiento actual de la organización es meramente correctivo.
2. Se diseñó un modelo de gestión de mantenimiento que incluye todos los elementos que deben relacionarse con el departamento de mantenimiento y la forma en la que interaccionan.
3. Se realizaron programas piloto de mantenimiento preventivo para los equipos catalogados como críticos en el proceso.
4. Se diseñaron los formatos de los documentos que debe tener el sistema de información y se caracterizó el software requerido por mantenimiento.
5. Mediante el Cuadro de Mando Integral se seleccionaron los indicadores para medir la eficiencia de la gestión de mantenimiento.
6. Se describieron estrategias de cambio cultural para implementar el modelo de gestión propuesto.

11. RECOMENDACIONES

1. Crear un departamento de mantenimiento que sea independiente del departamento de operaciones.
2. Fomentar la cultura de la información en los colaboradores, para cumplir con los requerimientos de la norma, controlar los procesos y tomar decisiones basadas en datos veraces.
3. Contratar un colaborador que funja como jefe del departamento de mantenimiento, que sea el encargado de planificar, supervisar y mejorar la gestión del departamento de mantenimiento.
4. Brindar a los colaboradores equipo de protección personal y capacitarlos frecuentemente.
5. Recopilar datos durante, al menos, un año para mejorar las rutinas programadas y ajustar las metas de los indicadores.
6. Verificar los requerimientos, tanto de infraestructura como de documentación (planos y registros) que se deben tener en la planta según el Decreto no. 28662 de MINAE.
7. Analizar la viabilidad de capacitar al jefe de mantenimiento y al técnico en la norma NFPA 25 para que el mantenimiento del sistema contra incendio no se tercerice.
8. Almacenar en el Local Técnico solo los insumos que pertenecen al departamento de mantenimiento y mantenerlo con acceso restringido. Además, diseñar un programa de 5S para clasificar los insumos y mantenerlos organizados.
9. Utilizar la planta de Cartago como área piloto para implementar la gestión propuesta y luego, cuando ya sea funcional en esta planta, extender el sistema de gestión a las otras dos plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- (MINAE), M. d. (s.f.). Decreto no. 28622-MINAE-S.
- Adrogué, E. (8 de Febrero de 2013). *El Principio de Pareto*. Obtenido de <http://www.clubdemantenimiento.com/el-principio-de-pareto/>
- Campbell Hausfeld. (2016). *CH PRODUCT MANUALS*. Obtenido de <http://parts.campbellhausfeld.com/man123/>
- Campbell Hausfeld. (s.f.). *Stationary Air Compressor*. Obtenido de http://parts.campbellhausfeld.com/IMAGES/PDFS/MANUAL03/625701_1209_WEB.PDF
- Campbell Hausfeld. (s.f.). *Vertical air compressors*. Obtenido de http://parts.campbellhausfeld.com/IMAGES/PDFS/MANUAL07/227417_1214_WEB.PDF
- Chaves, R. (noviembre de 2015). Diseño de un modelo para la gestión del mantenimiento en el Hotel Parador. Cartago.
- Clarke UK. (2012). *Operation and Maintenance Manual. DP/DQ/DR/DS/DT model engines for fire pump applications*. Obtenido de http://www.saltech.co.il/_uploads/dbsattachedfiles/manual_dp_dq_dr_ds_dt_english_c133292.sflb.ashx.pdf
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). Norma COVENIN 2500-93. Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. Caracas.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). Norma COVENIN 3049-93. *Mantenimiento. Definiciones*. Caracas.
- Corken. (Junio de 1992). Guía de los equipos Corken para el trasiego de Gas Licuado.
- EMERSON. (Marzo de 2009). *Type N201 Automatic Cylinder Filling Valve*. Obtenido de <http://www.emerson.com/resource/blob/141018/7f185153b6aa546dc38ebc5d47053e7f/d450003t012-data.pdf>

- FG Wilson. (s.f.). *Grupo electrógeno, manual de instrucciones de mantenimiento para el operador*. Obtenido de <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10551756>
- García, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez, L. (s.f.). Indicadores de gestión de mantenimiento. La herramienta Scorecard-Maintenance.
- Herrera, F., & Becerra, M. (2011). Programa de Mantenimiento Preventivo para la Planta Principal de Envasado de GLP de la Empresa de Gas Santander S. A. E.S.P. Bucaramanga.
- ISO. (2008). ISO 9001:2008. Sistemas de gestión de la calidad - requisitos. Suiza.
- López, M., & Crespo, A. (2008). Un modelo de referencia para la gestión del mantenimiento.
- Manual del ingeniero de mantenimiento*. (s.f.). Obtenido de http://www.pcmmanagement.es/editorial/management_sp/Manual%20ingeniero%20mantenimiento.pdf
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2016). *Política sectorial para los precios de gas licuado de petróleo, búnker, asfalto y emulsión asfáltica*.
- National Fire Protection Association. (2013). NFPA 58. Código del Gas Licuado de Petróleo. Edición 2014.
- Navarro, L., Pastor, A., & Mugaburu, J. (1997). *Gestión Integral de Mantenimiento*. Barcelona: Marcombo.
- Paredes, F. (mayo de 2008). Balanced Scorecard (BSC): Una herramienta para la gestión del mantenimiento.
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). *Ingeniería en mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*. Sevilla: INGEMAN.
- Parra, C., & Crespo, A. (Setiembre de 2012). Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de equipos. España. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Metodos-basicos-de-criticidad-activos.pdf>

- PENTAIR. (2013). *Sta-Rite*. Obtenido de http://www.sta-rite.com/ResidentialProduct_sr_ws_cn_JHB.aspx
- PENTAIR. (2017). *High head centrifugal pump, 1/3 to 2-1/2 HP, 1 or 3 phase*.
- Piedra, C. (2015). *Procedimientos Administrativos. Diseño de flujogramas. Diseño de documentos*. Cartago.
- RECOPE, D. d. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad (Gas Licuado de Petróleo)*.
- Refinadora Costarricense de Petróleo. (2016). *Productos*. Obtenido de <https://www.recope.go.cr/manual-de-productos/>
- Rodríguez, J. A. (2003). *Gestión de mantenimiento asistido por computadora*.
- Romero, C. (Setiembre de 2010). *Evaluación de la gestión de mantenimiento y evaluación de correctivos*. Camurí Grande, Venezuela.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*. *Revista chilena de ingeniería*, 125-138.

APÉNDICES

Apéndice 1. Procedimiento utilizado para análisis de criticidad

Debido a que la organización no documenta las intervenciones, no se tienen datos para clasificar los equipos en las categorías de fiabilidad y mantenibilidad, tampoco es posible obtener los costos de los repuestos, ya que los registros contables solo están los números de transacciones sin ningún detalle. Para utilizar el método del flujograma se procedió a realizar una entrevista al técnico Josué Saldaña Nieto, quien ha realizado el mantenimiento a los equipos desde hace ocho años. La información dada por el técnico fue de las reparaciones que le ha hecho a cada equipo en el tiempo que ha estado laborando en la organización, además cuánto tiempo tardó o tarda realizando cada intervención. En la siguiente tabla se mostrará la clasificación resultante para fiabilidad, en la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos.

Tabla 37. Resumen de entrevista realizada al técnico Josué Saldaña para análisis de criticidad

Nombre del equipo	Descripción de la intervención	Frecuencia de fallo			Tiempo medio entre reparación			Observaciones	
		< 5 h	5 < h < 10	> 10 h	< 45 min	45 < min < 90	> 90 min		
Bomba de pozo profundo	Cambio de rodamientos			x	1 en 6 años		x	1 d	
Bomba agua potable	-	x				x			Nunca se ha reparado.
Sistema contra incendio	-								Protegido por seguro.
Compresores neumáticos	Cambio de aceite			x	Mensual	x			
	Cambio de fajas			x	Anual	x		5 min	
	Cambio de válvulas de seguridad			x	Anual	x			Válvula de seguridad
Planta eléctrica	Cambio de aceite			x	Anual			x	1 h
	Cambio de filtros			x	Anual	x			
	Cambio de batería			x	2.5 o 3 años	x			
	Arreglo arrancador			x	Una vez			x	2 h
Transformador de baja	-	x				x			Nunca se ha reparado.
Bomba agua no potable	Daño de la instalación eléctrica en el presostato			x	Una vez			x	2h
Bomba GLP	Paletas quebradas, sellos mecánicos y roles			x	2 veces al año			x	3h
	Limpia filtro			x	c/ 5 años			x	2h
	Engrase rodamientos			x	2 veces al mes	x			
	Cambio de fajas			x	Cada 2 años	x			
Compresor GLP	Cambio de fajas			x	Cada 2 años	x			
	Cambio de válvulas			x	Anual	x			
	Cambio de aceite			x	Anual		x		
Llenadora mecánica	Cambio de diafragmas en N201			x	Cada 8 meses		x		
Llenadora automática	Cambio de O- ring internos en la pistola de inyección			x	Cada 8 meses		x		
Quemador industrial	Cambio de resistencia y termostato			x	Anual			x	

Fuente: elaboración propia

Para clasificarlos por frecuencia de falla se modificaron los intervalos dados por el autor del método del flujograma, ya que las frecuencias de fallo dadas por el técnico superan a los del autor. Las nuevas frecuencias van a ser clasificación A los equipos que tengan frecuencia de fallo menor a un año, clasificación B los que tengan frecuencia de fallo mayor a un año y clasificación C los equipos con frecuencias de fallo igual o mayor a dos años. Para clasificar el equipo se tomará la intervención, detallada en la tabla anterior, con frecuencia de fallo mayor, por ser la más crítica. En la siguiente tabla se muestran los nuevos intervalos y, de acuerdo con estos, la clasificación de cada equipo la categoría de fiabilidad.

Tabla 38. Clasificación de los equipos en la categoría de fiabilidad

Nombre del equipo	Descripción de la intervención	Fiabilidad			
		< 1 año	1 año < x < 2 años	2 años ≤	Clasificación
Bomba de pozo profundo	Cambio de rodamientos			x	C
Bomba agua potable	-			x	C
Sistema contra incendio	-		x		
Compresores neumáticos	Cambio de aceite	x			A
Planta eléctrica	Cambio de aceite		x		B
	Cambio de filtros				
Transformador de baja	-			x	C
Bomba agua no potable	Daño de la instalación eléctrica en el presostato			x	C
Bomba GLP	Paletas quebradas, sellos mecánicos y roles	x			A
Compresor GLP	Cambio de válvulas		x		B
	Cambio de aceite				B
Llenadora mecánica	Cambio de diafragmas en N201	x			A
Llenadora automática	Cambio de O- ring internos en la pistola de inyección	x			A
Quemador industrial	Cambio de resistencia			x	C
	Cambio de termostato				

Fuente: elaboración propia

Para evaluar la mantenibilidad de los equipos se utilizan los intervalos dados por el autor del método del flujograma que, según la experiencia del técnico, se ajustan a los tiempos medios de reparación en la empresa, por lo que se clasifican como lo indica el método. De acuerdo con los datos mostrados en las tablas anteriores, se realiza el análisis de criticidad aplicando el flujograma.

Apéndice 2. Cálculos para diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto representará la estimación de los costos totales anuales asociados a cada equipo, con la entrevista realizada al técnico Josué Saldaña se estimarán las frecuencias de falla anuales, con estas frecuencias se estimará el costo que implican las intervenciones o las fallas, en caso de darse y se estimará con el escenario más crítico, es decir, con el mayor plazo de entrega dado por el proveedor o con el mayor tiempo de paro que una eventual falla podría generar. La aproximación se realizará utilizando la estructura de costos propuesta, por lo que se dividirán los costos por insumos, los costos por mano de obra, de operaciones y de mantenimiento, y los costos por pérdidas de producción.

Inicialmente se indagará acerca del costo de repuestos y materiales requeridos, se cotizarán en los comercios donde usualmente se compran. Con estos proveedores también se obtendrá la información del plazo de entrega. En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de cada repuesto o material por equipo, con el costo unitario.

Tabla 39. Especificación de repuestos

Equipo	Repuesto / Material	Especificaciones	Proveedor	Número de teléfono	Plazo de entrega	Costo (C\$)
Bomba de pozo profundo	Roles	-	-	-	-	-
Compresor neumático	Fajas	A-52	RM Industrial Solin S. A.	2222-3512 / 8824-5769	Inmediata	3 051.00
	Aceite	Un cuarto de Mobil 1 10W30 (SAE 30)	Coopeinsermu	2573-7053	Inmediata	5 862.50
	Válvula de seguridad	Válvula de seguridad para compresor	El Pochote	291-8920	Inmediata	16 500.00
Bomba GLP	Impulsor, sellos mecánicos, roles	Corken Rebuild Kit 3196-X26	Reginsa	2239-4000 / 8439-4000	6 a 8 semanas	1 503 700.61
	Grasa para rodamientos	Grasa para rodamientos de bolas calidad industrial 06LGMT2	Rolinsa	2560-7265 / 2263-9021	Inmediata	6 610.00
	Fajas	B-63	RM Industrial Solin S. A.	2222-3512 / 8824-5769	Inmediata	4 633.00
Compresor GLP	Válvula de descarga	BLACKMER Discharge valve assembly 793279	Reginsa	2239-4000 / 8439-4000	6 a 8 semanas	377 471.08
	Válvula de succión	BLACKMER Suction valve assembly 793269	Reginsa	2239-4000 / 8439-4000	6 a 8 semanas	395 337.28
	Aceite	Tres cuartos de Mobil 1 10W30 (SAE 30)	Coopeinsermu	2573-7053	Inmediata	17 587.50
	Filtro de aceite	-	-	-	-	-
	Fajas	B-61	RM Industrial Solin S. A.	2222-3512 / 8824-5769	Inmediata	4 972.00
Llenadora mecánica	Diafragma	Kit para llenadora automática Fisher N201	Reginsa	2239-4000 / 8439-4000	Inmediata	160 777.81
Planta eléctrica	Aceite	15W40, un galón	Coopeinsermu	2573-7053	Inmediata	17 500.00
	Filtros de aceite	Fleetguard Perkins 2654403	Importaciones SMH S. A.	2296-6666	Inmediata	5 980.98
	Filtros de combustible	Fleetguard Caterpillar 100-63	Importaciones SMH S. A.	2296-6666	Inmediata	18 782.41
	Fajas	-	-	-	-	-
	Agua destilada	1 Galón de agua para batería	Coopeinsermu	2573-7053	Inmediata	1 120.00

Quemador industrial	Resistencia y termostato	Elemento térmico Leister Tipo 38B3 230V/4400W y Couple completo 220-230 V	Tecnologías para termoplásticos (TENAG)	2203-0486	Inmediata	375 523.86
Llenadora automática	Diafragma y o-rings	Juego de o-rings	INFESA	2251-0304	Inmediata	15 000.00

Fuente: elaboración propia

Con el precio unitario y la frecuencia anual, se calculará el costo total anual por compra de repuestos y materiales, al sumar cada una de las intervenciones se obtiene un costo total por compra de repuestos y materiales para cada equipo, en la siguiente tabla se indica este costo para cada equipo. Los elementos que no tienen precio son porque no se conocen las especificaciones, ya que están en partes internas de los equipos y cuando se han reemplazado se lleva la elemento daño para adquirir un homólogo, por esta razón no se pudo cotizar.

Tabla 40. Costo de repuestos anual por cada equipo

Equipo	Cantidad de equipos	Repuesto	Costo unitario repuesto (₡)	Frecuencia de cambio anual	Costo anual por repuesto (₡)	Costo anual por equipo (₡)
PC-01-CO-01 PC-01-CO-02	2	Aceite	5 862.50	12.00	140 700.00	176 751.00
		Fajas	3 051.00	0.50	3 051.00	
		Válvula de seguridad	16 500.00	1.00	33 000.00	
PC-01-GE-01	1	Aceite	17 500.00	1.00	17 500.00	42 263.39
		Filtros	24 763.39	1.00	24 763.39	
		Batería	0.00	0.30	0.00	
PC-04-BO-01	1	Impulsor, sellos	1 503 700.61	2.00	3 007 401.21	3 014 350.71
		Fajas	4 633.00	0.50	6 949.50	
PC-04-CO-01	1	Fajas	4 972.00	0.50	2 486.00	1 565 690.21
		Válvulas	772 808.36	1.00	1 545 616.71	
		Aceite	17 587.50	1.00	17 587.50	
PC-03-LM-XX	8	Diafragma	160 777.81	1.50	1 929 333.72	1 929 333.72
PC-03-LM-XX (punta pol)	4	Diafragma	160 777.81	1.50	964 666.86	964 666.86
PC-03-LA-XX	4	Difragma y o-ring	15 000.00	1.50	90 000.00	90 000.00
PC-03-QI-01	1	Resistencia y termostato	375 523.86	1.00	375 523.86	375 523.86

Fuente: elaboración propia

Ante la ocurrencia de una falla o una intervención de mantenimiento se tiene un tiempo de paro, este tiempo corresponde al tiempo que se requiere para comprar los repuestos y materiales, más el tiempo medio de reparación, debido a que la frecuencia anual de algunos de ellos es diferente de uno, entonces la suma de estos tiempos se multiplica por la frecuencia anual, con esto se obtiene el tiempo total de parada por intervención de cada equipo, en la siguiente tabla se resume lo explicado.

Tabla 41. Estimación de tiempo de paro por intervención de cada equipo

Equipo	Intervención	Tiempo compra de repuestos (h)	Tiempo medio de reparación (h)	Plazo de entrega (h)	Frecuencia anual	Tiempo total (h)
PC-01-BO-01	Cambio de rodamientos	-	8.00	-	-	8.00
PC-01-CO-01 PC-01-CO-02	Cambio de aceite	0.50	1.00	0.00	12.00	18.00
	Cambio de fajas	0.50	0.33	0.00	0.50	0.42
	Cambio de válvulas		1.00		1.00	1.00
PC-01-GE-01	Cambio de aceite	0.50	1.00	0.00	1.00	1.50
	Cambio de filtros		0.17	0.00	1.00	0.17
	Cambio de batería	0.50	0.17	0.00	0.33	0.22
PC-04-BO-01	Cambio de impulsor, rodamientos y sellos mecánicos	3.00	3.00	240.00	2.00	492.00
	Limpieza de filtro	0.00	2.00	0.00	0.20	0.40
PC-04-CO-01	Cambio de fajas	0.50	0.17	0.00	0.50	0.33
	Cambio de válvulas	3.00	0.50	240.00	1.00	243.50
	Cambio de aceite	0.50	1.00	0.00	1.00	1.50
PC-03-LM-XX	Cambio de diafragmas en N201	3.00	1.00	0.00	1.50	6.00
PC-03-LA-XX	Cambio de O- ring internos en la pistola de inyección		1.00	0.00	1.50	1.50
PC-03-QI-01	Cambio de resistencia	3.50	2.00	0.00	1.00	5.50

Fuente: elaboración propia

Otro de los costos asociados a cada intervención es el costo de mano de obra, para esto se requiere conocer el salario del técnico y el total de horas laboradas, con esto se obtiene un costo de mano de obra por hora, como indica la siguiente tabulación de

datos. También se incluye el salario de los operarios, ya que ante un paro también se pierde el costo de la mano de obra que en ese lapso no produce.

Tabla 42. Salario de los colaboradores de mantenimiento y de operaciones

Colaborador	Mensual (₡)	Horas laboradas al mes	Costo MO/h (₡)
Técnico	875 700	196	4 467.85
Operarios	390 380.00	196	1 991.73

Fuente: elaboración propia

Como ya se conoce el tiempo total de parada por cada intervención y el salario del técnico, se utilizan estos datos para estimar el costo de mano de obra de mantenimiento por intervención, en la siguiente tabla se muestra el costo por mano de obra que implica cada intervención.

Tabla 43. Estimación de costo de mano de obra de mantenimiento por cada equipo

Equipo	Intervención	Tiempo medio de reparación y compra repuestos (h)	Frecuencia anual	Costo MO (₡)	Costo MO anual (₡)
PC-01-BO-01	Cambio de rodamientos	8.00	0.20	4 865.31	4 865.31
PC-01-CO-01	Cambio de aceite	36.00	12.00	1 313 632.65	1 320 981.29
	Cambio de fajas	0.83	0.50	1 267.01	
PC-01-CO-02	Cambio de válvula de seguridad	2.00	1.00	6 081.63	
PC-01-GE-01	Cambio de aceite	1.50	1.00	4 561.22	5 270.75
	Cambio de filtros	0.17	1.00	506.80	
	Cambio de batería	0.22	0.30	202.72	
PC-04-BO-01	Cambio de impulsor, rodamientos y sellos mecánicos	492.00	2.00	2 992 163.27	2 993 166.73
	Cambio de fajas	0.50	0.50	760.20	
	Limpieza de filtro	0.40	0.20	243.27	
	Cambio de fajas	0.33	0.50	506.80	745 506.80

PC-04-CO-01	Cambio de válvulas	243.50	1.00	740 438.78	
	Cambio de aceite	1.50	1.00	4 561.22	
PC-03-LM-XX	Cambio de diafragmas en N201	12.00	1.50	54 734.69	54 734.69
PC-03-LA-XX	Cambio de O- ring internos en la pistola de inyección	1.50	1.50	6 841.84	6 841.84
PC-03-QI-01	Cambio de resistencia	5.50	1.00	16 724.49	16 724.49

Fuente: elaboración propia

Otro de los costos asociados con mantenimiento son las pérdidas de producción, como ya se ha indicado en la planta se envasan cilindros de diferentes capacidades, sin embargo, el más común es el de 25 lb, para estimar las pérdidas se utilizará un precio promedio, calculado a partir de las tarifas dadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) durante el año anterior y se multiplicará por la cantidad de cilindros que se envasan por hora, el cual fue estimado mediante un estudio de tiempos hecho por la ingeniera en procesos, la Ing. Lady Ramírez. Las tablas que muestran estos datos se encuentran en la justificación del proyecto, como se detalló en ese apartado.

No todas las intervenciones generan paros en el total de la producción, por lo que se justificará el impacto del paro que genera cada equipo en la producción y con esto se calculará la pérdida de producción y el costo de mano de obra de los colaboradores de operaciones, a continuación, se muestran las tablas que resumen estos cálculos. Para el caso de las llenadoras, aunque son muchas, se considerará el impacto de solo una porque es muy poco probable que fallen al menos dos simultáneamente.

Tabla 44. Estimación de pérdidas de producción ante una falla

Equipo	Justificación del paro de producción	Descripción de la intervención	Tiempo de paro (h)	Cantidad de cilindros no llenados	Pérdida de producción (€)	Total pérdida por equipo (€)
PC-01-CO-01	Una falla en el compresor o el cambio de algún repuesto requiere un tiempo de inactividad o de paro que detiene la planta, ya que la válvula principal del tanque principal es de accionamiento neumático y si no cuenta con suficiente presión de aire, esta válvula se cierra.	Cambio de fajas	0.42	132.08	524 480.90	1 153 857.99
PC-01-CO-02		Cambio de válvula de seguridad	0.50	158.50	629 377.08	
PC-04-BO-01	Si la bomba no funciona no se pueden llenar cilindros ni graneleras.	Cambio de impulsor, sellos mecánicos y rodamientos	492.00	155 964.00	619 307 050.00	621 824 558.33
		Limpia filtro	2.00	634.00	2 517 508.33	
PC-04-CO-01	Algunas fallas provocan que el compresor detenga el funcionamiento por completo, si falla antes de descargar el cisterna no hay suministro de GLP, por lo que tampoco se puede llevar a cabo la producción.	Cambio de fajas	0.33	105.67	419 584.72	306 926 224.31
		Cambio de válvulas	243.50	77 189.50	306 506 639.58	
PC-03-LM-XX	Es muy poco probable que todas las llenadoras se dañen simultáneamente, por lo que se considerará la pérdida de una sola llenadora, la que llena más cilindros por hora para que sea más crítico.	Cambio de diafragmas en la válvula N201	6.00	228.00	905 350.00	905 350.00
PC-03-LA-XX		Cambio de O-ring internos de la pistola de inyección	1.50	69.00	273 987.50	273 987.50
PC-03-QI-01	Aunque se dé la producción, si el quemador está dañado, no se pueden colocar los sellos autoadheribles a los cilindros, por lo que no pueden salir de la planta.	Cambio de resistencia y termostato	5.50	1 743.50	6 923 147.92	6 923 147.92

Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se asume el caso más crítico, donde no se tengan los repuestos en la planta y haya que esperar el plazo de entrega dado por el proveedor en las cotizaciones. Para esta estimación no se estimará el costo de pérdidas de producción del canal granel, ya que solo la bomba es la que detendría las ventas en este canal. Aunado a la pérdida de producción está la pérdida de mano de obra de los operarios del andén, en la siguiente tabla se muestra el costo de los paros descritos en la tabla anterior pero asociados a la pérdida de mano de obra de operarios que generarían.

Tabla 45. Pérdidas de mano de obra de personal de operaciones asociadas a fallas en cada equipo

Equipo	Intervención	Tiempo total de paro (h)	Pérdida de MO (€)	Pérdida MO por equipo
PC-01-CO-01	Cambio de fajas	0.42	5 083.07	11 182.76
PC-01-CO-02	Cambio de válvulas	0.50	6 099.69	
PC-04-BO-01	Cambio de impulsor, sellos mecánicos y rodamientos	492.00	6 002 092.50	6 026 491.25
	Limpiar filtro	2.00	24 398.75	
PC-04-CO-01	Cambio de fajas	0.33	4 066.46	2 974 614.27
	Cambio de válvulas	243.50	2 970 547.81	
PC-03-LM-XX	Cambio de diafragmas en la válvula N201	6.00	73 196.25	73 196.25
PC-03-LA-XX	Cambio de O-ring internos de la pistola de inyección	1.50	18 299.06	18 299.06
PC-03-QI-01	Cambio de resistencia y termostato	5.50	67 096.56	67 096.56

Fuente: elaboración propia

Con los costos detallados anteriormente, es posible estimar un total de costos por equipo, los asociados al costo de repuestos, al costo de mano de obra (MO) de mantenimiento y de colaboradores de operaciones además de la pérdida por producción. Al sumar todos los costos involucrados se obtiene un total por equipo, esta estimación del costo total por equipo será utilizado para realizar el diagrama de Pareto.

Tabla 46. Estimación de costos de mantenimiento anuales asociados a cada equipo

Equipo	Costo Repuestos (€)	Costo MO (mantenimiento) (€)	Costo MO (operarios) (€)	Pérdida de producción (€)	Costo total (€)
Bomba pozo profundo	0.00	4 865.31	0.00	0.00	4 865.31
Bomba agua potable	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sistema contra incendio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Compresores neumáticos	176 751.00	1 320 981.29	11 182.76	1 153 857.99	2 662 773.04
Generador eléctrico	42 263.39	5 270.75	0.00	0.00	47 534.13
Transformador de baja	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bomba agua no potable	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bomba GLP	3 014 350.71	2 993 166.73	6 026 491.25	621 824 558.33	633 858 567.03
Compresor GLP	1 565 690.21	745 506.80	2974 614.27	306 926 224.31	312 212 035.59
Llenadora mecánica	1 929 333.72	54 734.69	73 196.25	905 350.00	2 962 614.66
Llenadora automática	90 000.00	6 841.84	18 299.06	273 987.50	389 128.40
Quemador industrial	375 523.86	16 724.49	67 096.56	6 923 147.92	7 382 492.83

Fuente: elaboración propia

Apéndice 3. Fichas técnicas

Ficha técnica

Bomba Hidráulica

(agua potable)

Código

PC-01-BO-02

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	STA-RITE
<i>Modelo</i>	JHGX-52X
<i>Ubicación</i>	Cuarto bomba de agua
<i>Cantidad</i>	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

Encendido manual.

MOTOR

<i>Potencia</i>	2 hp	<i>Corriente</i>	24 / 12 A
<i>Tensión</i>	120 / 240 V	<i>Fases</i>	1
<i>Velocidad</i>			3450 rpm

Ficha técnica

Código
PC-01-CO-01

Compresor neumático (azul)

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	Campbell Hausfeld
<i>Modelo</i>	VT619504AJ
<i>Serie</i>	L6/2/10 - 00069
<i>Ubicación</i>	Cuarto compresores
<i>Capacidad</i>	60 galones
<i>Cantidad</i>	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>SCFM</i>	11,5 @40 psi 10,2 @90 psi
<i>Presión máxima</i>	135 psi
<i>Presión de encendido</i>	5 bar / 72,5 psi
<i>Presión de apagado</i>	7 bar / 101,5 psi

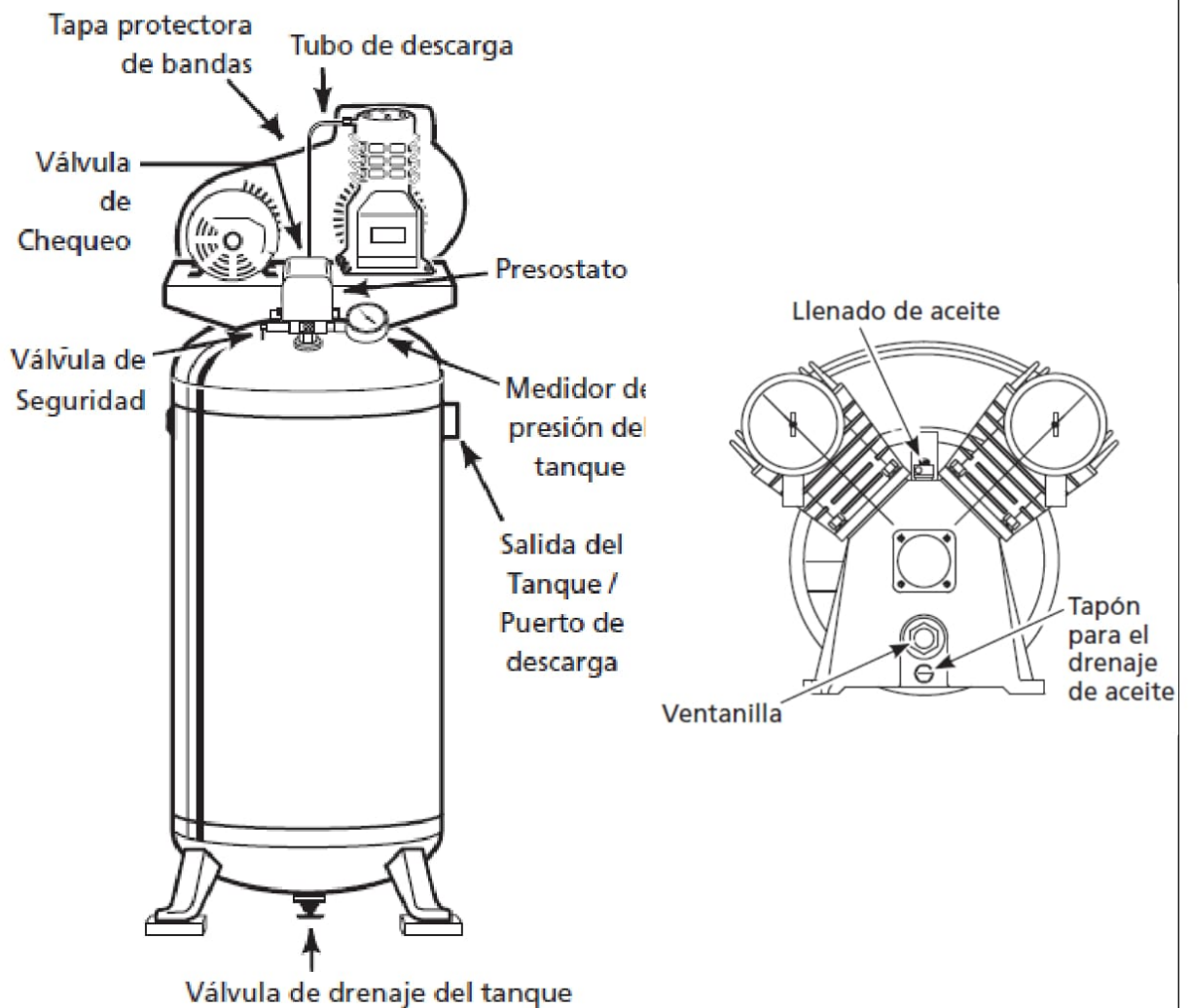
MOTOR

<i>Marca</i>	Smith+Jones	<i>Modelo</i>	D56 3S2C
<i>HP</i>	3	<i>RPM</i>	3450
<i>Fases</i>	1	<i>Corriente</i>	12,26 A
<i>Tensión</i>	240 V		

TRANSMISIÓN

<i>Diámetro polea conductora</i>	4 pulg	<i>Diámetro polea conducida</i>	9 pulg
<i>Diámetro de eje del motor</i>	1 pulg	<i>Faja</i>	A-52

PARTES



Fuente: http://parts.campbellhausfeld.com/IMAGES/PDFS/MANUAL03/625701_1209_WEB.PDF

Ficha técnica

Código
PC-01-CO-02

Compresor neumático (negro)

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	Industrial Air
<i>Modelo</i>	-
<i>Serie</i>	-
<i>Ubicación</i>	Cuarto compresores
<i>Capacidad</i>	60 galones
<i>Cantidad</i>	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>SCFM</i>	13,4 @40 psi 11,5 @90 psi
<i>Presión máxima</i>	155 psi

MOTOR

<i>Marca</i>	Smith+Jones	<i>Modelo</i>	D56 3S2C
<i>HP</i>	3	<i>RPM</i>	3600
<i>Fases</i>	1	<i>A</i>	12,26 A
<i>V</i>	220 V		

TRANSMISIÓN

<i>Diámetro polea conductora</i>	4 pulg	<i>Diámetro polea conducida</i>	9 pulg
<i>Diámetro de eje del motor</i>	1 pulg	<i>Fajas</i>	A-52

PARTES

Las indicadas en la ficha anterior.

Ficha técnica

Código

Generador Eléctrico

PC-01-GE-01

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



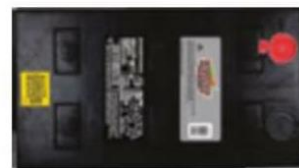
<i>Marca</i>	F.G. Wilson
<i>Modelo</i>	P110E
<i>Serie</i>	B4660A/001
<i>Ubicación</i>	Cuarto generador eléctrico y paneles de control
<i>Cantidad</i>	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

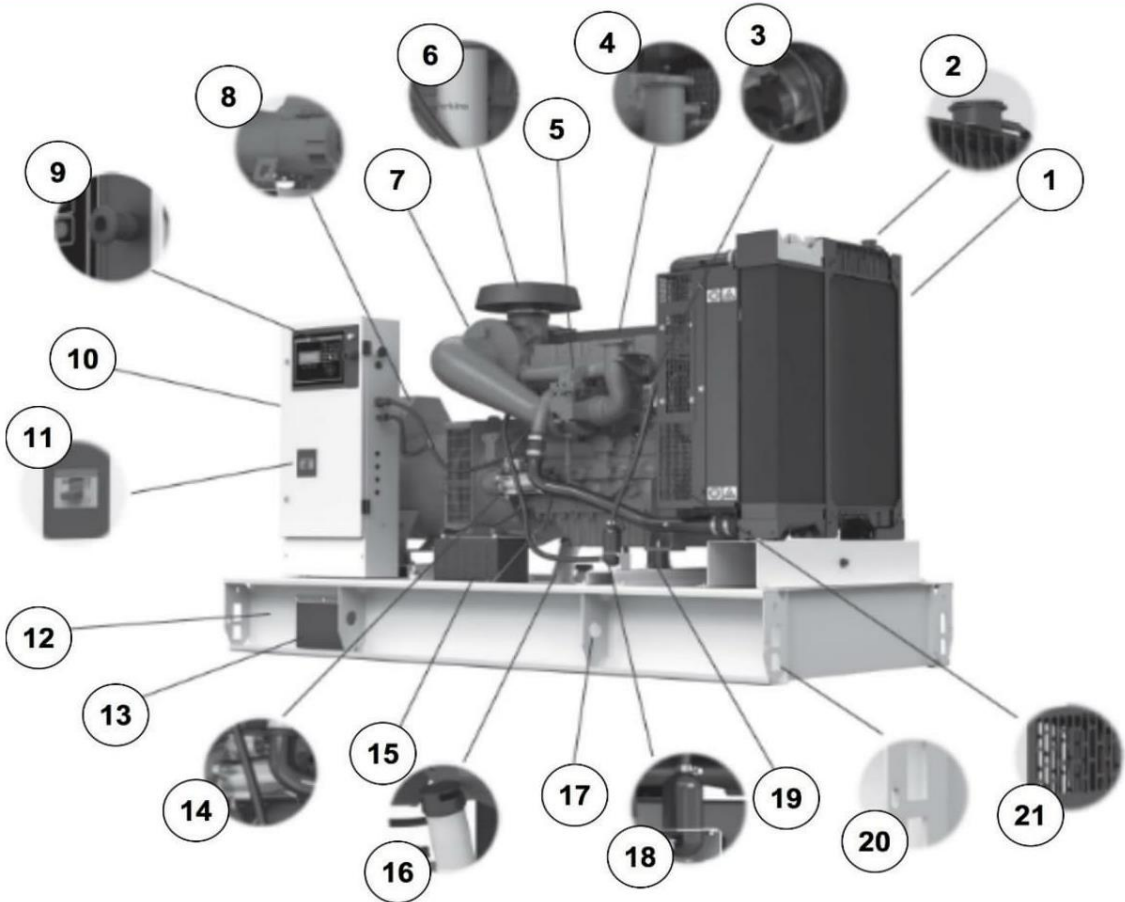
<i>Potencia</i>	126 kVA 100 kW	<i>Corriente</i>	156,9 A
<i>FP</i>	0,8	<i>Conexión alternador</i>	Estrella
<i>Tensión</i>	460/266 v		
<i>Fases</i>	3	<i>Corriente</i>	12,26 A

CARACTERÍSTICAS BATERÍA

<i>Marca</i>	Interstate Batteries
<i>Serie</i>	8D-XHD-ES
<i>Tensión</i>	12 V
<i>Corriente de arranque</i>	1445 A
<i>Peso</i>	124 lb



ACCESORIOS



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Radiador | 11. Interruptor |
| 2. Depósito del radiador | 12. Bancada |
| 3. Alternador de carga de baterías | 13. Entrada del cable |
| 4. Escape | 14. Motor de arranque |
| 5. Turbo | 15. Batería |
| 6. Filtro de aceite | 16. Depósito de combustible |
| 7. Filtro de combustible | 17. Puntos de izado |
| 8. Alternador | 18. Calentador de agua de la camisa |
| 9. Pulsador de parada de emergencia | 19. Fijadores antivibratorios |
| 10. Cuadro de control | 20. Puntos de arrastre |
| | 21. Rejillas del ventilador |

Adaptado de: <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10551756>

Ficha técnica

Código
PC-01-TR-01

Transformador de Baja

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS

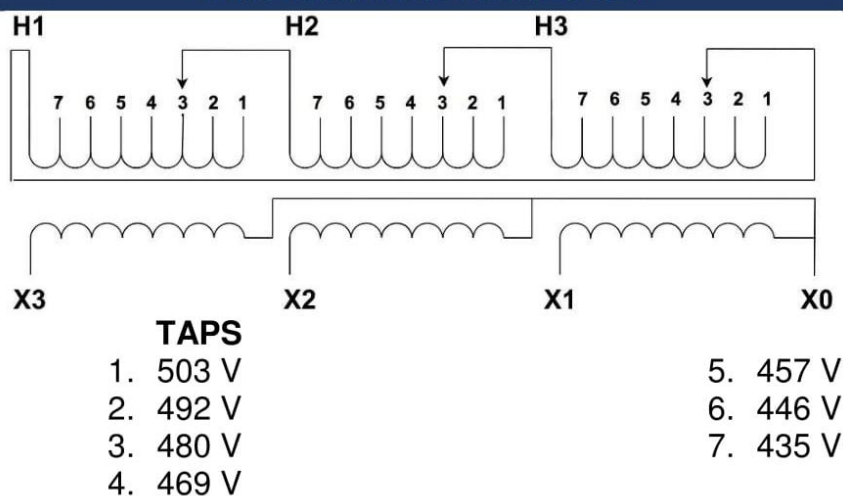


Marca	SIEMENS
Tipo	Seco
Número	3F3Y075B
Ubicación	
Tipo	Delta - Estrella
Cantidad	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

Fases	3	Voltaje primario	480 V
Potencia	75 kVA	Voltaje secundario	208 Y / 120
Aumento en temperatura	80 °C		

DIAGRAMA DE CONEXIÓN



Ficha técnica

Código
PC-01-BO-03

Bomba Hidráulica

(agua no potable para instalaciones y lavado de carros)

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	STA-RITE
<i>Modelo</i>	JHGX-52X
<i>Ubicación</i>	Costado de tanque de agua del sistema contra incendio
<i>Cantidad</i>	1

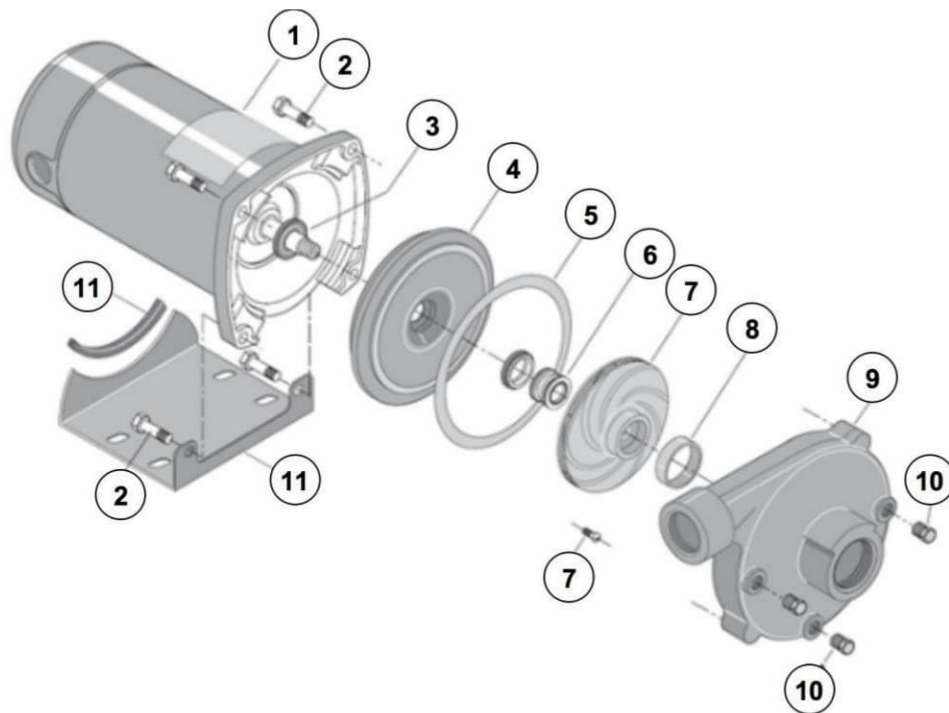
CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>Presión encendido</i>	30 psi
<i>Presión apagado</i>	40 psi

MOTOR

<i>Potencia</i>	2 hp	<i>Corriente</i>	24 / 12 A
<i>Tensión</i>	120 / 240 V	<i>Fases</i>	1
<i>Velocidad</i>			3450 rpm

PARTES



1. Motor
2. Pernos
3. Componente del sello de agua
4. Plato de sello
5. Voluta de junta
6. Sello de eje

7. Impulsor
8. Anillo de desgaste
9. Voluta de la bomba
10. Tapones
11. Soporte del motor

Adaptado de: <http://www.sta-rite.com/resources/images/906.pdf>

Ficha técnica

Código

Bomba de GLP

PC-04-BO-01

Manual de fabricante Sí No

DATOS TÉCNICOS



Marca CORKEN

Modelo Z3500HCGAML

Serie 307481MG

Ubicación Zona de descarga
cisternas

Cantidad 1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

Velocidad 420 – 950 rpm

Rango flujo 30 – 85 gpm

*Máxima presión
de trabajo* 400 psi / 28,6 psi

*Máxima presión
diferencial* 125 psi / 8,6 bar

TRANSMISIÓN

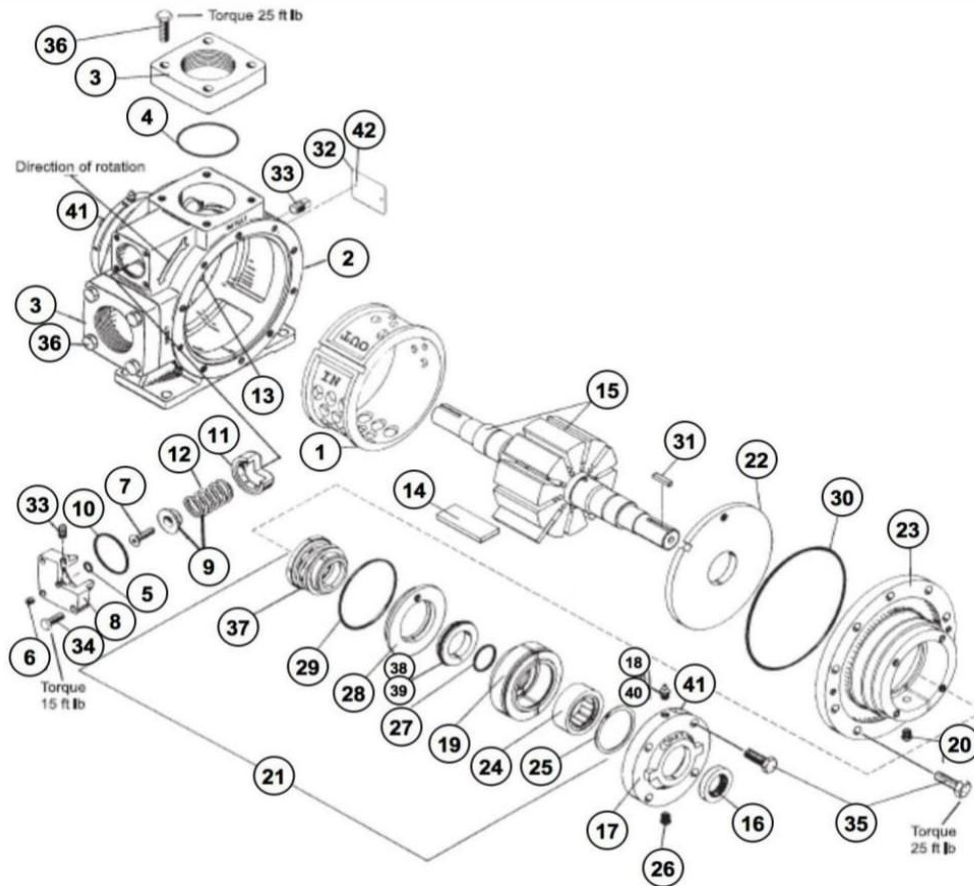
*Diámetro de la
polea conductora* 5 pulg

*Diámetro de la
polea conducida* 10 pulg

*Diámetro de eje
del motor* 1 ½ pulg

Fajas B-63

PARTES



1. Excéntrica	15. Unidad del rotor y eje	29. O-ring
2. Carcasa	16. Sello de grasa	30. O-ring
3. Brida de succión y de descarga	17. Cojinete	31. Chaveta de sujeción
4. O-ring	18. Engrasador	32. Placa de de identificación
5. O-ring	19. Alojamiento de cojinete	33. Tapón
6. Tapón de arrastre por presión	20. Accesorio de alivio	34. Perno
7. Tornillo de ajuste	21. Sello mecánico	35. Pernos
8. Tapa de la válvula	22. Placa lateral	36. Perno
9. Guía y resorte de la válvula de alivio	23. Cabezal	37. Retenedor
10. O-ring	24. Cojinete de rodillos	38. Asiento de sello
11. Válvula de alivio	25. Anillo de retención	39. Asiento del o-ring
12. Resorte de la válvula de alivio	26. Accesorio de alivio	40. Engrasador
13. Guía de posicionamiento de la excéntrica	27. O-ring	41. Etiqueta de de instrucción de de lubricación
14. Aspa	28. Platina de adaptación del sello	42. Tornillo de cabeza redonda

Ficha técnica

Motor Bomba de GLP

Código
PC-04-MB-01

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	Moteur Deflagrant
<i>Modelo</i>	RL160-4
<i>número</i>	646940
<i>Ubicación</i>	Zona de descarga cisterna
<i>Cantidad</i>	1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>Potencia</i>	15 hp	<i>Corriente</i>	27 / 15,8 A
<i>Velocidad</i>	1745 rpm	<i>Fases</i>	3
<i>Tensión</i>	480 / 780 V		

Ficha técnica

Código
PC-04-CO-01

Compresor de Butano

Manual de fabricante

Si No

DATOS TÉCNICOS



Marca Blackmer LB Compressors

Modelo LB361B

ID no. ABA C1TA 4AA

Serie 074737-R

Ubicación Zona de descarga cisternas

Cantidad 1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

Velocidad mínima 350 rpm

Flujo desplazado
@350 rpm

15,3 CFM (26 m³/h)

Velocidad máxima 825 rpm

Flujo desplazado
@350 rpm

36 CFM (61,2 m³/h)

Presión máxima

350 psia / 2,41 kPa

Temperatura máxima descarga

350 °F / 176 °C

Dirección de rotación

Bidireccional

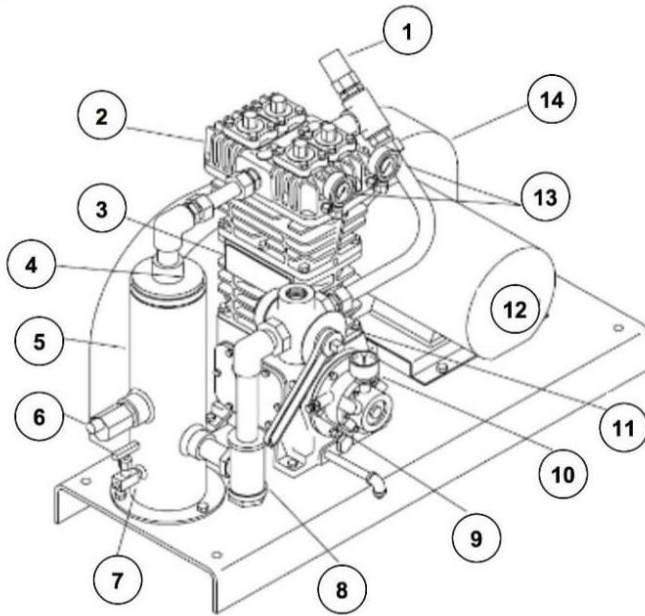
TRANSMISIÓN

Fajas

B-61

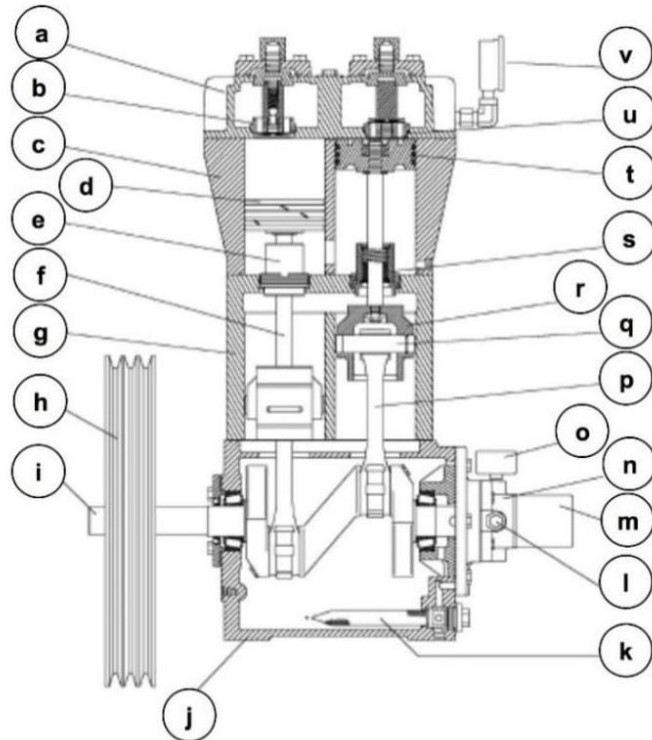
Nota. Medir los diámetros de las poleas cuando se quite el protector.

PARTES



1. Válvula de alivio de descarga
2. Compresor
3. Placa del compresor
4. Válvula de venteo
5. Trampa de líquido
6. Interruptor de nivel de líquido
7. Válvula de drenaje
8. Filtro
9. Tornillo de ajuste de presión de aceite
10. Manómetro de aceite
11. Válvula de 4 vías
12. Motor
13. Manómetros
14. Protector de la correa en V

- a. Cabeza
- b. Válvula de succión
- c. Cilindro
- d. Pistón
- e. Caja de embalaje
- f. Barra del pistón
- g. Guía de la cruceta
- h. Polea
- i. Cigüeñal
- j. Caja del cigüeñal
- k. Visor de filtro de aceite
- l. Tornillo de ajuste de presión de aceite
- m. Filtro de aceite
- n. Bomba de aceite
- o. Manómetro de aceite
- p. Biela conectora
- q. Conector
- r. Cruceta
- s. Sello
- t. Anillo del pistón
- u. Válvula de descarga
- v. Manómetro



Ficha técnica

Código
PC-04-MC-01

Motor Compresor de Butano

Manual de fabricante Sí No

DATOS TÉCNICOS



Marca U.S. Electrical Motors
ID 7507E/Z09Z187R168F
Ubicación Zona descarga de cisternas
Cantidad 1

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>Potencia</i>	15 hp	<i>Corriente</i>	39,6 / 19,8 A
<i>Velocidad</i>	1765 rpm	<i>Tipo</i>	NEMA B
<i>Tensión</i>	240 / 480 V	<i>Máxima temperatura ambiente</i>	40 °C
<i>Fases</i>	3		

Ficha técnica

Sistema contra incendios

Código

PC-02-BO-01

PC-02-BO-02

PC-02-GE-01

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



Marca Clarke
Modelo DP6H-UFAA50
Serie DE0800000329565

Ubicación

BOMBA CENTRÍFUGA

<i>Marca</i>	Pentair	<i>Tipo</i>	1825F
<i>Número</i>	13-2374464	<i>Tamaño</i>	6 pulg
<i>Capacidad</i>	2000 gpm	<i>Velocidad</i>	1760 rpm

Altura o presión 300 pies

PARTES

Los planos se encuentran en el manual del fabricante.

OBSERVACIONES



Ficha técnica

Báscula Electrónica (repesaje)

Código
PC-03-RO-01
PC-03-RO-02

Manual de fabricante Sí No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	T-Scale
<i>Modelo</i>	BW
<i>Serie</i>	8906010010
<i>Ubicación</i>	Andén
<i>Cantidad</i>	2

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>Capacidad</i>	30 kg a 600 kg
<i>Adaptador de corriente alterna</i>	12 V / 500 mA
<i>Batería recargable</i>	6 V / 4 A

OBSERVACIONES

Proveedor: Romanas Ocony

Ficha técnica

Código
PC-03-LM-00

Llenadora Mecánica

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	-
<i>Modelo</i>	-
<i>Serie</i>	-
<i>Ubicación</i>	Andén
<i>Cantidad</i>	8 (para válvula mejorada) 4 (para válvula de rosca)

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS

<i>Presión de aire comprimido en válvula N201</i>	40 psi
---	--------

ACCESORIOS

<i>Válvula N201</i>	Marca: Fisher Controls
<i>Manómetros</i>	

Ficha técnica

Llenadora Neumática

Código
PC-03-LA-00

Manual de fabricante Si No

DATOS TÉCNICOS



<i>Marca</i>	Doseuse Ponderale P. Millier
<i>Tipo</i>	GPL 13
<i>Número</i>	1929
<i>Ubicación</i>	Andén
<i>Cantidad</i>	4

ACCESORIOS

Válvula de llenado automático (neumática)

Apéndice 4. Programas de mantenimiento
Registro de inspección diaria



Registro de inspección diaria de las instalaciones

Página 1 de 2

Área : Departamento de mantenimiento

Registro : RE-01-PCMTO

Realizado por: _____

Fecha ____ / ____ / ____

Medidas de seguridad. Utilizar el Equipo de Protección Personal y alejarse de las partes móviles para evitar atrapamientos.
NO utilizar el celular.

No.	Equipo / Zona	Actividad	Duración (min)	Estado de equipos	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie
1	PC-01-CO-01 PC-01-CO-02	Sistema: tubería de succión y descarga de aire comprimido / Unidad: tuberías y accesorios que la componen							
		Verificar que no tiene fugas ni irregularidades.	5	Marcha					
2		Verificar que las mangueras no tengan fisuras ni desgaste.	5	Marcha					
3		Sistema de admisión y descarga de aire / Unidad: tanques							
		Abrir la válvula de drenaje de cada tanque hasta que no salga líquido.	5	Marcha					
4		Sistema: instrumentación / Unidad: manómetros							
		Verifique que el compresor enciende a 7 bar (101,5 psi) y apaga a 5 bar (72,5 psi).	2	Parado					
5	PC-04-BO-01	Sistema: Tubería de succión y descarga / Unidad: tuberías y accesorios que la componen							
		Verificar que no existan fugas y revisar estado de los soportes.	5	Marcha					
6		Revisar que finales de tubería (tapones o bridas ciegas) estén ajustados.	5	Marcha					
7	Sistema: instrumentación / Unidad: manómetros								
	Verificar que la presión de descarga de la bomba se encuentra entre 80 psi y 100 psi.	2	Marcha						



Registro de inspección diaria de los equipos

No.	Equipo / Zona	Actividad	Duración (min)	Estado de equipos	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	
		Sistema de admisión y descarga de GLP / Unidad: tubería y accesorios								
8	PC-04-CO-01	Inspeccionar el estado general de la tubería y de los accesorios, que no existan fugas ni corrosión.	5	Marcha						
9		Purgar todas las trampas de drenaje y verificar que la válvula de cuatro vías no tenga fisuras ni abolladuras.	2	Parado						
		Sistema: instrumentación / Unidad: manómetro								
10		Verificar que la presión de aceite está alrededor de 20 psig a 25 psig y que la presión diferencial entre la succión y la descarga es de aproximadamente 10 psi.	4	Marcha						
		Sistema eléctrico / Unidad: luminarias								
11		Verificar que todas las luminarias del área funcionan.	5	Marcha						
12	Verificar que los cables de tierra no tengan fisuras.	5	Parado							
		Sistema: instrumentación / Unidad: sensores de GLP								
13	Zona 03 Zona 04	Verificar que están graduados al 1%.	2	Marcha						
		Sistema: tuberías y almacenamiento / Unidad: tanque								
14	Zona 05	Revisar las superficies y las soldaduras, que no tenga fisuras, corrosión ni fugas.	5	Marcha						
15		Verificar que los soportes no tengan fisuras.	5	Marcha						
		Sistema: tuberías y almacenamiento / Unidad: tuberías y accesorios								
16		Revisar que las soldaduras, tuberías y accesorios no tengan fisuras ni corrosión.	5							
17	Verificar que los finales de tuberías (tapones y bridas ciegas) estén ajustados.	5								


Nota. En caso de encontrar una fuga se debe notificar al jefe de planta y al jefe del departamento de mantenimiento para **detener** el trasiego de GLP y reparar la zona afectada. Otras anomalías se debe anotar una X en la casilla, **llenar la solicitud de trabajo** y **comunicar** al jefe del departamento de mantenimiento.

Firma jefe de mantenimiento

Firma técnico

Fuente: elaboración propia

Rutina de limpieza diaria de andén y alrededores

		<h2 style="margin: 0;">Rutina de limpieza diaria andén y alrededores</h2>				Página 1 de 1			
Área : Departamento de mantenimiento				Registro : RE-02-PCMTO					
Encargado : Operario de Andén				Requerimientos : EPP, escoba, pala y paño					
Realizado por: _____				Semana del ____ / ____ / ____ al ____ / ____ / ____					
No.	Actividad	Duración (min)	Estado de equipos	Lun	Mar	Mier	Juev	Vier	
1	Recoger los residuos de los sellos termoadheribles que se encuentren en el suelo.	15	Parado						
2	Barrer toda la superficie del andén.	30	Parado						
3	Limpiar todas las romanas, tubería y accesorios con un paño seco.	20	Parado						
4	Limpiar todas las superficies de pesaje con un paño húmedo.	15	Parado						
5	Si hay materiales o equipos utilizados durante la jornada nocturna deben llevarse al lugar donde se almacenan.	10	Parado						


Si la rutina se llevó a cabo, se debe colocar un check (✓) en la casilla que corresponde al día y a la actividad realizada, si no se realizó se coloca una equis (x)

Firma supervisor de andén

Firma operario de andén


Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento preventivo para Bomba de GLP

 Plan de Mantenimiento Preventivo MA-01-PCMTO							Página 1 de 1
Equipo	BOMBA DE GLP		Código	PC-04-BO-01		Planta	Cartago
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad	
Sistema de transmisión							Utilizar el EPP. Coordinar y notificar al personal de operaciones cuando se va a realizar la intervención. Asegurarse de que el equipo no tiene alimentación eléctrica para evitar que lo enciendan.
1	Lubricación de rodamientos. Limpiar el orificio de lubricación, usar grasa para rodamiento de bolas, lubricar lo más lento posible, detener la lubricación cuando cuando la grasa sale por el orificio de alivio, limpiar el exceso que se haya derramado, aproximadamente 5 bombazos.	Cada dos semanas	2	Josué Saldaña	Parado		
2	Inspeccionar las fajas, verificar la alineación con una regla y que las fajas estén tensas, sin desgaste o fisuras.	Mensual	5	Josué Saldaña	Parado		
Tubería de succión y descarga							
3	Limpieza de filtro de admisión, lavarlo con agua jabonosa y soplarlo hasta eliminar las impurezas que contenga.	Trimestral	60	Josué Saldaña	Parado		
Componentes estructurales							
4	Limpiar la carcasa de la bomba y del motor, los soportes, el resguardo de la faja y las poleas con un paño seco.	Mensual	10	Josué Saldaña	Parado		
Requerimientos: EPP, grasa para rodamientos de bolas, bomba de lubricación manual, fajas B-63, jabón, paño, regla							


Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento preventivo para Compresor de GLP

 Plan de Mantenimiento Preventivo MA-02-PCMTO							Página 1 de 1
Equipo	COMPRESOR DE GLP	Código	PC-04-CO-01		Planta	Cartago	
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad	
Componentes estructurales							
1	Limpiar con un paño húmedo las aletas de enfriamiento del compresor.	Semanal	10	Josué Saldaña	Parado	Utilizar EPP. Notificar al depto. De operaciones cuando se va a llevar a cabo la intervención y asegurarse de que está desconectado. Si el equipo está en marcha durante las inspecciones, mantenerse alejado de las partes móviles para evitar atrapamientos	
2	Verificar que la base del compresor y los pernos de anclaje están ajustados. Si están flojos se deben ajustar.	Mensual	2	Josué Saldaña	Marcha		
3	Limpiar todas las superficies del equipo con un paño seco.	Mensual	10	Josué Saldaña	Parado		
Sistema de lubricación							
4	Verificar que el nivel de aceite sea superior al mínimo.	Mensual	2	Josué Saldaña	Parado	Utilizar EPP. Asegurarse de que el compresor esté en la temperatura normal de operación. Recoger el aceite desechado. Limpiar el visor con solvente y reemplazar la junta de metal y el o-ring si están dañados. Asegurarse de que está desconectado.	
5	Cambio de aceite. Drenar el aceite en una bandeja, limpiar el orificio de la varilla de nivel y rellenar con 3 cuartos de aceite Mobil 1 10W30 (SAE 30)	Semestral	25	Josué Saldaña	Parado		
6	Cambiar el filtro externo de aceite.	Semestral	5	Josué Saldaña	Parado		
7	Destapar e inspeccionar el filtro de aceite de la entrada. Limpiar si tiene muchas partículas atrapadas.	Semestral	5	Josué Saldaña	Parado		
Sistema de transmisión							
8	Verificar que la faja está tensa y no tienen fisuras ni desgaste. Cambiar si está dañada por una código B-61. Verifique la alineación de las poleas mediante una regla.	Mensual	5	Josué Saldaña	Parado	Utilizar EPP. Asegurarse de que el equipo está desconectado.	
9	Lubricación de rodamientos del motor, utilizar grasa para rodamiento de bolas, aproximadamente 5 bombazos.	Anual	2	Josué Saldaña	Parado		
Sistema de admisión y descarga							
10	Revisar el estado de las válvulas, que no tengan corrosión, fisuras o desgaste. Reportar si hay daños.	Semestral	5	Josué Saldaña	Marcha	Utilizar EPP. Mantenerse alejado de las partes móviles para evitar atrapamientos.	
Requerimientos: caja de herramientas, tres cuartos de aceite Mobil 1 10W30 (SAE 30), filtro externo de aceite, fajas B-61, grasa para rodamientos de bolas, pistola de lubricación manual, paño y EPP							


Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento preventivo para Compresores Neumáticos

 Plan de Mantenimiento Preventivo MA-03-PCMTO							Página 1 de 1
Equipo	COMPRESORES DE AIRE	Código	PC-01-CO-01 / PC-01-CO-02		Planta	Cartago	
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad	
Sistema de transmisión							
1	Destapar el filtro, verificar que esté limpio. Si está obstruido debe soplarlo. Reportar si está dañado.	Semanal	5	Josué Saldaña	Parado	Utilizar el EPP. Notificar al departamento de operaciones la fecha y la duración de la intervención. Asegurarse de que el equipo está desconectado y que nadie lo va a encender.	
2	Retire la faja y verifique que no tenga fisuras o desgaste y mantenga la tensión. Verifique la alineación de las poleas con una regla, si es necesario, afloje los cuatro pernos que sujetan el motor a la base, alinee y apriete todos los pernos.	Mensual	10	Josué Saldaña	Parado		
Instrumentación							
3	Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad. Halar el anillo de la válvula para liberar la presión del tanque. Reportar si la válvula no abre.	Semanal	2	Josué Saldaña	Marcha	Utilizar el EPP. Mantenga distancia y no permita que el aire que sale a alta velocidad tenga contacto con el rostro.	
Sistema de lubricación							
4	Verificar el nivel de aceite de ambos compresores. Reportar si está en el nivel mínimo.	Bisemanal	2	Josué Saldaña	Marcha	Utilizar EPP.	
5	Cambio de aceite. Deben haber operado al menos 15 minutos, desconecte la unidad, coloque una bandeja debajo de donde se ubica la bomba, retire el tapón de drenaje y recoja todo el aceite usado. Vuelva a colocar el tapón y llene con un cuarto de aceite Mobil 1 10W30 (SAE 30) hasta que llegue al nivel máximo, observe el nivel por el visor.	Trimestral	30	Josué Saldaña	Parado	Utilizar el EPP y depositar el aceite usado en el recipiente respectivo. Notificar al departamento de operaciones la fecha y la duración de la intervención,	
Componentes estructurales							
6	Limpiar la carcasa del motor, la polea, el tanque, las tuberías de aire y las aletas de enfriamiento del cabeza.	Mensual	10	Josué Saldaña	Parado	Utilizar EPP. Notificar al departamento de operaciones la fecha y la duración de la intervención. Desconectar el equipo, asegurarse de que nadie lo va a encender durante la intervención.	
Requerimientos: caja de herramientas, fajas A-52 , un cuarto de aceite Mobil 1 10W30 (SAE 30), paño y EPP							

Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento preventivo del Sistema Contra Incendios

 Plan de Mantenimiento Preventivo MA-04-PCMTO					Página 1 de 5
Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 25-2014					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	Frecuencia	
1	Equipo de bombeo	Inspección visual	Caseta de bombeo	Semanal	
2			Sistemas de bombas	Semanal	
3		Prueba	Operación de bomba sin flujo	Semanal	
4			Operación de la bomba con flujo	Anual	
5		Mantenimiento	Lubricar los cojinetes	Anual	
6			Señales de alarma	Anual	
7			Revisión del eje de la bomba	Anual	
8	Equipo de motor diésel	Inspección visual	Sistema de alimentación de combustible	Semanal	
9			Sistema de lubricación	Semanal	
10			Sistema de enfriamiento	Semanal	
11			Sistema de escape	Semanal	
12			Banco de baterías	Semanal	
13			Sistema eléctrico	Semanal	
14			Controlador y sus componentes	Semanal	
15		Prueba	Operación del motor durante 30 min	Semanal	
16		Mantenimiento	Revisión general de los sistemas del motor	Semanal	



**Plan de Mantenimiento Preventivo
MA-04-PCMTO**

<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	Cartago
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	Frecuencia	
17	<i>Sistema de diluvio</i>	Inspección visual	Válvulas de diluvio	Mensual	
18			Manómetros	Anual	
19			Rótulo Hidráulico	Semanal	
20			Abrazaderas y soportes sísmicos	Semanal	
21			Tuberías y conexiones	Semanal	
22			Boquillas	Anual	
23			Rociadores de repuesto	Trimestral	
24		Prueba	Dispositivos de flujo de agua de paleta	Anual	
25			Dispositivos de flujo de agua a presión	Semanal	
26			Drenaje principal	Semanal	
27		Mantenimiento	Limpieza de todas las válvulas	Mensual	
28			Limpieza general a todos los rociadores	Mensual	
29		<i>Riser-Válvulas</i>	Inspección visual	Toma de lecturas de presión en los manómetros de los riser	Mensual
30	Válvulas de retención			Mensual	
31	Válvulas de control			Mensual	
32	Válvulas de alarma			Anual	
33	Válvulas reductoras de presión			Mensual	
34	Prueba		Drenajes principales	Anual	
35			Válvulas de control (posición abierta, sin filtraciones, supervisión)	Semanal	



**Plan de Mantenimiento Preventivo
MA-04-PCMTO**

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	Frecuencia	
36	<i>Riser-Válvulas</i>	Mantenimiento	Engrase de los vástagos de las válvulas	Semanal	
37			Cerrar y abrir completamente todas las válvulas para comprobar el funcionamiento	Semanal	
38			Limpieza de las válvulas de retención	Semanal	
39			Limpieza de las válvulas tipo indicativas	Semanal	
40			Limpieza de los filtros	Semanal	
41			Válvulas de control	Semanal	
42			<i>Sistema de monitores e hidrantes</i>	Inspección visual	Conexiones de mangueras
43	Gabinetes	Semanal			
44	Mangueras	Semanal			
45	Dispositivos de almacenamiento	Semanal			
46	Boquillas de mangueras	Semanal			
47	Válvulas de mangueras	Semanal			
48	Prueba	Dispositivo de flujo de agua de paleta			Anual
49		Dispositivos de flujo de agua a presión		Anual	
50		Drenaje principal		Anual	
51		Válvula reguladora de presión		Anual	
52	Mantenimiento	Conexiones de mangueras		Anual	
53		Tuberías y conexiones		Anual	
54		Bquillas de mangueras		Anual	
55		Dispositivo de almacenamiento de mangueras		Anual	
56		Gabinetes		Anual	



**Plan de Mantenimiento Preventivo
MA-04-PCMTO**

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago	
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	Frecuencia		
57	<i>Tuberías principales de servicios privados de incendios</i>	Inspección	Revisar accesibilidad de la válvula e hidrante	Semanal		
58			Grietas en el hidrante	Semanal		
59			Salidas muy ajustadas	Semanal		
60			Roscas de las boquillas gastadas	Semanal		
61			Disponibilidad de la llave de operación	Semanal		
62		Prueba	Abrir cada hidrante completamente, permitiendo el flujo de agua, hasta que se haya limpiado de materias ajenas	Anual		
63		Mantenimiento	Lubricación anual de todas sus roscas y tuercas	Anual		
64			Eliminación de obstrucciones	Anual		
65			Revisión de corrosión	Anual		
SISTEMA DE ALARMA Y DETECCIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 72-2016						
66	Equipo de control	Fusibles	Inspección visual	Mensual		
67			Prueba de operación	Anual		
68		Interface del equipo	Inspección visual	Mensual		
69			Prueba de operación	Anual		
70		Lámparas y LEDs	Inspección visual	Mensual		
71			Prueba de operación	Anual		
72		Fuente de poder principal	Inspección visual	Mensual		
73			Prueba de operación	Anual		
74		Supervisión de los sistemas de alarma de la estación	Trasmisor comunicador de alarma digital (DACT)	Inspección visual	Mensual	
75				Prueba de operación	Anual	



**Plan de Mantenimiento Preventivo
MA-04-PCMTO**


<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	<i>Cartago</i>	
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	Frecuencia		
76	Baterías	-	Inspección visual	Mensual		
77			Prueba de operación	Anual		
78	Anunciadores remotos	-	Inspección visual	Mensual		
79			Prueba de operación	Anual		
80	Supresores de trasientes	-	Inspección visual	Semestral		
81			Prueba de operación	Anual		
82	Dispositivos de iniciación	Tuberías y puertos de muestreo	Inspección visual	Mensual		
83			Prueba de operación	Anual		
84		Cajas de alarma de incendio manuales	Inspección visual	Mensual		
85			Prueba de operación	Anual		
86		Detectores de flama	Inspección visual	Mensual		
87			Prueba de operación	Anual		
88		Detectores de flujo	Inspección visual	Mensual		
89			Prueba de operación	Anual		
90		Dispositivos de señales de supervisión	Inspección visual	Mensual		
91			Prueba de operación	Anual		
92		Aparatos de notificación	Aparatos audibles	Inspección visual	Mensual	
93			Aparatos visibles			

Adaptado de: Tico Fire



Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento preventivo Planta Eléctrica

 Plan de Mantenimiento Preventivo MA-05-PCMTO							Página 1 de 2
Equipo	GENERADOR ELÉCTRICO	Código	PC-01-GE-01		Planta	Cartago	
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad	
Componentes estructurales							
1	Verifique que no existan pasadores o sujeciones sueltas, correas desgastadas o conexiones sueltas. Reportar si hay daños.	Semanal	5	Técnico	Parado	Utilizar EPP. Asegurarse de que el interruptor control/selector está desconectado (posición cero).	
2	Ajuste las conexiones de escape.	Anual	10	Técnico	Parado		
Sistema de enfriamiento							
3	Verificar que las rejillas del ventilador están en la posición correcta y sujetas. Reportar si hay daños.	Semanal	5	Técnico	Parado		
4	Reemplazar los filtros de aceite.	Anual	5	Técnico	Parado	Utilizar EPP. Cubra los componentes eléctricos y electrónicos antes de echar agua para protegerlos de daños.	
Sistema de lubricación							
5	Verifique que no exista fuga de aceite o combustible. Si observa un derrame producto de fuga, límpielo completamente para identificar el fluido y encontrar el origen de la fuga. Reportar si hay fuga.	Semanal	5	Técnico	Parado		
6	Limpie las acumulaciones de grasa o aceite en el motor con abundante agua a presión.	Semanal	5	Técnico	Parado	Utilizar EPP. Evitar hacer derrames y limpiar los restos de aceite que queden en el equipo o en el piso.	
7	Verificar que el nivel de aceite del motor es superior al mínimo. Si el nivel está bajo, agregar aceite hasta que llegue al nivel máximo indicado en la varilla.	Semanal	2	Técnico	Parado		
Sistema de alimentación de combustible							
8	Verificar que el nivel del tanque de combustible es superior a tres cuartos de la cantidad máxima.	Semanal	2	Técnico	Parado	Utilizar EPP. Antes de añadir combustible debe verificar que no existan fuentes de ignición cercanas.	
9	Reemplazar los filtros de combustible.	Anual	5	Técnico	Parado		
Sistema de transmisión							
10	Revisar la tensión de la faja del alternador y del ventilador. Ajustar si es necesario.	Semanal	2	Técnico	Parado	Utilizar EPP. Antes de intervenir desconectar el polo negativo de la batería para evitar que encienda.	




**Plan de Mantenimiento Preventivo
MA-05-P01MTO**

Equipo	GENERADOR ELÉCTRICO	Código	PC-01-GE-01		Planta	Cartago
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad
Sistema de arranque						
11	Verificar que las terminales de la batería no presentan corrosión. Si tienen corrosión se deben limpiar.	Semanal	2	Personal de taller	Parado	Utilizar EPP. No poner en contacto las terminales de la batería y antes de intervenirla desconectar el polo negativo para asegurar que no arranque.
12	Verifique el nivel del líquido de la batería, si se ven las placas agregue agua destilada hasta 2 cm por arriba de las placas.	Semanal	10	Personal de taller	Parado	
13	Limpie las ventilaciones de la tapa de la batería.	Anual	5	Personal de taller	Parado	
Comprobación de funcionamiento						
14	Encienda el generador sin carga para comprobar el funcionamiento durante 5 minutos.	Dos veces a la semana	7	Personal de taller	Parado	Utilizar EPP.
15	Encender el equipo con toda la carga para comprobar el funcionamiento durante 1 hora.	Mensual	65	Personal de taller	Parado	
16	Arranque el motor y observe que los relojes del panel midan 480 V y 110 A. Reporte si no funcionan.	Anual	2	Personal de taller	Marcha	
<p>Nota. Antes de arrancar el generador se deben realizar todas las inspecciones de frecuencia semanal. Cuando se va a conectar la carga se debe notificar a todo el personal la fecha y hora de la interrupción eléctrica.</p>						
<p>Requerimientos: caja de herramientas, aceite , filtros de aire, filtros de aceite, fajas , agua destilada y EPP.</p>						

Fuente: elaboración propia


Rutina de calibración de las romanas

 Rutina de calibración de romanas MA-06-PCMTO							Página 1 de 1
Equipo	ROMANAS	Código	PC-03-LM / PC-03-LP / PC-03-LA		Planta	Cartago	
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Estado del equipo	Medidas de seguridad	
1	Verificar la calibración de la romana con el patrón de referencia. Reportar si está descalibrada.	Semanal	10	Josué Saldaña	Parado	Utilizar el EPP requerido en el andén.	
2	Calibración de la romana	Anual	120	Servicio Metrología	Parado		

Requerimientos : patrón de referencia y EPP

Fuente: elaboración propia

Programa de Mantenimiento para las Instalaciones

		Plan de Mantenimiento de Instalaciones MA-07-PCMTO				Página 1 de 1
Planta	Cartago					
Act.	Descripción	Frecuencia	Duración (min)	Responsable	Medidas de seguridad	
1	Limpieza de cuartos de equipo de la zona 01. Barrer el piso, limpiar las superficies de los equipos con un paño seco y, si es necesario, las paredes. Reportar si se observa alguna anomalía.	Mensual	60	Jose Coto Hernández	Utilizar zapatos de seguridad.	
2	Limpieza de la zona del equipo del sistema contra incendio, barrer y limpiar las superficies de los equipos con un paño seco. Reportar si se encuentra una anomalía.	Mensual	30	Jose Coto Hernández		
3	Limpieza del polvo de todas las superficies de las instalaciones del patio de trasiego y el pingüino.	Mensual	30	Jose Coto Hernández	Utilizar gafas de seguridad.	
4	Limpieza de la superficie del tanque de agua que pertenece al sistema contra incendio.	Anual	10 días	Jose Coto Hernández	Utilizar arnés, guantes y zapatos de seguridad.	
5	Limpieza del tanque principal de GLP. Lavar con agua jabonosa.	Semestral	3 días	Jose Coto Hernández	Utilizar botas de hule y guantes.	
6	Cortar el césped de toda la planta.	Bisemanal	5 días	Jose Coto Hernández	Utilizar delantal y careta.	
7	Recoger la basura que se almacena fuera de las instalaciones.	Semanal	30	Jose Coto Hernández	Utilizar guantes y protección solar.	
8	Pintar la tapia de la planta.	Anual	q	Jose Coto Hernández		
9	Pintar el dique del tanque principal de GLP.	Anual	1 semana	Jose Coto Hernández		
10	Pintar toda la tubería del sistema contra incendio.	Anual	1 semana	Jose Coto Hernández		
11	Soplar la resistencia del quemador industrial y eliminar el polvo. Reportar si está quemada o presenta humedad.	Semestral	210	Jose Coto Hernández	Utilizar EPP, notificar al departamento de operaciones y asegurarse que el equipo está desconectado.	
12	Revisar la válvula de emergencia del tanque principal, que cierre tanto al quitar el suministro de aire como de forma manual. Reportar si falla el cierre por alguno de los dos métodos.	Anual	30	Josué Saldaña	Utilizar EPP	

Requerimientos: escoba, pala, paño, jabón, máquina para cortar césped, pintura, brochas, thinner, diluyente y EPP.

Fuente: elaboración propia

Lista de chequeo para supervisión de mantenimiento al sistema contra incendio

<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	<i>Cartago</i>
 <div style="display: inline-block; text-align: center;"> Lista de chequeo semanal para supervisión RE-08-PCMTO </div> <div style="float: right; text-align: right;"> Semana de ___/___/___ al ___/___/___ </div> <div style="float: right; text-align: right; margin-top: 5px;"> Página 1 de 2 </div>					
SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 25-2014					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
1	<i>Equipo de bombeo</i>	Inspección visual	Caseta de bombeo		
2			Sistemas de bombas		
3		Prueba	Operación de bomba sin flujo		
4	<i>Equipo de motor diésel</i>	Inspección visual	Sistema de alimentación de combustible		
5			Sistema de lubricación		
6			Sistema de enfriamiento		
7			Sistema de escape		
8			Banco de baterías		
9			Sistema eléctrico		
10			Controlador y sus componentes		
11			Prueba	Operación del motor durante 30 min	
12		Mantenimiento	Revisión general de los sistemas del motor		
13		<i>Sistema de diluvio</i>	Inspección visual	Rótulo Hidráulico	
14	Abrazaderas y soportes sísmicos				
15	Tuberías y conexiones				
16	Prueba		Dispositivos de flujo de agua a presión		
17			Drenaje principal		
18	<i>Riser-Válvulas</i>	Prueba	Válvulas de control (posición abierta, sin filtraciones, supervisión)		



**Lista de chequeo semanal para supervisión
RE-08-PCMTO**

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
19	Riser-Válvulas	Mantenimiento	Engrase de los vástagos de las válvulas		
20			Cerrar y abrir completamente todas las válvulas para comprobar el funcionamiento		
21			Limpieza de las válvulas de retención		
22			Limpieza de las válvulas tipo indicativas		
23			Limpieza de los filtros		
24			Válvulas de control		
25	Sistema de monitores e hidrantes	Inspección visual	Conexiones de mangueras		
26			Gabinetes		
27			Mangueras		
28			Dispositivos de almacenamiento		
29			Boquillas de mangueras		
30			Válvulas de mangueras		
31	Tuberías principales de servicios privados de incendios	Inspección	Revisar accesibilidad de la válvula e hidrante		
32			Grietas en el hidrante		
33			Salidas muy ajustadas		
34			Roscas de las boquillas gastadas		
35			Disponibilidad de la llave de operación		

Supervisado por: _____

Firma: _____



**Lista de chequeo mensual para supervisión
RE-09-PCMTO**

Mes _____

Página 1 de 2

Año _____

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 25-2014					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
1	Sistema de diluvio	Inspección visual	Válvulas de diluvio		
2		Mantenimiento	Limpieza de todas las válvulas		
3			Limpieza general a todos los rociadores		
4	Riser-Válvulas	Inspección visual	Toma de lecturas de presión en los manómetros de los riser		
5			Válvulas de retención		
6			Válvulas de control		
7			Válvulas reductoras de presión		
SISTEMA DE ALARMA Y DETECCIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 72-2016					
8	Equipo de control	Fusibles	Inspección visual		
9		Interface del equipo	Inspección visual		
10		Lámparas y LEDs	Inspección visual		
11		Fuente de poder principal	Inspección visual		
12	Supervisión de los sistemas de alarma de la estación	Trasmisor comunicador de alarma digital (DACT)	Inspección visual		
13	Baterías	-	Inspección visual		
14	Anunciadores remotos	-	Inspección visual		



**Lista de chequeo mensual para supervisión
RE-09-PCMTO**

<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	Cartago
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
15	Dispositivos de iniciación	Tuberías y puertos de muestreo	Inspección visual		
16		Cajas de alarma de incendio manuales	Inspección visual		
17		Detectores de flama	Inspección visual		
18		Detectores de flujo	Inspección visual		
19		Dispositivos de señales de supervisión	Inspección visual		
20	Aparatos de notificación	Aparatos audibles	Inspección visual		
21		Aparatos visibles			

Supervisado por: _____

Firma: _____



**Lista de chequeo trimestral para supervisión
RE-10-PCMTO**

Trimestre no. _____

Página 1 de 1

Año _____

<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	Cartago
SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 25-2014					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
1	<i>Sistema de diluvio</i>	Inspección visual	Rociadores de repuesto		
Supervisado por: _____			Firma: _____		



**Lista de chequeo semestral para supervisión
RE-11-PCMTO**

Semestre no. _____

Página 1 de 1

Año _____

<i>Equipo</i>	SISTEMA CONTRA INCENDIO	<i>Código</i>	PC-02-XX-XX	<i>Planta</i>	Cartago
SISTEMA DE ALARMA Y DETECCIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 72-2016					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
1	<i>Supresores de trasientes</i>	Inspección visual	-		
Supervisado por: _____			Firma: _____		



**Lista de chequeo anual para supervisión
RE-12-PCMTO**

Año _____

Página 1 de 2

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
SISTEMA DE SUPRESIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 25-2014					
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
1	<i>Equipo de bombeo</i>	Prueba	Operación de la bomba con flujo		
2		Mantenimiento	Lubricar los cojinetes		
3			Señales de alarma		
4			Revisión del eje de la bomba		
5	<i>Sistema de diluvio</i>	Inspección visual	Manómetros		
6			Boquillas		
7		Prueba	Dispositivos de flujo de agua de paleta		
8	<i>Riser-Válvulas</i>	Inspección visual	Válvulas de alarma		
9		Prueba	Drenajes principales		
10	<i>Sistema de monitores e hidrantes</i>	Prueba	Dispositivo de flujo de agua de paleta		
11			Dispositivos de flujo de agua a presión		
12			Drenaje principal		
13			Válvula reguladora de presión		
14		Mantenimiento	Conexiones de mangueras		
15			Tuberías y conexiones		
16			Bquillas de mangueras		
17			Dispositivo de almacenamiento de mangueras		
18	Gabinetes				



**Lista de chequeo anual para supervisión
RE-12-PCMTO**


Año _____

Página 1 de 2

Equipo	SISTEMA CONTRA INCENDIO	Código	PC-02-XX-XX	Planta	Cartago
Act.	Equipo / Sistema	Tipo de actividad	Descripción	✓ / X	Observaciones
19	<i>Tuberías principales de servicios privados de incendios</i>	Prueba	Abrir cada hidrante completamente, permitiendo el flujo de agua, hasta que se		
20		Mantenimiento	Lubricación anual de todas sus roscas y tuercas		
21			Eliminación de obstrucciones		
22			Revisión de corrosión		
SISTEMA DE ALARMA Y DETECCIÓN CONTRA INCENDIOS SEGÚN NFPA 72-2016					
23	<i>Equipo de control</i>	Fusibles	Prueba de operación		
24		Interface del equipo	Prueba de operación		
25		Lámparas y LEDs	Prueba de operación		
26		Fuente de poder principal	Prueba de operación		
27	<i>Supervisión de los sistemas de alarma de la estación</i>	Trasmisor comunicador de alarma digital (DACT)	Prueba de operación		
28	<i>Baterías</i>		Prueba de operación		
29	<i>Anunciadores remotos</i>	-	Prueba de operación		
30	<i>Supresores de trasientes</i>	-	Prueba de operación		
31	<i>Dispositivos de iniciación</i>	Tuberías y puertos de muestreo	Prueba de operación		
32		Cajas de alarma de incendio manuales	Prueba de operación		
33		Detectores de flama	Prueba de operación		
34		Detectores de flujo	Prueba de operación		
35		Dispositivos de señales de supervisión	Prueba de operación		
Supervisado por: _____			Firma: _____		

Fuente: elaboración propia

Apéndice 5. Procedimientos para mantenimiento

	Procedimiento para corrosión PR-01-PCMTO	Página 1 de 1
<i>Elaborado por: Andrea Cordero Camacho</i>		
Basado en norma NFPA 58: Código del Gas Licuado de Petróleo		
Referencias 5.2.1.4, 6.6.1.4, 6.6.3.5		
<ol style="list-style-type: none">1. Inspeccionar visualmente toda la superficie del tanque, cuando presente abolladuras, abombamientos, ranuras o corrosión, se debe reportar con el jefe de mantenimiento ya que debe ser sacado de servicio.2. Se debe observar el estado de la pintura de los tanques, deben tener toda la superficie pintada, sin abombamientos en la pintura.3. Verificar que la superficie del tanque principal que se encuentra en contacto con el cimiento de concreto está en buen estado, sin corrosión. Además verificar que el concreto del cimiento no tenga fisuras ni desgaste.		

Fuente: elaboración propia



Procedimiento para inspeccionar mangueras PR-02-PCMTO

Elaborado por: Andrea Cordero Camacho

Basado en norma NFPA 58: Código del Gas Licuado de Petróleo

Referencias

(7.2.4.1, 7.2.4.2, 7.2.4.3, 7.2.4.4, 7.2.4.5)

1. Se debe inspeccionar la hermeticidad del material de la manguera en toda la longitud de la misma y verificar que no tiene daños que afecten la integridad del material.
2. En la inspección se debe verificar que:
 - a. No tenga daños en la cubierta exterior que deje descubiertos los refuerzos.
 - b. No tenga secciones retorcidas o aplastadas.
 - c. No existan ni ablandamientos ni hinchamientos.
 - d. Los acoples deslizantes de la manguera no están dañados, con faltantes de piezas ni tornillos sueltos.
 - e. No existan fugas en los acoples.
3. Si la manguera está retorcida, aplastada o con hinchamientos pero todavía no tiene fuga, se debe reportar con el jefe de mantenimiento, para decidir si se deja en servicio o se reemplaza.
4. Cuando la manguera está severamente dañada o con fuga se debe reemplazar inmediatamente.

Fuente: elaboración propia



Procedimiento para tuberías, accesorios y cilindros

PR-03-PCMTO

Elaborado por: Andrea Cordero Gamacho

Basado en norma NFPA 58: Código del Gas Licuado de Petróleo

Referencias

(6.12.7, 6.12.10, 5.2.3.2)

1. Cuando se pintan las tuberías, los elementos sensibles a la temperatura de las válvulas de cierre de emergencia no se deben pintar, ni se le deben dar acabados después de su fabricación.
2. Al inspeccionarse cilindros o tanques, se debe verificar que no hayan estado expuestos al fuego, de lo contrario requieren de una serie de pruebas y evaluaciones que garanticen la integridad.
3. Los cilindros se deben inspeccionar visualmente para garantizar que cumplan los siguientes requisitos, de lo contrario deben ser sacados de servicio hasta que se corrija la mala condición:
 - (1) Se revisa que el cilindro no haya sufrido exposición al fuego, no tenga abolladuras, cortes, ranuras y corrosión.
 - (2) El cuello de protección del cilindro (si se utiliza) y el anillo de base estén intactos y adheridos firmemente.
 - (3) El cilindro esté pintado o recubierto para minimizar la corrosión.
 - (4) La válvula de alivio de presión del cilindro no muestra daños visibles, corrosión de los componentes operativos u obstrucciones.
 - (5) No hay fugas del cilindro o sus accesorios que resulten detectables sin el uso de instrumentos.
 - (6) El cilindro está instalado en una cimentación firme y no está en contacto con la tierra vegetal.
 - (7) Un cilindro que pasa el examen visual se señala con el mes y año de la inspección seguido de la letra E, por ejemplo 10-01E, significa que se inspeccionó externamente en octubre del año 2001.
 - (8) Los resultados de la inspección visual se documentan y se conserva un registro de la inspección durante 5 años.

Fuente: elaboración propia

Apéndice 6. Criterios para criticidad de repuestos

Los criterios que considera el flujograma para determinar el stock de repuestos se explican en la siguiente tabla, de acuerdo con García (2010).

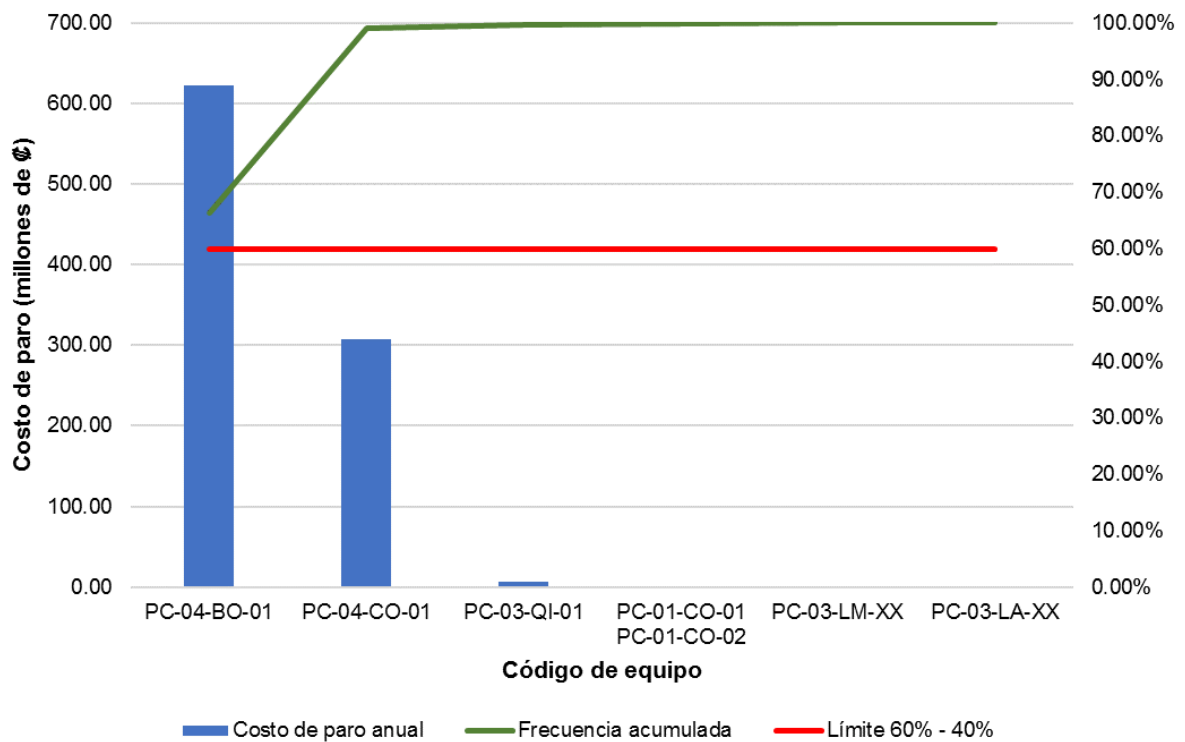
Tabla 47. Criterios para definir el stock de repuestos

Criterios	Descripción
<i>Criticidad del equipo</i>	Se obtiene mediante el uso de algún método utilizado para la criticidad de equipos, donde se han clasificado como A los equipos críticos, como B los importantes y como C los equipos prescindibles.
<i>Consumo</i>	Para este criterio se requiere tener datos de análisis de fallas de uno o dos años y por medio de este análisis es posible determinar cuáles se consumen usualmente. Los que se consumen habitualmente y son de bajo coste, son candidatos para el stock. Además, los elementos de bombas, aunque no sean críticas, deben estar en stock porque se averían frecuentemente (retenes, rodetes, cierres) y los consumibles de cambio frecuente (aceites, filtros).
<i>Plazo de aprovisionamiento</i>	Los elementos que se fabrican bajo pedido o que no son de disponibilidad inmediata, deben estar en el stock, siempre que sean parte de equipos clasificados como críticos. Es importante considerar los elementos que tengan plazos de entrega largos aun cuando pertenezcan a equipos clasificados como importantes, es decir, como categoría B.
<i>Coste de la pieza</i>	Las piezas muy costosas (ejes, coronas de gran tamaño o equipos especiales) no deben mantenerse en stock, es recomendable mantenerlas con un sistema predictivo para conocer con anticipación cuando se requieren.
<i>Coste de la pérdida de la producción</i>	Cuando la falla de un equipo produzca una pérdida grande de producción, es necesario evaluar cuáles piezas se deben mantener en stock para disminuir las pérdidas ante una eventualidad.

Fuente: elaboración propia

Para conocer cuales equipos tienen mayor impacto en costos si paran la producción, se realizó un diagrama de Pareto con los datos utilizados en el análisis de criticidad. Se analizaron los fallos de los equipos que son capaces de detener el proceso productivo y se hizo el Pareto con los datos mostrados en la tabla llamada “Estimación de pérdidas de producción ante una falla” y se obtuvo el siguiente diagrama.

Gráfico 6. Diagrama de Pareto de estimación de pérdidas de producción ante las fallas asociadas a cada equipo



Fuente: elaboración propia

De forma análoga al diagrama de Pareto de los costos totales relacionados con mantenimiento por cada equipo, los costos de pérdidas de producción debido a las fallas de cada equipo siguen el mismo comportamiento, donde las fallas en la bomba de GLP son las que ocasionan mayores impactos, sin embargo, las asociadas al compresor de GLP también son importantes comparadas con el resto, por lo que, aunque fue clasificado como importante, se considerarán sus repuestos como críticos, también porque el plazo de entrega de los mismos puede ser de hasta 8 semanas.

ANEXOS

Anexo 1. Criterios de evaluación Norma COVENIN 2500-93

ÁREA I: Organización de la empresa

I.1 Funciones y responsabilidades. Principios

Principio básico

La empresa posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad en producción).

Deméritos

- I.1.1 La empresa no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.
- I.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.
- I.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.

I.2 Autoridad y autonomía

Principio básico

Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen la suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas

Deméritos

- I.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida
- I.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones
- I.2.3 Existe duplicidad de funciones
- I.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que se efectuada previa consulta a los niveles superiores

I.3 Sistema de información

Principio básico

La empresa cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.

Deméritos

- I.3.1 La empresa no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones
- I.3.2 La empresa no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.
- I.3.3 La empresa no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente

- 1.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación
- 1.3.5 La empresa no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los resultados que se deseen obtener
- 1.3.6 La empresa no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla

ÁREA II: Organización de mantenimiento

II.1 Funciones y responsabilidades

Principio básico

La función mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.

Deméritos

- II.1.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para la organización de mantenimiento.
- II.1.2 La organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica u otro
- II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción
- II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad
- II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados
- II.1.6 La empresa no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento

II.2 Autoridad y autonomía

Principio básico

Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.

Deméritos

- II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad
- II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones
- II.2.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la organización de mantenimiento
- II.2.4 Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores

II.3 Sistema de información

Principio básico

La organización de mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otra).

Deméritos

- II.3.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un flujograma para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones
- II.3.2 La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener
- II.3.3 La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información
- II.3.4 La organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente
- II.3.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación
- II.3.6 La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.

ÁREA III: Planificación de mantenimiento

III.1 Objetivos y metas

Principio básico

Dentro de la organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción

Deméritos

- III.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir la organización de mantenimiento
- III.1.2 La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener
- III.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que los requieren
- III.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos

III.2 Políticas para la planificación

Principio básico

La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.

Deméritos

- III.2.1 La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento
- III.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran
- III.2.3 A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan
- III.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas

III.3 Control y evaluación

Principio básico

La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesario para la elaboración de los planes de mantenimiento.

Deméritos

- III.3.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso
- III.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos
- III.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener
- III.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida esta información en formatos normalizados
- III.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito
- III.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación
- III.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento
- III.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones

ÁREA IV: Mantenimiento rutinario

IV.1 Planificación

Principio básico

La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.

Deméritos

- IV.1.1 No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario o en su defecto a la organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas

- IV.1.2 Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario
- IV.1.3 Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento a realizar
- IV.1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario
- IV.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar
- IV.1.6 No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento

IV.2 Programación e implantación

Principio básico

Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.

Deméritos

- IV.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario
- IV.2.2 La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada
- IV.2.3 Existe el programa de mantenimiento, pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente
- IV.2.4 Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación
- IV.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana
- IV.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario
- IV.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que formarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario
- IV.2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario

IV.3 Control y evaluación

Principio básico

El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.

Deméritos

- IV.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes
- IV.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución
- IV.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas

IV.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas

IV.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales

IV.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento

IV.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

ÁREA V: Mantenimiento programado

V.1 Planificación

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal y hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes

Deméritos

V.1.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento

V.1.2 La empresa no posee un estudio donde se especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones

V.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad, y en el cual se especifiquen las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales

V.1.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente

V.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas

V.1.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado

V.1.7 No existe una planificación conjunta entre la organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado

V.2 Programación e implantación

Principio básico

La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad, necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.

Deméritos

- V.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado
- V.2.2 Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación
- V.2.3 Existe el programa de mantenimiento, pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente
- V.2.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento
- V.2.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado
- V.2.6 La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado

V.3 Control y evaluación

Principio básico

La organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación

Deméritos

- V.3.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado
- V.3.2 No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento
- V.3.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluación de ejecución
- V.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas
- V.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales
- V.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento
- V.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

ÁREA VI: Mantenimiento circunstancial

VI.1 Planificación

Principio básico

La ejecución de actividades de objetos de mantenimiento que se utilizan en forma circunstancial o alterna, está dentro de los planes de la organización de mantenimiento y la ejecución de estas actividades, está en coordinación con el departamento de producción y otros entes de la organización

Deméritos

- VI.1.1 Los objetos que van a ser sometidos a acciones de mantenimiento circunstancial no están claramente definidos
- VI.1.2 No existen formularios con datos de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento circunstancial para cuando se tome la decisión de utilizar dichos objetos
- VI.1.3 No existe coordinación con el departamento de producción para la ejecución de las acciones de mantenimiento circunstancial
- VI.1.4 El personal no está en capacidad de absorber la carga de trabajo de mantenimiento circunstancial
- VI.1.5 La organización no concede dentro de la estructura general de mantenimiento, la importancia que tiene el mantenimiento circunstancial a la hora de llevar a cabo la planificación

VI.2 Programación e implantación

Principio básico

Dentro de la programación de las actividades de mantenimiento, se tiene claramente definido y diferenciado el mantenimiento circunstancial. Cada una de las actividades a ejecutarse posee la debida y correspondiente prioridad, frecuencia y tiempo de ejecución. Las actividades de mantenimiento circunstancial están programadas en forma racional, con cierta elasticidad para atacar fallas. Se tiene previstos los sistemas que sustituirán a los equipos desincorporados por defectos de los mismos.

Deméritos

- VI.2.1 El mantenimiento circunstancial se realiza sin ningún tipo de basamento técnico
- VI.2.2 No existe información clara y detallada sobre las acciones a ejecutarse en mantenimiento circunstancial en el momento en que se requerido
- VI.2.3 La organización de mantenimiento realiza las actividades de mantenimiento circunstancial sin considerar a los otros entes de la empresa
- VI.2.4 No se tiene previsto que sistemas sustituirán a los objetos desincorporados
- VI.2.5 Las actividades de mantenimiento circunstancial se realizan según el programa existente, pero no se dispone de la holgura necesaria para atender situaciones imprevistas

VI.3 Control y evaluación

Principio básico

La empresa dispone de medios efectivos para llevar a cabo el control de ejecución de las actividades de mantenimiento circunstancial en el momento establecido. Se llevan registros y estos son tomados en cuenta para determinar la incidencia del mantenimiento circunstancial en el sistema, además se evalúa continuamente para realizar las mejoras pertinentes.

Deméritos

- VI.3.1 La organización no cuenta con los procedimientos de control de ejecución adecuados para las actividades del mantenimiento circunstancial

- VI.3.2 La organización no cuenta con medios para la evaluación de las acciones de mantenimiento circunstancial, de acuerdo con los criterios tanto técnicos como económicos
- VI.3.3 No se cuenta con un sistema de recepción y procesamiento de información para la evaluación del mantenimiento circunstancial en el momento oportuno
- VI.3.4 No se cuenta con mecanismos que permitan disminuir las interrupciones en la producción como consecuencia de las actividades de mantenimiento circunstancial
- VI.3.5 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

ÁREA VII: Mantenimiento correctivo

VII.1 Planificación

Principio básico

La organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se llevan en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.

Deméritos

- VII.1.1 No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia
- VII.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección
- VII.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo
- VII.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia

VII.2 Programación e implantación

Principio básico

Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos y personal para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.

Deméritos

- VII.2.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo
- VII.2.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo
- VII.2.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo
- VII.2.4 El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin

VII.3 Control y evaluación

Principio básico

La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer como se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

Deméritos

- VII.3.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo
- VII.3.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación
- VII.3.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.
La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento
- VII.3.4

ÁREA VIII: Mantenimiento preventivo

VIII.1 Determinación de parámetros

Principio básico

La organización tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad.

La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.

Deméritos

- VIII.1.1 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento
- VIII.1.2 La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento
- VIII.1.3 No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves
- VIII.1.4 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas
- VIII.1.5 El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas

VIII.2 Planificación

Principio básico

La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo.

Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.

Deméritos

- VIII.2.1 No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva
- VIII.2.2 La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado

VIII.3 Programación e implantación

Principio básico

Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva

Deméritos

- VIII.3.1 Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los periodos de tiempo correspondientes
- VIII.3.2 Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades
- VIII.3.3 Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que existe holgura para el ajuste de la programación
- VIII.3.4 No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo
- VIII.3.5 Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado

VIII.4 Control y evaluación

Principio básico

En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.

Deméritos

- VIII.4.1 No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución
- VIII.4.2 No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo
- VIII.4.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado
- VIII.4.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

ÁREA IX: Mantenimiento por avería

IX.1 Atención a las fallas

Principio básico

La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado

Deméritos

- IX.1.1 Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal
- IX.1.2 No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas para cierto periodo
- IX.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar una falla no se hace de una manera rápida
- IX.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema
- IX.1.5 Los tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla
- IX.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción

IX.2 Supervisión y ejecución

Principio básico

Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el periodo de prueba.

Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de averías

Deméritos

- IX.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución
- IX.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla
- IX.2.3 La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado
- IX.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo
- IX.2.5 No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas
- IX.2.6 No se llevan registros sobre el consumo de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías
- IX.2.7 No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de las averías
- IX.2.8 No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla

IX.3 Información sobre las averías

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.

Deméritos

- IX.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado
- IX.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre las fallas
- IX.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo
- IX.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento

ÁREA X: Personal de mantenimiento

X.1 Cuantificación de las necesidades del personal

Principio básico

La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos

Deméritos

- X.1.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal
- X.1.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa
- X.1.3 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación

X.2 Selección y formación

Principio básico

La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades, u otra). Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos

Deméritos

- X.2.1 La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar, educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos
- X.2.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal con alta calificación y experiencia que requiera la credencial del servicio determinado
- X.2.3 No se tienen establecidos periodos de adaptación del personal
- X.2.4 No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas
- X.2.5 Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrito
- X.2.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal
- X.2.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna

- X.2.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal

X.3 Motivación e incentivos

Principio básico

La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales.

Deméritos

- X.3.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción
- X.3.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales
- X.3.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento
- X.3.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema

ÁREA XI: Apoyo logístico

XI.1 Apoyo administrativo

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa, en cuando a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización

Deméritos

- XI.1.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes
- XI.1.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a la organización de mantenimiento
- XI.1.3 La administración no funciona en coordinación con la organización de mantenimiento
- XI.1.4 Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento
- XI.1.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros

XI.2 Apoyo gerencial

Principio básico

La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa

Deméritos

- XI.2.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general
- XI.2.2 Para la gerencia, mantenimiento es sólo la reparación de los sistemas
La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas, por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos
- XI.2.3
- XI.2.4 La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones
- XI.2.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por la organización de mantenimiento

XI.3 Apoyo general

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman.

Deméritos

- XI.3.1 No se cuenta con apoyo general de la organización para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente
- XI.3.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionado con mantenimiento

ÁREA XII: Recursos

XII.1 Equipos

Principio básico

La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.

Deméritos

- XII.1.1 No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad
- XII.1.2 Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado
El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a información (catálogos, revistas u otros), sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos
- XII.1.3
- XII.1.4 Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es deficiente
- XII.1.5 No se lleva registro de entrada y salida de equipos
- XII.1.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos

XII.2 Herramientas

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas.

Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso

Deméritos

- XII.2.1 No se cuenta con las herramientas necesarias, para que el ente de mantenimiento opere eficientemente
- XII.2.2 No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención
- XII.2.3 Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento
- XII.2.4 No se llevan registros de entrada y salida de herramientas
- XII.2.5 No se cuenta con controles de uso y estado de las herramientas

XII.3 Instrumentos

Principio básico

La organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas fabricantes y proveedores.

Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos permitiendo el control de su uso

Deméritos

- XII.3.1 No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad
- XII.3.2 No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, la efectividad y exactitud de los mismos
- XII.3.3 El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información (catálogos, revistas u otros) sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos
- XII.3.4 Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia, pero no se conoce o no se les da el uso adecuado
- XII.3.5 No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos
- XII.3.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los instrumentos

XII.4 Materiales

Principio básico

La organización de mantenimiento cuenta con un stock de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada material, así como también los plazos de entrega.

Se cuenta con políticas de inventario para los materiales utilizados en mantenimiento.

Deméritos

- XII.4.1 No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento
- XII.4.2 El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento

- XII.4.3 Los materiales no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros)
- XII.4.4 No se ha determinado el costo por falta de material
- XII.4.5 No se ha establecido cuales materiales tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos
- XII.4.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente
- XII.4.7 No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad
- XII.4.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material
- XII.4.9 No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores
- XII.4.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material

XII.5 Repuestos

Principio básico



La organización de mantenimiento cuenta con un stock de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega.

Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos utilizados en mantenimiento.

Deméritos

- XII.5.1 No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento
- XII.5.2 Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento
- XII.5.3 Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros)
- XII.5.4 No se ha determinado el costo por falta de repuestos
- XII.5.5 No se ha establecido cuales repuestos tener en stock y cuales comprar de acuerdo a pedidos
- XII.5.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente
- XII.5.7 No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad
- XII.5.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto
- XII.5.9 No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores
- XII.5.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuestos

Anexo 2. Formato de inspección de instalaciones de GLP (RE-13-P01OPE)

		Inspección y Revisión Instalaciones de GLP		
		Grupo Tomza de Costa Rica		
Área: Gerencia de Operaciones		Sección: Manual de		Registro: RE-13-P02OPE
División: Operación de planta		Versión:3		Fecha:
PLANTA	CARTAGO <input type="checkbox"/>	ALAJUELA <input type="checkbox"/>	LA CRUZ <input type="checkbox"/>	
LISTA DE INSPECCIÓN PARA LA REVISIÓN DIARIA DE INSTALACIONES DE GLP				
<p>Esta lista de verificación debe ser aplicada por parte del Técnico respectivo de forma semanal en las áreas de las que se envasa, trasiega y almacenan Gas Licuado de Petróleo. También debe ser aplicada cada vez que se genere un sismo que amerite realizar una verificación de las instalaciones. Marque con "X" en la columna según corresponda al estado encontrado del ítem inspeccionado, si se marca la casilla "Mal estado" se debe explicar la situación encontrada en la casilla de observaciones.</p>				
ÁREA O SITIO	ÍTEM	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	OBSERVACIONES
LLENADORAS	Romanas de pesaje			
	Acoples para envasado			
	Válvulas de corte de Gas Licuado de Petróleo			
	Mangueras para GLP de llenadoras			
	Mangueras para Aire de llenadoras			
	Manómetros para GLP			
	Tuberías para aire de llenadoras			
	Tuberías para GLP de llenadoras			
	Censores para fugas de gas			
ÁREA O SITIO	ÍTEM	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	OBSERVACIONES
BANDA TRANSPORTADORA	Estructura			
	Motores eléctricos			
	Puestas a tierra de eléctricos motores			
ÁREA O SITIO	ÍTEM	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	OBSERVACIONES
AREA DE TANQUE Y DIQUE	Mangueras y accesorios (Acoples,			
	Válvulas inferiores del tanque y acceso			
	Válvulas de cierre remoto del tanque			
	Censores para la fugas de gas			
	Estado de instrumentación del tanque			
	Válvulas, tuberías y accesorios de la			
ÁREA O SITIO	ÍTEM	BUEN ESTADO	MAL ESTADO	OBSERVACIONES
TANQUE DE TRASIEGO	Tanque de trasiego			
	Tubería de fase líquida y accesorios			
	Tubería de fase vapor y accesorios			
Inspección realizada por:		Firma del Encargado:		

Anexo 3. Criterios para evaluar los equipos por el método del flujograma

Etapa	CLASIFICACIÓN		
	A	B	C
1. Medioambiente	Falla provoca que la empresa tenga que avisar a las autoridades públicas por posible afectación de la salud o el medio ambiente (ejemplo: fuga de amoníaco)	Una falla causa afectación o contaminación solo dentro de la empresa. (ejemplo fuga de sosa que se controla con el sistema de agua de la empresa)	La falla no produce contaminación.
2. Seguridad	Fallos pueden producir accidentes que causan ausentismo laboral temporal o permanente.	Falla causa daño a colaboradores, pero no requiere incapacidad.	Falla no afecta la seguridad del personal de la organización.
3. Calidad	Un fallo en la calidad produce impacto externo, da una imagen negativa de la organización en el mercado.	Un fallo produce daños a nivel interno de la organización.	Una falla en el equipo no afecta la calidad del producto.
4. Tiempo de trabajo	Equipo trabaja en tres turnos diarios.	Equipo trabaja dos turnos diarios.	Equipo trabaja un turno diario.
5. Entrega	Si falla produce un paro en toda la planta.	Si falla detienen solo la línea de producción.	Aunque fallen no producen interrupción significativa del proceso

6. Fiabilidad	Frecuencia de fallo menor a 5 horas.	Frecuencia de fallo entre 5 y 10 horas.	Frecuencia de fallo superior a 10 horas.
7. Mantenibilidad	Tiempo medio de reparación de más de 90 minutos.	Tiempo medio de reparación entre 45 y 90 minutos.	Tiempo medio de reparación de menos de 45 minutos.

Fuente: elaboración propia

Anexo 4. Cotizaciones de insumos para mantenimiento

		COTIZACIÓN			
		REGINSA J.M.M. S.A. 3101449532 Barreal de Heredia / Mody Plaza Telefonos: 2239-4000 / 8439-4000			
		COTIZACION No. CR2165			
CLIENTE	ANDREA CORDERO	VALIDEZ DE LA COTIZACION			
DIRECCION	SAN JOSE, COSTA RICA	5 DIAS			
CORREO	andrecordero93@gmail.com	FORMA DE ENVIO	FECHA COT		
TELE/FAX	(506) 7077-2938	TERRESTRE	03/05/2017		
		CONDICIONES			
		CONTADO			
SOLICITADO POR		VENDEDOR			
Srta. Andrea Cordero Camacho		Donald Leal			
Estimados señores Presentamos a su consideracion la presente cotizacion del material solicitado para su analisis y aprobacion.					
ITEM	DESCRIPCION	T. ENTREGA	UNID.	PRECIO U.	TOTAL
1	BLACKMER Discharge Valve Assembly 793279	6 A 8 SEMANAS	2	€334.045,20	€668.090,40
2	BLACKMER Suction Valve Assembly 793269	6 A 8 SEMANAS	2	€349.856,00	€699.712,00
3	CORKEN REBUILD KIT 3196 -X26	6 A 8 SEMANAS	1	€1.330.708,50	€1.330.708,50
***** ULTIMA LINEA *****					
Agradeciendo de antemano la oportunidad de servirle, me suscribo de usted, Atentamente DONALD LEAL Tel. 2239-4000 Movil: 8439-4000		DESCUENTO. _____ SUB TOTAL. €2.698.510,90 IVA 13% €350.806,42 TOTAL. €3.049.317,32 (valor expresado en Colones)			
		CUENTA BANCO LAFISE COLONES 735511207 CUENTA CLIENTE BANCO LAFISE COLONES 11400007355112073			
OBSERVACIONES: 1-PRECIOS CALCULADOS EN BASE A ESTA COTIZACION, SUJETOS A VARIACIONES EN CASO DE QUE LA MISMA SE MODIFIQUE. PRECIOS DE ESTA COTIZACION SE CALCULAN CONSIDERANDO LA CANTIDAD DE PRODUCTO SOLICITADO EN LA MISMA, GASTOS, IMPUESTOS FLETE, DESCUENTOS, Y OTROS PODRIAN VARIAR LOS PRECIOS, SI SE MODIFICAN LAS CANTIDADES AL FORMALIZAR LA COMPRA. 2-PRODUCTO CON TIEMPO DE ENTREGA DISPONIBLES SALVO VENTA SEGÚN STOCK AL MOMENTO DE FORMALIZAR LA COMPRA. PRODUCTOS CON TIEMPO DE ENTREGA SUJETOS A DISPONIBILIDAD AL MOMENTO DE LA VENTA. TIEMPO DE ENTREGA CALCULADO AL COTIZAR CONSIDERANDO UBICACIÓN DEL PRODUCTO EN ESE MOMENTO Y PODRÍA VARIAR SEGÚN DISPONIBILIDAD AL FORMALIZAR LA COMPRA. 3-FORMALIZACIÓN DE LA COMPRA EN EFECTIVO, DEPOSITO O TRANSFERENCIA. 60% DE ANTICIPO Y 40% CONTRA ENTREGA					
Barreal de Heredia, frente a Cenada, C.C. Mody Plaza Locales 5 y 6. Teléfonos: 2239-400 / 8439-4000					

IMPORTACIONES SMH S.A.

Cédula Jurídica 3-101-156127
 Central telefónica: (506) 2296-6666
 La Uruca, 250mts oeste Rotonda Juan Pablo II



Fecha: 04/05/2017

FACTURA PROFORMA Nro. 000000011158**DOCUMENTO NO VÁLIDO COMO FACTURA**

A NOMBRE DE: ANA CORDERO

DIRECCION:

TELÉFONO:

FAX:

<u>CODIGO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>% DESC.</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
LF701_CA	FILTRO ACEITE FLEETGUARD, PERKINS 2654403	€ 5,292.90	1.00	0.00	€ 5,292.90
FS19811	FILTRO DIESEL FLEETGUARD CATERPILLAR 100-63	€ 16,621.60	1.00	0.00	€ 16,621.60

SubTotal:	€ 21,914.50
Descuento:	€ 0.00
SubTotal:	€ 21,914.50
Impuesto de Ventas:	€ 2,848.88
Importe Total:	€ 24,763.38

Vendedor
FRANCISCO ROSALES

Vigencia de la Oferta:

Atención:

Tiempo de Entrega:

Condiciones de Pago:

Observaciones:





COTIZACIÓN
 REGINSA J.M.M. S.A. 3101449532
 Barreal de Heredia / Mody Plaza
 Telefonos: 2239-4000 / 8439-4000

COTIZACION No. **CR2168**

CLIENTE	ANDREA CORDERO	VALIDEZ DE LA COTIZACION	
DIRECCION	SAN JOSE, COSTA RICA	5 DIAS	
CORREO	andrecordero93@gmail.com	FORMA DE ENVIO	FECHA COT
TELE/FAX	(506) 7077-2938	TERRESTRE	04/05/2017
		CONDICIONES	
		CONTADO	

SOLICITADO POR	VENDEDOR
Srta. Andrea Cordero Camacho	Donald Leal

Estimados señores
 Presentamos a su consideración la presente cotización del material solicitado para su análisis y aprobación.

ITEM	DESCRIPCION	T. ENTREGA	UNID.	PRECIO U.	TOTAL
1	KIT PARA LLENADORA AUTOMÁTICA FISHER N-201 (O-RING T1025806562)(DISC HOLDER ASSEMBLY T10267000A2)(O-RING T12946T0012)(UPPER DIAPHRAGM 1C854102022)(DIAPHRAGM ASSEMBLY 1H1615000A2) ***** ULTIMA LINEA *****	INMEDIATA	1	€142.281,25	€142.281,25

Agradeciendo de antemano la oportunidad de servirle, me suscribo de usted,

DESCUENTO.	
SUB TOTAL.	€142.281,25
IVA 13%	€18.496,56
TOTAL.	€160.777,81

(valor expresado en Colones)

Atentamente
DONALD LEAL
 Tel. 2239-4000
 Movil: 8439-4000

CUENTA BANCO LAFISE COLONES 735511207
 CUENTA CLIENTE BANCO LAFISE COLONES 11400007355112073

OBSERVACIONES:

- 1-PRECIOS CALCULADOS EN BASE A ESTA COTIZACION, SUJETOS A VARIACIONES EN CASO DE QUE LA MISMA SE MODIFIQUE. PRECIOS DE ESTA COTIZACION SE CALCULAN CONSIDERANDO LA CANTIDAD DE PRODUCTO SOLICITADO EN LA MISMA, GASTOS, IMPUESTOS FLETE, DESCUENTOS, Y OTROS PODRIAN VARIAR LOS PRECIOS, SI SE MODIFICAN LAS CANTIDADES AL FORMALIZAR LA COMPRA.
- 2-PRODUCTO CON TIEMPO DE ENTREGA DISPONIBLES SALVO VENTA SEGÚN STOCK AL MOMENTO DE FORMALIZAR LA COMPRA. PRODUCTOS CON TIEMPO DE ENTREGA SUJETOS A DISPONIBILIDAD AL MOMENTO DE LA VENTA. TIEMPO DE ENTREGA CALCULADO AL COTIZAR CONSIDERANDO UBICACIÓN DEL PRODUCTO EN ESE MOMENTO Y PODRÍA VARIAR SEGÚN DISPONIBILIDAD AL FORMALIZAR LA COMPRA.
- 3-FORMALIZACIÓN DE LA COMPRA EN EFECTIVO, DEPOSITO O TRANSFERENCIA. 60% DE ANTICIPO Y 40% CONTRA ENTREGA

Barreal de Heredia, frente a Cenada, C.C. Mody Plaza Locales 5 y 6. Teléfonos: 2239-400 / 8439-4000



COTIZADO A:	ENTREGAR A:
CORDERO CAMACHO ANDREA SAN JOSE COSTA RICA COSTA RICA	ANDREA CORDERO CAMACHO SAN JOSE, SAN JOSE COSTA RICA Tel: +506 7077 2938

REQUISITOR			VENCIMIENTO	VENDEDOR	PLAZO	
ANDREA CORDERO CAMACHO			03/06/2017	LR. VARGAS	CONTADO	
CANT.	UNID.	CÓDIGO.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	DESCUENTO	IMPORTE
1	PZS	102.045	ELEMENTO TERMICO TIPO 38B3 230V/4400W	389,0		389,0
1	PZS	102.039	COUPLE COMPLETO 220-230V	193,0		193,0
						
* SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPUESTOS AL ALCANCE EN SAN JOSÉ - COSTA RICA.						

NOTA: TERMINOS DE VENTAS: PUESTO EN PLANTA

Monto en letras: SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE DOLARES CON 66/100 USD

<p>Información de pago: Beneficiario: Grupo Tenag, S.A. Banco Beneficiario: BAC San José Swift: BSNCRSJ Dirección Banco: Calle 0, Ave. 3 y 5 San José-Costa Rica. Cuenta beneficiario: 921868196 Moneda: USD Cédula Jurídica: 3-101-688221 Dirección beneficiario: 75 O Escuela de Brasil de Santa Ana-San José, Costa Rica Teléfono: (506)2203 0486</p>	<p>SUB-TOTAL 582,00 DESCUENTO IMP. VENTAS 75,66 USD TOTAL \$ 657,66</p>
---	---

Recibido Conforme

Nombre:	Firma:	Cédula:
---------	--------	---------



/TENAGSA



/GRUPOTENAG

**ROLINSA**ROLES INDUSTRIALES S.A.
TEL: 2560-7265 / 2263-9021 CED: 3-101-534442
HEREDIA FRENTE A LA COMANDANCIA**FACTURA PROFORMA # 13825****Cliente:** ANDREA CORDERO**Fecha:** 5-May-2017**Atencion:** ANDREA**Envio:** INMEDIATA**Vendedor:** Erick S

CANT.	CODIGO	DESCRIPCION	DESC	PRECIO TOTAL	Total
1.0	06LGMT2/	GRASA LGMT 2/0.4 SKF	10.00	6,500.00	6,500.00

SubTotal 6,500.00**Descuento** 650.00**Impuesto** 760.50**Total** 6,610.00



FUTURA INVERSIONES DEL VALLE XING, S.A.

Tel:2279-2870-Fax:2279-2896
100 Oeste de Terramall, San Diego de Tres Rios
Servicioalcliente@futuracr.net
www.futuracr.net

PROFORMA N°: 37031

16/03/2017

99 GAS TONZA
Teléfono: 0
Dirección:
Contacto:

FAX: 0

Tiempo de entrega:
Vigencia De Precios:
Condición De Crédito: Crédito
Asesor: ANNETH QUESADA

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	P.UNITARIO	PRECIO M	PRECIO TOTAL	LOC
780052	GUANTE MULTIFLEX LATEX NEGRO/AMARILLO L	1	1,155.	1,305.15	1,305.15	001
COM3400S3-	ZAPATO SEKURY PLANT. PUNT/COMPOSITE S3 40	1	19,000.	21,470.00	21,470.00	001
GSI-808-40	ZAPATO GOOD SAF. TENIS PUNT. COMP. PLANT.	1	28,000.	31,640.00	31,640.00	001
VE7300R-09	GUANTE TEJIDO RECUB. LATEX ANARAN. VENIT	1	920.	1,039.60	1,039.60	001
M2PANBM-M	PANTALON TIPO CARGO MACH2 AZUL VENITEX T	1	12,398.	14,009.74	14,009.74	001
MANLIC	MANGAS MOTOCICLISTA LICRA NEGRA	1	2,350.	2,350.00	2,350.00	001

Observaciones:



	SUB-TOTAL	63,823.00
0.00	DESCUENTO	0.00
	IMPUESTO 13%	7,991.49
	TOTAL:	71,814.49



FUTURA INVERSIONES DEL VALLE XING, S.A.

Tel:2279-2670-Fax:2279-2898
100 Oeste de Terramall, San Diego de Tres Rios
Servicioalcliente@futuracr.net
www.futuracr.net

PROFORMA N°: 37191

27/03/2017

99 GAS TOMZA
Teléfono: 000 FAX:
Dirección:
Contacto:

Tiempo de entrega:
Vigencia De Precios: 15 DIAS
Condición De Crédito: Crédito
Asesor: ANNETH QUESADA

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	P.UNITARIO	PRECIO IVI	PRECIO TOTAL	LOC
VE509NO-09	GUANTE NEOPRENO 100% NEGRO VENITEX 09	1	1.820.	2,056.60	2,056.60	001
PACAYBLIN	ANTEOJO CLARO ERGONOMICO ANTIEMP. PAT/RAS	1	4.104.	4,637.52	4,637.52	001
PACAYA	ANTEOJO OSCURO ERGONOMICO ANTIEMP. PAT/RA	1	4.104.	4,637.52	4,637.52	001
51590099	ANTEOJO CLARO ERGO ANTIEMP. S/MARCO SPY	1	800.	904.00	904.00	001
3524303200	ANTEOJO CLARO ANTIEMPAÑANTE DISCOVERY STE	1	1.500.	1,695.00	1,695.00	001

Observaciones:



	SUB-TOTAL	12,328.00
0.00	DESCUENTO	0.00
	IMPUESTO 13%	1,602.64
	TOTAL:	13,930.64

RM INDUSTRIAL
223-36155
223-3612-
10-0000

Coopinsertu R.L.
CANCELADO

Estación de Servicio La Pista

Ced: 3-004-045532

Tel. 2573-7053

150m norte Parque Industrial

*** P R O F O R M A ***

Fecha **04-05-2017** Hora **11:45:00**

Cliente **GAS TOMZA**

No. **PF-00000752**

Orden Placa.

Cod/Descrip

Cant.	Precio	Total
105056	SL22133 Aceite ca	19
1.00	23,450.00	20,752.21
140037	22131 Aceite P/Co	
1.00	7,000.00	6,194.69 $\frac{1}{4}$
185508	Agua Bat. Galon G	
1.00	1,120.00	991.15

Descuento 0.00

Sub Total 27,938.05

I.V. 13% 3,631.95

Total 31,570.00

* Exento

Este documento no es una factura

Le atendió: **OFICINA**

GRACIAS POR PERMITIRNOS SERVIRLE !!

