

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE MEJORA A SOFTWARE DE MANTENIMIENTO UTILIZADO EN
EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Alumno: Felipe Orlando Acuña González

Profesor Guía: Mg. Ing. Pablo Andrés Duque Ramírez

2024

Resumen

Key words

Software de mantenimiento, auditoría, gestión de mantenimiento.

El trabajo que se presenta en las siguientes páginas, propone mejoras sustanciales, en el sistema de mantenimiento de una compañía distribuidora de combustible, en lo que, a plantas de distribución respecta.

La compañía en la que se desarrolla este trabajo tiene, como principal actividad, la distribución de combustible, valiéndose para esto, en 13 plantas a nivel nacional en las que cuenta con presencia, 4 de estas son directamente operadas por ella. Para gestionar el mantenimiento de estas unidades, adquiere un software de mantenimiento, el cual no cumple con todos los requerimientos para apoyar efectivamente, a la gestión del mantenimiento, es por esto, que se efectúa una auditoria de software de mantenimiento, con la finalidad de identificar estas deficiencias, y proponer mejoras. Es mediante la auditoria, que se detectan deficiencias en el software, tales como en el módulo de ordenes de trabajo y, falta de bases de datos que almacene correctamente la información, así mismo se presentan debilidades en la organización tal como es, la falta de un departamento de mantenimiento.

Basado en las deficiencias encontradas, este trabajo, propone la creación de un departamento de mantención que abarque las problemáticas de las plantas de distribución, utilizando el modelo de Parra y Crespo como guía para la gestión del mantenimiento. En cuanto al software, se propone las mejoras de este en algunos aspectos tales como, las ordenes de trabajo, base de datos e integración con otros sistemas de la compañía. Se destaca la necesidad de fortalecer la gestión del cambio, ya presente en otras áreas de la compañía, para facilitar estos cambios.

Como resultado de las propuestas descritas, se crea un departamento de mantenimiento, compuesto por un jefe de mantenimiento, un planificador y un analista, encargados de la implementación de las mejoras propuestas, enfocándose en mejorar la gestión del mantenimiento y en implementar las mejoras propuestas al software, tales como la mejora de las ordenes de trabajo y la creación de bases de datos.

Finalmente se evaluarán las propuestas generadas, entregando datos de costos referentes a la formación del departamento de mantención, describiendo los puestos necesarios a crear, así como de las mejoras en el software, se establece una propuesta de

un cronograma para la implementación de las mejoras y se evalúan económicamente las propuestas.

Índice

Introducción.....7

CAPÍTULO 1 CONTEXTO OPERACIONAL, APLICACIÓN Y RESULTADOS AUDITORÍA 11

1. Contexto operacional 12

1.1. Planta de almacenaje y distribución de combustible 12

1.1.1 Abastecimiento 12

1.1.2 Tanques..... 12

1.1.3 Bombas 13

1.1.4 Mesas de carga 13

1.1.5 Servicios auxiliares al proceso..... 13

1.1.6 Ubicación de las unidades..... 14

1.2 Aspectos normativos aplicables a las unidades. 14

1.3 Software de mantenimiento “Geins” 15

1.3.1 Módulos. 15

1.4 Implementación del software en la compañía..... 17

1.5 Auditoria de software 18

1.5.1 Aplicación auditoría..... 19

1.5.2 Muestra 20

1.5.3 Resultados auditoría 20

1.5.4 Análisis de entrevistas..... 22

1.6 Evaluación del software e implementación..... 23

1.6.1 Software 23

1.6.2 Implementación 24

CAPÍTULO 2 PROPUESTAS DE MEJORA A LA IMPLEMENTACIÓN Y AL SOFTWARE..... 25

2.1 Metodología..... 26

2.2 Propuestas de mejora con relación a la implementación..... 26

2.2.1 Organización 26

2.2.1.1 Departamento o área de mantenimiento..... 27

2.2.1.2 Gestión del cambio 27

2.2.2 Mantenimiento 28

2.2.2.1 Definición de estrategias de mantenimiento. 29

2.2.2.2 Modelo de gestión de mantenimiento. 30

2.3 Propuestas de mejora con relación al software 31

2.3.1 Objetivos de los sistemas de información para el mantenimiento 31

2.3.2 Módulo de bodega o inventarios 32

2.3.3 Mejoramiento módulo incidencias u ordenes de trabajo 33

2.3.4 Bases de datos y control. 35

2.3.5 Integración con ERP 35

2.3.6 Indicadores o KPI..... 36

2.4 Diagrama de interacción de mejoras. 37

CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA 38

3.1 Factibilidad departamento de mantención 39

3.1.1 creación de perfiles de cargo 40

3.1.2 Capacitación de los nuevos cargos 42

3.1.3 Costos de los nuevos ingresos. 42

3.2 Gestión del cambio 43

3.3 Mantenimiento, implementación de estrategias 43

3.4 Evaluación propuestas modificación software 44

3.4.1 Ordenes de trabajo, inventario y base de datos..... 45

3.4.3 Costos asociados a modificaciones del software..... 46

3.4.4 Integración de software con ERP. 46

3.4.5 Evaluación de indicadores de rendimiento..... 47

3.4.6 Planificación de la implementación de las mejoras..... 47

3.4.7 Análisis de costos y beneficios 49

3.4.7 Conclusión..... 51

Bibliografía 52

Anexo 53

Índice de figuras.

Figura 1 "mesa de carga" 13

Figura 2 "Tablet planta Maipú" 18

Figura 3 "Modelo 8 pasos John Kotter" 28

Figura 4 "Modelo para la definición de estrategias (Crespo, 2007)" 29

Figura 5 "Modelo del proceso de gestión del mantenimiento MGM (Crespo,2007)" 30

Figura 6 "Módulo almacenes e inventarios Fractal" 32

Figura 7 "E- maint gestión de piezas" 32

Figura 8 "Incidencia" 34

Figura 9 "Correlación de propuestas de mejora" 37

Figura 10 " Línea Jerárquica propuesta" 39

Figura 11 " Cronograma Implementación" 49

Índice de tablas.

Tabla 1 "Áreas evaluadas por auditoría" 19

Tabla 2 "Categorías a obtener en auditoría" 19

Tabla 3 "Resumen auditados" 20

Tabla 4 "Resultados cuestionarios" 20

Tabla 5 "Valores asociados a departamento de mantención" 42

Tabla 6 "Costos asociados a proyecto primer año" 49

Tabla 7" valores mensuales primer año" 50

Introducción

La compañía de distribución de combustible es una empresa chilena dedicada a la distribución, venta y almacenaje de derivados del petróleo, presente en el mercado desde 2011, luego de la adquisición de los activos de una importante petrolera Angloholandesa, por parte de un importante grupo empresarial chileno. Posteriormente en el año 2013, la compañía adquiere las operaciones en Chile de la principal empresa distribuidora de combustibles colombiana. En los años 2018 y 2019 la compañía se internacionaliza, adquiriendo cadenas de estaciones de servicio en Estados Unidos y Paraguay.

En el mercado chileno, la compañía es el segundo actor más importante, controlando el 25,9% de las estaciones de servicio, lo cual representa alrededor de 450 estaciones, adicionalmente, tiene una fuerte presencia en la distribución a clientes del segmento industrial, ya sea en combustibles como en lubricantes.

Para afianzar su posición en la industria, la compañía cuenta con una importante infraestructura de almacenaje de combustible, con presencia en 14 plantas a nivel nacional, entre éstas, cuatro son operadas directamente por la empresa, estas plantas corresponden a Planta Greda Alta, San Fernando, San Vicente y Maipú. Esta última presenta una importante diferencia respecto a las demás, ya que solo corresponde a mesas de carga, sin embargo, el almacenaje del producto está a cargo de un tercero.

Es pertinente destacar, que el control de estas unidades es relativamente reciente, en primer lugar, se tomó el control de plantas San Fernando y San Vicente en el año 2016 (anteriormente estaban controladas por un tercero), luego en el año 2017, se adquiere la planta y terminal marítimo Greda Alta, solo Planta Maipú ha sido operada por la empresa desde un inicio.

El manejo de estas unidades está bajo el alero de la gerencia de distribución, siendo el jefe de depósitos el responsable directo del control.

En cuanto al mantenimiento, la gerencia no dispone de una entidad de mantenimiento independiente y, por tanto, los lineamientos principales del área recaen en el jefe de depósitos. El mantenimiento de cada unidad es administrado por el jefe de planta, en coordinación con su supervisor de operaciones, es destacable que solo Planta Greda Alta cuenta con un ingeniero de mantenimiento, dada la envergadura de la unidad.

Es en este panorama, que nace la necesidad de consolidar la información de manera centralizada, abordando el mantenimiento y el cumplimiento normativo. Para abordar este problema, la compañía adquiere el software Geins, sin embargo, su

implementación se ha visto obstaculizada por diversos desafíos, debido principalmente, a la carencia de una estructura de mantenimiento clara y políticas definidas, lo que deriva en que cada unidad plantea requisitos específicos, generando dificultades en la adaptación del programa.

Esta problemática, genera una oportunidad para revisar el software, con la finalidad de proponer mejoras. Todo esto con el objetivo de optimizar el aprovechamiento de esta herramienta, facilitando la disponibilidad de la información y la evaluación de los cumplimientos normativos, al mismo tiempo, se busca fomentar una cultura unificada en la gestión de mantenimiento y activos.

Objetivo general

Proponer mejoras al software de mantenimiento adquirido por empresa de distribución de combustibles mediante la aplicación de la técnica de auditoría de software de mantenimiento evaluando la gestión del mantenimiento

Objetivos específicos

- Evaluar deficiencias de software Geins y su implementación en empresa de distribución de combustibles mediante la aplicación de auditoría de software detectando oportunidades de mejora.
- Proponer mejoras al software acorde a deficiencias identificadas en auditoría evaluando la gestión del mantenimiento.
- Evaluar las mejoras propuestas mediante un análisis técnico-económico determinado su viabilidad.

CAPÍTULO 1 CONTEXTO OPERACIONAL, APLICACIÓN Y RESULTADOS
AUDITORÍA

1. Contexto operacional

Para este caso de estudio, el software en cuestión será analizado en cuanto a su uso en las cuatro plantas operadas por la compañía, por lo que para comprender su utilización se describirán los componentes principales de una unidad.

1.1. Planta de almacenaje y distribución de combustible

Una unidad de almacenaje y distribución corresponde a una unidad que recibe combustibles, almacena en tanques y posteriormente distribuye a clientes finales mediante la carga de camiones cisterna en mesas de carga a este efecto.

Corresponde a un proceso continuo los 365 días del año, en que la intensidad del proceso variará dependiendo de la demanda del mercado.

1.1.1 Abastecimiento

Las plantas poseen dos formas principales de abastecimiento, la primera es por oleoducto, en la cual mediante tuberías el producto es recepcionado directamente desde la refinería más cercana y la segunda forma es el abastecimiento por buques tanque, en el cual, la planta debe contar con un terminal portuario.

En ambos casos se cuenta con solo una tubería por la cual circulan los diferentes tipos de producto y la cual está permanentemente con producto en el interior.

Al ingreso de la tubería a la instalación esta cuenta con un *manifold* de válvulas el cual permite la separación de los productos hacia los tanques de la instalación.

1.1.2 Tanques

Los tanques corresponden a estanques verticales, en dos versiones, con techo fijo y con techo móvil, el primero de estos igualmente cuenta con una membrana móvil en su interior la cual se mantiene al nivel del líquido en su interior.

1.1.3 Bombas

El propósito de estas es trasladar el producto almacenado en los tanques hacia las mesas de carga, la cantidad de bombas disponibles dependerá de la cantidad de productos que almacene la instalación y la salida al mercado de dichos productos.

1.1.4 Mesas de carga

Las mesas de carga es el lugar al interior de la instalación donde se realiza la carga de los camiones cisterna que abastecerán al cliente final, existen de dos tipos, *top loading* y *bottom loading*, en este caso de estudio las principalmente utilizadas corresponden a *bottom loading*. La mesa de carga cuenta con brazos de carga para cada producto, dependiendo de la demanda cada mesa contará con 1 o más brazos para cada producto, a modo de ejemplo, la planta Maipú, cuenta con 4 mesas de carga, en las cuales la mesa 1 cuenta con 4 brazos como se aprecia en la figura 1 (gas93, gas97, diésel y kerosene) y la mesa 4 cuenta con 5 brazos (2 de gas93, 1 de gas 97/95, 2 de diésel).



Figura 1 "mesa de carga"
Fuente: elaboración propia

1.1.5 Servicios auxiliares al proceso

Los servicios auxiliares al proceso son dos, calentador de fluido y el RCI. El calentador de fluido corresponde a un equipo presente en dos plantas, Greda Alta y San Vicente, ya que éstas almacenan combustibles que requieren ser mantenidos a una temperatura determinada por su viscosidad.

El RCI o red contra incendio, es un sistema de seguridad de la planta, que permite disponer de agua en todo momento en caso de fuego, dispone de bombas y tanque de almacenamiento acordes al tamaño de la instalación.

1.1.6 Ubicación de las unidades

Planta Greda Alta

Ubicada en ruta F30e, Puchuncavi, región de Valparaíso, es abastecida mediante buque, recibiendo envíos internacionales.

Planta Maipú

Esta unidad se ubica en camino a Melipilla 11820, Maipú, Región Metropolitana, dada su ubicación es abastecida por oleoducto.

Planta San Fernando

Unidad ubicada en Los Aromos s/n, comuna de San Fernando, región de O'Higgins, abastecida por oleoducto

Planta San Vicente

Ubicada en La Marina 155, comuna de Talcahuano, región del Biobío, abastecida por oleoducto

1.2 Aspectos normativos aplicables a las unidades.

En cuanto a la normativa vigente aplicable a las instalaciones encontramos el decreto supremo 160, del Ministerio de Economía, el cual como su nombre lo indica “Aprueba reglamento de seguridad para las instalaciones y operaciones de producción refinación, transporte, almacenamiento, distribución y abastecimiento de combustibles”.

Decreto supremo 43 del Ministerio de Salud, “Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas”

Adicional a esto se utilizan también, aunque no de manera oficial, las normas API para la definición de algunas tareas de mantenimiento.

Igualmente, el cumplimiento ambiental es parte central de la normativa aplicable, tanto en el control de gases, como en la evacuación de aguas residuales como el decreto supremo 90 año 2000.

1.3 Software de mantenimiento “Geins”

El software seleccionado por la empresa de distribución de combustibles corresponde a “Geins” un software que inicialmente fue desarrollado para aplicaciones de *compliance* pero que luego mutó a un software de mantenimiento o GMAO.

Entre sus características más importantes destaca el hecho de ser un software *as a service*, esto quiere decir que no es un software estandarizado o paquetizado si no, es más bien un software que se adapta a las necesidades del cliente y se permite generar desarrollos que mejoren su aplicabilidad en base a las necesidades del cliente y adaptándose a los diferentes entornos de las unidades. Esto es particularmente beneficioso en la compañía, ya que como se mencionó anteriormente cada unidad genera requerimientos específicos acorde a su contexto.

1.3.1 Módulos.

El software se cuenta con 9 módulos (webGeins), los cuales son configurables acorde a las necesidades del cliente, estos se detallan a continuación.

Configuración de instalaciones

En este módulo se configuran las unidades pertenecientes al usuario, permitiendo personalizarlas, para este caso particular están definidas las cuatro plantas objeto de este estudio, sin embargo, la compañía tiene configuradas 10 instalaciones que utilizan el software en su versión de *compliance*.

Configuración de elementos y actuaciones

En este apartado permite la configuración de los equipos y las actividades que involucran su mantenimiento y su gestión documental. Este apartado es el más utilizado en este momento por los usuarios, ya que permite configurar las inspecciones que dan cumplimiento a la normativa vigente como es el decreto supremo 160.

Acceso a proveedores/contratistas

En esta sección se permite que los contratistas que realizan trabajos para la compañía tengan acceso a cargar sus actuaciones en el sistema, se puede definir el nivel de acceso del personal externo que preste servicios o provea bienes, con el fin de facilitar la revisión de documental y de mantenimientos efectuados.

Gestión documental

Módulo que permite visualizar de forma sencilla la documentación asociada a cada unidad o equipo (distinto de las OT o incidencias), básicamente permite tener cargados en el sistema los requisitos de cumplimientos legales.

Alertas

Sistema que permite alertar por medio de correos electrónicos, los vencimientos de las distintas actividades a realizar.

Cuadro de mando

El software cuenta con un cuadro de mandos o BSC, con el fin de verificar el cumplimiento de los KPI que sean definidos para la gestión del mantenimiento.

Emisión de reportes e informes

El software permite la alternativa de la emisión de reportes en Excel e informes en pdf, cuando sea relevante extraer información de la aplicación.

Aplicación móvil.

El sistema cuenta con la opción de una aplicación móvil para la generación en el lugar de las órdenes de trabajo. Este módulo es muy utilizado dentro de la compañía ya que como se verá más adelante, se adquirieron *tablets* especialmente adaptadas para ser utilizadas dentro de las plantas.

1.4 Implementación del software en la compañía

Geins es implementado en la compañía a finales de 2021, con el propósito de concentrar la información proveniente del mantenimiento de las plantas en un solo lugar, a saber, el mantenimiento en las unidades se realiza de forma distinta para cada una de ellas, supeditado a las necesidades específicas, es gestionado directamente por los jefes de las unidades en conjunto con los supervisores de operaciones, las plantas con excepción de Maipú, cuentan con mecánico, el cual además de las funciones propias de mantención es encargado de gestionar las empresas contratistas que realizan la mayoría de las actividades de mantenimiento.

Los datos generados a partir de las actividades tanto de inspección acorde a la normativa vigente, como de la mantención propiamente tal se mantenían en papel, y en planillas Excel, a las cuales era complicado de acceder y consolidar, por tanto, no teniendo una real trazabilidad de la información.

Es por esto por lo que el área de auditorías internas levanta este punto, y se genera la necesidad de contar con un elemento que centralice y consolide la información de mantenimiento. Así, se opta por la incorporación del software Geins, uno de los aspectos claves de esta decisión fue el factor económico, ya que al ser un software relativamente nuevo y de escasa difusión en el medio (es de origen argentino) su costo es bajo, hablamos de un valor de 1700 dólares mensuales, el cual se prorratea no solo en las 4 unidades objeto de este estudio, si no que en 10 unidades que lo utilizan, adicional a eso no tiene límite de usuarios por instalación, cosa que en la mayoría de los GMAO si es una limitante. Otro factor importante es la posibilidad que ofrece de adaptarse a las diferentes realidades de las operaciones y plantas, ya que como se mencionó, no es un software que este conformado por defecto o estándar, si bien trae configuraciones por defecto en cada módulo, este se modela a la necesidad de los usuarios, pudiendo generar desarrollos particulares para mejorar la experiencia de uso y la calidad de la información.

Otra característica del sistema es su aplicación móvil, la cual en este caso fue utilizada mediante la compra de *tablets* especialmente preparadas para ser utilizadas en plantas de hidrocarburos (equipos sellados), lo que facilita su uso en el caso del cumplimiento de las inspecciones de cumplimiento de la normativa vigente, en la figura 1-2 se puede observar el equipo correspondiente a planta Maipú.

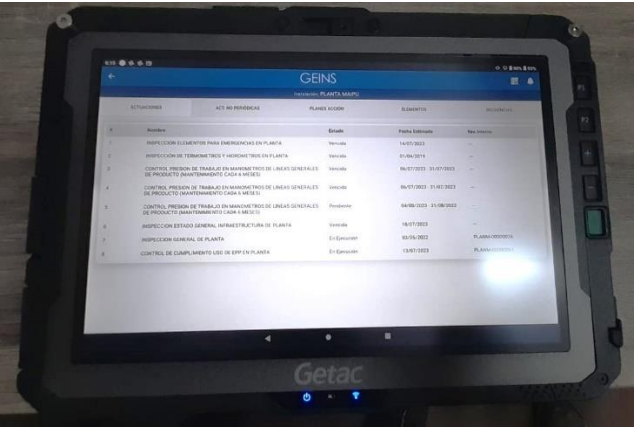


Figura 2 "Tablet planta Maipú"
Fuente: Elaboración propia

Adicional a esto se incorporaron códigos QR en los equipos más importantes de cada instalación (se menciona importante y no críticos ya que no existe un análisis de criticidad de los equipos), lo que permite enlazarlos directamente con la aplicación.

Para la difusión del programa se determinó la existencia de dos *focal point*, los cuales son los jefes de planta de las unidades Maipú y San Vicente, encargados de la adaptación del sistema y de las mejoras progresivas que este debiese experimentar.

1.5 Auditoría de software

Con el propósito de evaluar las posibles falencias o deficiencias presentes en el software y además identificar errores o vicios en la implementación en la compañía, se ha de utilizar la herramienta auditoria de software de mantenimiento desarrollada por el profesor Carlos Parra (Carlos Parra M., 2022)

En términos generales una auditoria, basándonos en términos de la ISO 19011:2018 es un proceso sistemático para obtener evidencia objetiva y evaluar o determinar objetivamente en qué medida se cumplen los criterios de la auditoria, esto quiere decir, en qué medida se cumplen los requisitos utilizados como referencia con la que se compara la evidencia objetiva.

1.5.1 Aplicación auditoría

El proceso contempla la aplicación de un cuestionario compuesto de 9 secciones, posibles de responder en una escala de 1-4.

Las áreas por evaluar se detallan como sigue. (Carlos Parra M., 2022)

Área a evaluar	Puntaje máximo
Integridad de los datos	24
Entrenamiento y Educación	16
Control de actividades de mantenimiento	20
Control de presupuestos y costes	20
Planificación y programación del mantenimiento	28
Gestión de materiales	28
Técnicas de mantenimiento preventivo (PM) y predictivo (PDM)	24
Indicadores de medición del rendimiento del mantenimiento	16
CMMS otros usos	24

Tabla 1"Áreas evaluadas por auditoría"
Fuente: Elaboración propia en base a auditoria CMMS Carlos Parra 2022

La consolidación de los datos responderá a un simple promedio de cada una de las preguntas realizadas, entre todas las entrevistas realizadas, consiguiendo los siguientes niveles de resultado (Carlos Parra M., 2022)

Categoría	Rango de puntaje
"Muy bueno" software de mantenimiento a nivel de muy buenas prácticas de mantenimiento (Clase Mundial)	151 - 200
"Hasta el nivel medio"/software de mantenimiento con un nivel aceptable	101 - 150
"Bajo la media"/software de mantenimiento con un nivel no muy bueno, con oportunidades de mejorar	61 - 100
"Muy por debajo de la media"/software de gestión de mantenimiento con un nivel muy bajo, requiere acciones para mejorar	Menos de 60

Tabla 2 "Categorías a obtener en auditoría"
Fuente: Elaboración propia en base a auditoria CMMS Carlos Parra 2022

1.5.2 Muestra

La aplicación de la auditoría se lleva a cabo en el mes de agosto de 2023, el tamaño de la muestra corresponde a 8 trabajadores entre los que se encuentran jefe de planta, y supervisor de operaciones, en la tabla 3 se presenta mayor detalle de los auditados.

Cargo	cantidad	instalación
Jefe de planta	1	Maipú
Supervisor de operaciones	2	Maipú – San Vicente
Mecánico	1	Maipú
Operador de planta	4	Maipú

Tabla 3"Resumen auditados"
Fuente: Elaboración propia

1.5.3 Resultados auditoría

Los resultados de la auditoría se resumen en la siguiente tabla.

Criterio	Puntaje Total	Puntaje Auditoría	Porcentaje de cumplimiento
INTEGRIDAD DE LOS DATOS	24	12,5	52%
ADIESTRAMIENTO Y FORMACIÓN	16	13	81%
CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	20	7,5	38%
PRESUPUESTOS Y CONTROL DE COSTOS	20	5	25%
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO	28	11	39%
GESTIÓN DE MATERIALES Y REPUESTOS	28	7	25%
TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR TIEMPO	24	7	29%
INDICADORES DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO	16	4,5	28%
OTROS USOS AL CMMS	24	8,5	35%
Total	200	76	38%

Tabla 4"Resultados cuestionarios"
Fuente: Elaboración propia en base a auditoria CMMS Carlos Parra 2022

Se observa de los resultados obtenidos que la calificación del software corresponde a la categoría bajo la media, presentando entonces oportunidades de mejora.

Para los efectos del desarrollo de mejoras se seleccionarán las categorías que se encuentran bajo el 30%, ya que representan el 45% de las áreas evaluadas y por tanto el

presentar mejoras que impacten en estas áreas implicara inherentemente una mejora en la categoría obtenida en la auditoría.

Al revisar las áreas que se encuentran por debajo del 30%, encontramos Presupuesto y control de costos (25%), gestión de materiales y repuestos (25 %), técnicas de mantenimiento preventivo por tiempo (29%) e indicadores de medición de desempeño (28%), se puede visualizar en el gráfico de la figura 3, resultados de la auditoria CMMS, que estas áreas son las que más se alejan de sus valores máximos a obtener en la auditoria.

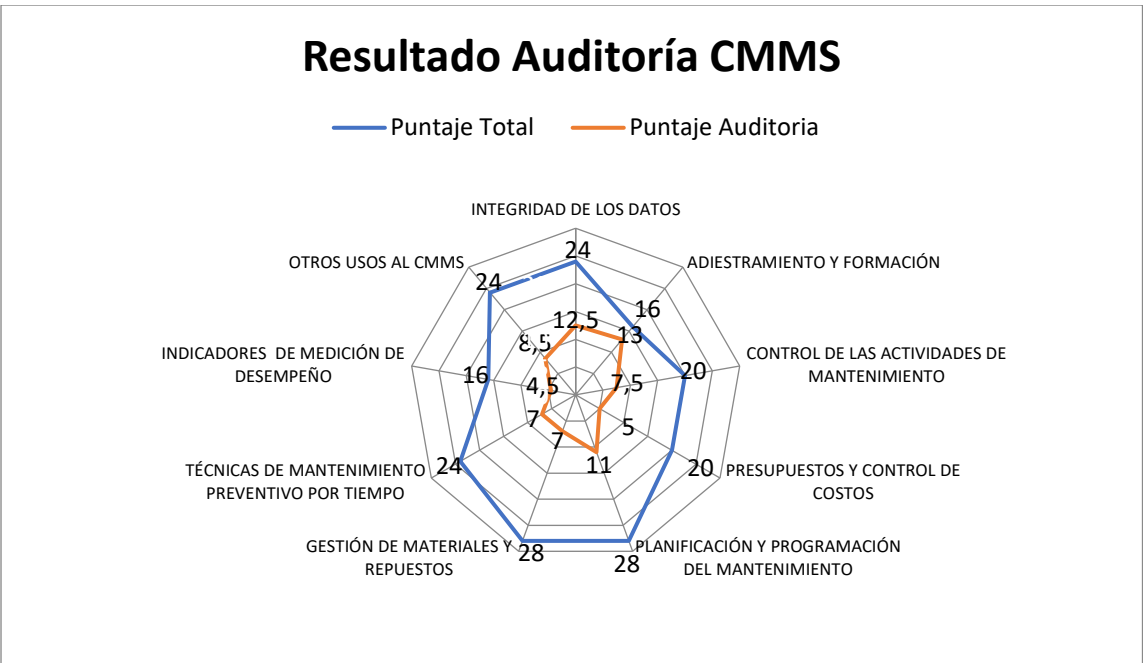


Figura 3 "Resultados auditoría CMMS"
Fuente: Elaboración propia en base a auditoria CMMS Carlos Parra 2022

Al analizar las áreas que obtienen el puntaje (25%), se debe indicar que este valor indica que todas las preguntas dentro de esa área obtuvieron puntaje mínimo, para el caso de las otras dos áreas, indicadores de medición de desempeño logra el puntaje ya que en la pregunta 43, algunos auditados responden con 2 puntos ya que indican que pueden obtener los costos por indisponibilidad pero no se pueden relacionar con el resto de indicadores, así también sucede con las técnicas de mantenimiento preventivo, ya que la pregunta 37 en algunos casos fue evaluada con un puntaje mayor al mínimo ya que se consideró por algunos auditados que si podían cargar mantenimientos preventivos por

tiempo aunque no se pudiese cargar todo el detalle de dichos mantenimientos. En el anexo de este trabajo se puede consultar el detalle de las preguntas de la auditoria y los resultados obtenidos en cada una de ellas.

Se observa que estos resultados se encuentran en línea con la inexistencia de un área de mantenimiento dedicada y si bien existe una planificación del mantenimiento dicha planificación no considera asociar directamente los repuestos a las actividades de mantenimiento, adicional a esto el software tampoco cuenta con un apartado dedicado que permita incorporar a las actividades de mantenimiento, repuestos o materiales asociados, por el momento solo se ingresan como un apartado de observaciones, la compañía controla sus actividades administrativas de toda índole a través de un ERP llamado JDE EDWARDS el cual si maneja los costos por cada repuesto, pero no se encuentra integrado en ningún nivel con el software de mantenimiento.

En cuanto a los indicadores de desempeño, las actividades al interior del software no están separadas por tipo u origen, esto quiere decir que, al momento de crear una actividad, ya sea de forma programada o correctiva esta solo queda categorizada como “incidencia”.

En lo que respecta a las técnicas de mantenimiento, la compañía no cuenta con mantenimientos de tipo predictivo, solo existen algunas actividades de mantenimiento preventivo como las evaluaciones semestrales de vibraciones en bombas e inspecciones visuales. Como se indicó el software no cuenta con la opción de diferenciar los tipos de actividades por lo cual le es imposible dar cumplimiento a ninguno de los puntos previstos en el apartado de técnicas de mantenimiento.

Ahora bien, analizando los resultados mejor evaluados nos encontramos las áreas de adiestramiento (81%) e integridad de datos (52%), en lo que respecta al adiestramiento la compañía genero al momento de la incorporación del programa las actividades necesarias para difundir y capacitar a todos los usuarios acorde a sus niveles de accesos, además de disponer de dos *focal point* encargados de dar respuesta a posibles problemas o dudas. En cuanto a la integridad de datos el sistema obtiene esta evaluación ya que en efecto permite incluir correctamente datos de tiempos y repuestos de cada actividad, aunque no permite realizar algún tipo de gestión con ellos.

1.5.4 Análisis de entrevistas

Es pertinente realizar una revisión de las entrevistas efectuadas ya que, se detecta tanto a través de los datos, como de las entrevistas, visiones dispares del funcionamiento del sistema, ya que a la pregunta “¿Considera usted la herramienta un software de mantenimiento?”, parte de los auditados indican que el sistema es propiamente un

software de mantenimiento que les permite gestionar las actividades de su unidad y en contraposición, otra parte de los auditados indican que el sistema es “simplemente una forma de transformar en digital lo que antes estaba en papel, pero no permite obtener ninguna gestión”. Otra pregunta efectuada corresponde a “¿Cree que es posible mejorar la herramienta acorde a sus necesidades?”, en la que nuevamente se presentaron respuestas opuestas por parte de los auditados, donde algunos indicaron que es totalmente posible y que ya se habían efectuado modificaciones solicitadas por ellos, como mejoras en el campo de incidencias, versus la visión de que no era posible generar cambios ya que la compañía no asumiría el costo de las modificaciones por lo que no era ni siquiera posible pensar en ellos.

De este análisis es posible concluir la existencia de una resistencia por una parte de los auditados al cambio, ya que no se visualiza la posibilidad de mejorar la herramienta, sino que solo se considera que es “algo malo”, sin embargo, como se indicó, esta es una herramienta factible de ser perfeccionada mediante indicaciones que pueden ser gestionadas por los *focal point* con los desarrolladores, visión que si tienen quienes indican que es un software de mantenimiento, que si bien para ellos presenta marcadas falencias, puede ser mejorado en base a las necesidad que les presenta el mantenimiento y la operación.

1.6 Evaluación del software e implementación

A raíz de los resultados obtenidos en la auditoría y la selección de las cuatro áreas peor evaluadas, es pertinente dividir la evaluación en busca de las falencias a mejorar en dos frentes, por un lado, el software como CMMS y por otro la implementación de este en la compañía.

1.6.1 Software

En cuanto al software es importante y crucial destacar que corresponde a un sistema que permite su mejora continua, en base a las necesidades del usuario, ya que los desarrolladores del producto están en constante contacto con los *focal point* designados, lo que permite realizar las acciones tendientes a su desarrollo, esto quiere decir que si se detecta una falencia es factible de ser corregida. Ya se han realizado acciones en este ámbito, generando solicitudes para la incorporación de diversos campos en las incidencias tales como la oportunidad de generar acotaciones por parte de los solicitantes de las incidencias (mantenimientos correctivos) si estos no están de acuerdo con las

soluciones planteadas por los ejecutores del mantenimiento, o si la incidencia no fue plenamente resuelta.

En cuanto a las falencias, se destaca el hecho que no es posible al momento generar diferencias en las incidencias o actuaciones, por lo cual no es factible discernir de forma sencilla si corresponde a actividades correctivas, preventivas o predictivas, lo cual impide el seguimiento de KPI claves para la gestión del mantenimiento. Dentro de las mismas incidencias o actividades tampoco permite asociar repuestos ni costos de forma automática, solo quedando indicado en un apartado de observaciones.

1.6.2 Implementación

La implementación del software se ha encontrado con resistencia en la organización, esto principalmente a la ausencia de un departamento o área de mantenimiento, ya que este se encuentra gestionado directamente por el área de operación de las plantas, se observa la inexistencia de políticas o estrategias claramente definidas. Esto se evidencia claramente en la adquisición del software, ya que no se encontró un proceso claro por el cual fue seleccionado, así como tampoco cuales fueron los criterios para esto.

En la misma línea una vez definida la aplicación del software no se establece de manera clara cuales son las reales expectativas con el sistema, como se mencionó en el apartado de entrevistas, no hay claridad entre los usuarios si poseen un software de mantenimiento o de *compliance*. Es por esta razón que el sistema se encuentra subutilizado, con unidades que sacan provecho buscando formas de mejorar su gestión a través de la información que pueden recabar y procesar el sistema, y sin embargo encontraremos por contraparte otras unidades que lo utilizan meramente por instrucción de la gerencia, sin encontrar real utilidad en él.

Adicional a esto no se aprovecha la funcionalidad del sistema que permite la interacción con otros sistemas de la compañía como es el ERP ya que en este programa se encuentran cargados y valorizados gran parte de los recursos utilizados por las unidades para su mantenimiento.

En cuanto a gestión de mantenimiento se trata, no están definidos los KPI necesarios para evaluar la misma, es por esto por lo que no es posible gestionar mejoras en el software que tengan la finalidad de visualizar estos KPI.

CAPÍTULO 2 PROPUESTAS DE MEJORA A LA IMPLEMENTACIÓN Y AL SOFTWARE

Este capítulo estará centrado en la propuesta de mejoras tanto al software como a su implementación en la compañía, utilizando como guía esencial libro Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012).

2.1 Metodología

Para definir las propuestas de mejora se toma como base los objetivos que debe cumplir un software de mantenimiento que se detallan en el punto 2.3.1, para realizar las mejoras que se requieren en el software y contar con datos con los cuales alimentarlo, se debe primero realizar una serie cambios en la organización y como está lleva a cabo el mantenimiento, es por esto que las mejoras se deben enfocar primero, a la creación de un departamento de mantención, cambio en la organización que generara nuevos métodos de realizar el mantenimiento y su gestión, de tal forma que permita generar cambios en el software y en su forma de capturar datos que por consiguiente, le permita cumplir con sus objetivos, finalmente en el último punto del capítulo se presenta grafica mediante la cual se relacionan las propuestas que se detallaran en los siguientes puntos

2.2 Propuestas de mejora con relación a la implementación

Las propuestas en cuanto a la implementación se refieren se dividen en dos secciones la organización y el mantenimiento como tal, las cuales se desarrollan a continuación

2.2.1 Organización

Por organización nos referimos a la compañía en sí, generándose dos alternativas de mejora que se complementan, una es la formación de un área de mantenimiento y las otra es la gestión del cambio.

2.2.1.1 Departamento o área de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente la compañía no cuenta con un departamento o área de mantenimiento dedicada a las plantas, por tanto, la primera propuesta que, si bien puede parecer ambiciosa, es contar con un departamento encargado del mantenimiento, que coordine las tareas y gestione los procesos de mantenimiento.

El formar este departamento permitirá generar políticas y estrategias claras de mantenimiento y alinearlas con los objetivos de venta de la compañía, este evento permitirá unificar criterios y será un facilitador de los procesos de cambio.

La propuesta implica generar cargos que al momento no existen en la compañía, tales como un jefe de mantenimiento, que supervise las actividades de mantenimiento para todas las unidades y defina en conjunto con el encargado de depósitos de la compañía las políticas y luego con estas generar las estrategias de mantenimiento, jerárquicamente el jefe de mantenimiento se encontrara bajo el mando del jefe de depósitos y a la par con los jefes de planta, se deberá contar también con un planificador de mantenimiento igualmente encargado de todas las unidades y bajo el mando del jefe de mantenimiento, su función comprenderá la programación de los mantenimientos preventivos y que estos cumplan con los estándares y los tiempos requeridos por el aspecto normativo y legal que rigen a las unidades. Finalmente se deberá incorporar un analista de mantenimiento encargado de gestionar y proveer los recursos necesarios para las actividades, esto comprende mantener los inventarios de repuesto y gestionar los desplazamientos de estos entre las unidades acorde a la planificación del mantenimiento, así también deberá realizar control sobre las empresas contratistas que prestan servicios verificando los costos y el cumplimiento de plazos.

Esto permitirá mejorar los dos puntos más débiles encontrados en la auditoria, el presupuesto y control de costos junto a la gestión de materiales y repuestos.

El contar con estos nuevos puestos permitirá como se verá más adelante impulsar la implementación de un modelo de gestión del mantenimiento.

2.2.1.2 Gestión del cambio

En general en el área de operaciones, a la cual pertenecen las unidades, cada vez que se realiza un cambio importante los usuarios finales que se ven afectados por modificaciones, no son del todo considerados ni se analiza de forma correcta los diversos contextos operacionales, lo que deriva en importantes resistencias a estos cambios, por tanto es pertinente indicar que este es un aspecto crítico a mejorar, el crear una visión para el cambio, involucrar a los usuarios en el proceso, generar espacios en

que las ideas que puedan surgir desde las distintas áreas sean consideradas, y asegurar que las personas que aportan ideas sientan que sus contribuciones son valoradas, serán aspectos importantes a considerar.

Hasta el momento la implementación de modificaciones o mejoras han generado la impresión en las personas que son meramente impuestos y no se logra por parte de estos visualizar los beneficios que tiene aparejado el cambio.

Es a raíz de lo descrito es que el nuevo personal que se propone incorporar deberá estar preparado para afrontar el desafío adicional de realizar la gestión del cambio, principalmente creando una visión para el cambio y anclando el cambio en la cultura de la empresa.

Una de las herramientas más conocidas en este ámbito es el modelo de 8 pasos de John Kotter que se aprecian en la figura 3, entre sus ventajas destaca el ser un modelo de fácil adaptación a distintos ambientes empresariales, no es complejo, por lo que no se requiere de expertos en su implementación y es un método probado en sus más de 25 años.



Figura 3 "Modelo 8 pasos John Kotter"
Fuente "Elaboración propia en base a búsqueda en la web acerca de los 8 pasos de John Kotter"

2.2.2 Mantenimiento

Una vez tomada la decisión y creada el área de mantenimiento el siguiente paso corresponderá a la definición de las estrategias de mantenimiento y de forma ideal la implementación de un modelo de gestión del mantenimiento.

Esta labor deberá ser guiada por el jefe de mantenimiento en coordinación tanto con supervisores de operaciones como con los mantenedores ya sean estos propios como externos teniendo presente la gestión del cambio.

2.2.2.1 Definición de estrategias de mantenimiento.

Dada la forma en que se desarrolla el mantenimiento en la compañía es de vital importancia que el nuevo departamento de mantenimiento establezca las estrategias de mantenimiento que sean unificadas a todas las plantas de la empresa, esto es prioritario para mejorar la utilización del software y el provecho que se pueda obtener de este.

Esto ya que la definición de las estrategias de mantenimiento permitirá por ejemplo determinar indicadores claves para evaluar el rendimiento de las instalaciones.

La implementación de las estrategias permitirá a un nivel táctico y operativo determinar por ejemplo una correcta asignación de recursos y asegurar que las actividades de mantenimiento se completen de forma adecuada.

La imagen 4 muestra el proceso de definición de una estrategia para mantenimiento, utilizando métodos estándar de planificación estratégica (Parra Márquez & Crespo Márquez, 2012)

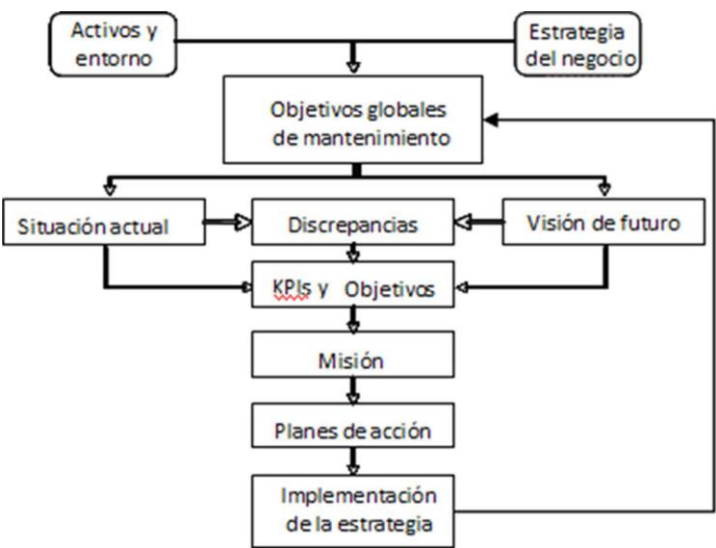


Figura 4 "Modelo para la definición de estrategias (Crespo, 2007)"
Fuente "Apuntes clases ingeniería de mantenimiento"

2.2.2.2 Modelo de gestión de mantenimiento.

En relación a lo anterior y dado que la organización pudiese transformarse en tierra fértil para un cambio importante en relación al mantenimiento y es que se presenta una buena oportunidad para adoptar o tener de guía el modelo de gestión de mantenimiento propuesto por Crespo que se muestra en la imagen 5, se presenta este modelo de gestión de mantenimiento de activos de encamina al cumplimiento de los requisitos de la norma PAS 55 – 2008 (López Campos Mónica A., 2011) de gestión de activos físicos, si bien esta norma no se encuentra vigente, fue utilizada de base para la actual norma ISO 55000.



Figura 5 "Modelo del proceso de gestión del mantenimiento MGM (Crespo, 2007)"
Fuente "Apuntes clases ingeniería de mantenimiento"

En cuanto a la implementación de este modelo de gestión las tres primeras partes deberán arrancar de cero en conjunto con la creación del área de mantenimiento, y tener una mirada global de compañía, ya que, si bien existen esfuerzos locales por generar tareas jerarquización o definición de equipos críticos, no han logrado prosperar más allá de un “experimento”

En cuanto a los planes de mantenimiento, nos encontramos a que muchos de ellos estarán supeditados al cumplimiento legal de la normativa chilena y/o a normativas internacionales tales como los estándares API.

La fase 6 es crítica para ayudar a un buen desempeño del software y también deberá arrancar prácticamente de cero, esto ya que si bien en la compañía existen

indicadores de mantenimiento no están correctamente diseñados ni se tiene claridad de su función.

2.3 Propuestas de mejora con relación al software

Se deberán tomar en consideración los puntos de la auditoria en que fue peor evaluado el sistema y de esa forma plantear las mejoras al software, en complemento con lo propuesto anteriormente, ya que como se podrá visualizar, si no se desarrolla lo propuesto en el módulo 2.2 será bastante difícil que las mejoras que se propongan al software generen reales beneficios o sean aceptadas por la organización.

2.3.1 Objetivos de los sistemas de información para el mantenimiento

Para realizar propuestas de mejoras se debe conocer los objetivos que debe cumplir un software de mantenimiento. Los objetivos son los siguientes:

- Deben ayudar a la programación de tareas de mantenimiento y a planificar los recursos necesarios para la ejecución de mantenimiento
- Facilitar la mejor utilización posible de los recursos, gestionando su configuración y estado en todo momento
- Optimizar y priorizar en base a históricos y a riesgo las actividades del mantenimiento.

Para alcanzar estos objetivos, es fundamental disponer de una amplia gama de información dentro del software, que abarque recursos como repuestos, materiales y equipos, así como los tiempos y la utilización de recursos en cada tarea de mantenimiento. Por esta razón, es necesario proponer mejoras que se centren en fortalecer y ampliar los módulos de bodega/inventarios y de órdenes de trabajo en el software, facilitando así la captura y el manejo eficiente de la información.

En general observaremos como los principales softwares de mantenimiento abordan los objetivos descritos, es así como SAP o Fracttal cuentan con fuertes módulos de gestión de las ordenes de trabajo, que permiten controlar tiempos y costos por cada actividad, además de permitir la planificación a largo plazo de las actividades, así es como también cuentan con módulos dedicados a la administración de bodegas e inventarios que permiten asociar partes y refacciones a cada actividad de mantenimiento, como se puede apreciar en la figura 6, donde se observan las características del módulo

de almacenes e inventarios de Fractal, en la figura 7 se observa los módulos del software e-maint en el que destacan las ordenes de trabajo y la gestión de inventarios, es por este motivo que las propuestas de mejoras al software objeto de este análisis tomaran este rumbo.



Figura 6 "Módulo almacenes e inventarios Fractal"
Fuente "<https://www.fractal.com/es/almacenes-y-materiales>"

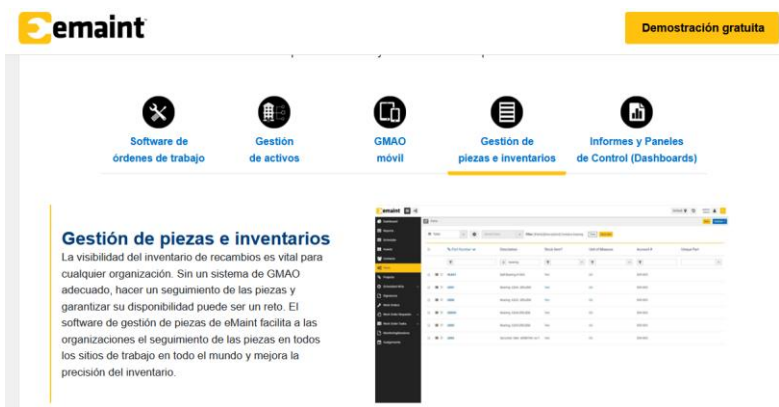


Figura 7"E- maint gestión de piezas"
Fuente "<https://www.emaint.com/es/what-is-a-cmms/spare-parts-inventory-management-software/>"

2.3.2 Módulo de bodega o inventarios

Uno de los principales cambios a los que se debe someter el sistema es la incorporación de un módulo que permita contar con la información de repuestos necesarios para cada mantenimiento, esto se puede lograr en dos partes, la solicitud a los desarrolladores de un módulo tipo bodega o inventario y en segundo término la interconexión de este con el ERP de la empresa, ya que en este ERP es donde está cargada la valorización de cada elemento, de la misma forma y puede ser en este mismo

módulo, dado que la compañía cuenta con una gran cantidad de servicios contratistas, se debe reunir y nuevamente valorizar estos servicios en cuanto a los costos fijos de estos servicios, todo con la finalidad de mejorar los resultados obtenidos en el punto 4 y 6 de la auditoria, lo cual es crucial para mejorar el puntaje general obtenido por el software ya que en ambos casos se obtuvo el puntaje mínimo posible.

En algunas unidades de la compañía se ha tratado de implementar un sistema de codificación de repuestos y equipos, identificándolos con un código QR, esto será muy práctico extenderlo a toda la compañía ya que al crear este módulo de bodega podemos cargar los repuestos y/o componentes en el sistema, asociarlos a este código QR y tener toda la información disponible.

Será pertinente que este módulo de bodega permita contar con información independiente de cada unidad, así como generar una bodega general de la compañía, esto con el fin de que cualquier encargado de mantenimiento pueda acceder a la información de la ubicación de las existencias, de tal forma que en la eventualidad de requerir un componente que se encuentre en otra unidad, sea factible mediante el mismo software realizar la solicitud y por consiguiente él envió del ítem requerido.

Así mismo el sistema deberá contar con un sistema de alerta que permita contar de manera oportuna cuando un repuesto o parte alcance un stock crítico que deberá ser definido por el are respectiva, permitiendo por tanto la reposición oportuna. Este punto se encuentra directamente relacionado con las preguntas 29 y 32 de la auditoria, las cuales obtuvieron puntaje mínimo.

Finalmente, el módulo deberá permitir la emisión de reportes con respecto a los movimientos y existencias, tanto en unidades como valorizado, a fin de llevar un control exhaustivo de la bodega.

La creación de este módulo de bodega en el sistema deberá también ir aparejado de un trabajo en las bodegas físicas, generando un inventario adecuado de los materiales y repuestos que posee la compañía, así como su ubicación.

2.3.3 Mejoramiento módulo incidencias u ordenes de trabajo

El primer problema que se visualiza con el ingreso de las ordenes de trabajo es justamente su nombre, ya que en el software estas son llamadas incidencias (figura 8), y esta, al no ser una palabra comúnmente utilizada genera confusión. Es por esto por lo que se propone el cambio definitivo a ordenes de trabajo (OT), el cual es utilizado de forma universal.

► Incidencia

Fecha - Hora: 12/10/2023 - 09:09

(*) Instalación
Seleccionar

Tipo de Incidencia:
Seleccionar

(*) Estado
Seleccionar

(*) Área Responsable:
Seleccionar

Severidad
Seleccionar

Prioridad
Seleccionar

Fecha Estimada de Resolución:

Leve

Moderado

Grave

Medidas Correctivas

Figura 8 “Incidencia”
Fuente “Captura imagen aplicación en Tablet de software Geins”

En un segundo punto y teniendo presente la forma en que actualmente se genera el mantenimiento, deben existir tres formas de ingresar las ordenes de trabajo, OT correctiva, OT preventiva y OT por inspección. En las OT preventivas podremos diferenciar por dos tipos, ya sea por tiempo o por condición.

Ahora bien, ya en el aspecto del ingreso de datos el principal problema que se aprecia es el apartado de los tiempos, en la pregunta número 6 de la auditoria se obtuvo la calificación más baja, y esto es simplemente porque se ingresa un tiempo de inicio y un tiempo de cierre, pero sin embargo estos datos no están contextualizados. No existe al momento diferencia si corresponden a tiempos efectivos de ejecución, tiempos de espera, o tiempos de traslado y por tanto es pertinente que el sistema cuente con la opción de ingresar de manera independiente cada uno de estos tiempos. Con esto podremos adicionalmente controlar de manera eficiente las horas de trabajo empleadas por quien ejecuta los mantenimientos, lo cual cobra especial importancia cuando se trata de personal externo.

Asociado al punto 2.2.1 el contar con el módulo de bodega el cual deberá estar integrado con el módulo de OT, nos permitirá asociar de manera correcta repuestos e insumos a las OT generadas, ya sean estas correctivas o preventivas, en el caso de estas últimas apoyadas por los códigos QR anteriormente mencionados, que permitirán de manera rápida asociar el elemento. El contar con la integración de los módulos permitirá

mejorar la puntuación obtenida en el apartado 4 de la auditoria ya que, al contar con el detalle de los costos en las OT, al cargar automáticamente repuestos e insumos se podrá responder con una calificación más alta a la pregunta 16, 18 y 20.

La mejora sustancial en las OT que se ha mencionado permitirá contar con una mayor cantidad de datos en el sistema, lo que dará paso a la siguiente acción de mejora.

2.3.4 Bases de datos y control.

Con los nuevos datos ingresados ya sea en el módulo de bodega como el nuevo formato de OT, se contará con una cantidad importante de nueva información que permitirá construir bases de datos y con estas realizar control y gestión del mantenimiento, si bien el software cuenta con un cuadro de mandos y emisión de reportes, al momento estos son básicos y no han sido correctamente aprovechados.

Las bases de datos deberán ser construidas de tal forma que permitan que la información que contengan sea fácilmente enlazada con otros softwares de la compañía como se verá en el siguiente punto

Se debe considerar que el software ya cuenta con un BSC o panel de control, pero este debe ser actualizado de tal forma que refleje los nuevos indicadores que serán generados al momento de implementar el modelo de gestión de mantenimiento.

Se debe considerar en la construcción que el *“tablero de control es el instrumento ideal para evaluar los índices de gestión”* (Pistarelli, 2010)

2.3.5 Integración con ERP

Los desarrolladores del software ofrecen la oportunidad de integrar el sistema con cualquier ERP que posea la empresa, esto hasta el momento no es utilizado, por lo que se recomendara el llevar una integración con el ERP de la compañía, esto con la finalidad de extraer información con respecto a costos de materiales y repuestos que ya están cargados en este sistema.

Por lo demás el área de tecnología de la información de la compañía tiene gran experiencia en la integración del ERP con otras plataformas, ya sean de uso propio como es el caso de XPERTAS, que corresponde el software utilizado para controlar el carguío de las mesas, como con sistemas de otras empresas, como es el caso de SAP utilizado por la competencia en plantas que son operadas por ella.

La integración deberá permitir un correcto control de costos e inventarios, permitiendo realizar el cruce de la información entre el software de mantenimiento y la contabilidad de la compañía

2.3.6 Indicadores o KPI

Para evaluar el rendimiento del sistema se utilizarán indicadores de rendimiento de los sistemas de soporte, estos se encuentran establecidos en el capítulo 12 número 7 del libro con el cual se ha guiado este capítulo, estos serán utilizados en el próximo capítulo de esta tesis para evaluar las propuestas realizadas.

Los indicadores que serán utilizados son los siguientes:

- Indicadores de ordenes de trabajo
- Indicadores de sistemas de fiabilidad
- Indicadores de sistemas de monitorización

Adicional a los descritos se utilizarán indicadores para evaluar el avance de las mejoras en cuanto al mantenimiento, tales como los descritos por Pistarelli en su manual de mantenimiento (Pistarelli, 2010)

- Optimización de estrategias de mantenimiento

$$G_{optimización} = \frac{\Sigma \text{ Activos optimizados}}{\Sigma \text{ Activos a optimizar}}$$

Una variante de este indicador, que nos permite evaluar la labor del planificador en las primeras etapas corresponderá a la cantidad de equipos con plan de mantenimiento vs cantidad de equipos sin plan de mantenimiento cargados en el software, así también se podrá evaluar al analista, con la cantidad de repuestos cargados y codificados en el sistema vs los repuestos sin codificar.

2.4 Diagrama de interacción de mejoras.

La figura 9 que a continuación se presenta entrega una visión grafica de cómo se relacionan las propuestas descritas a lo largo del presente capítulo, además de una comparativa entre el escenario actual y el propuesto.

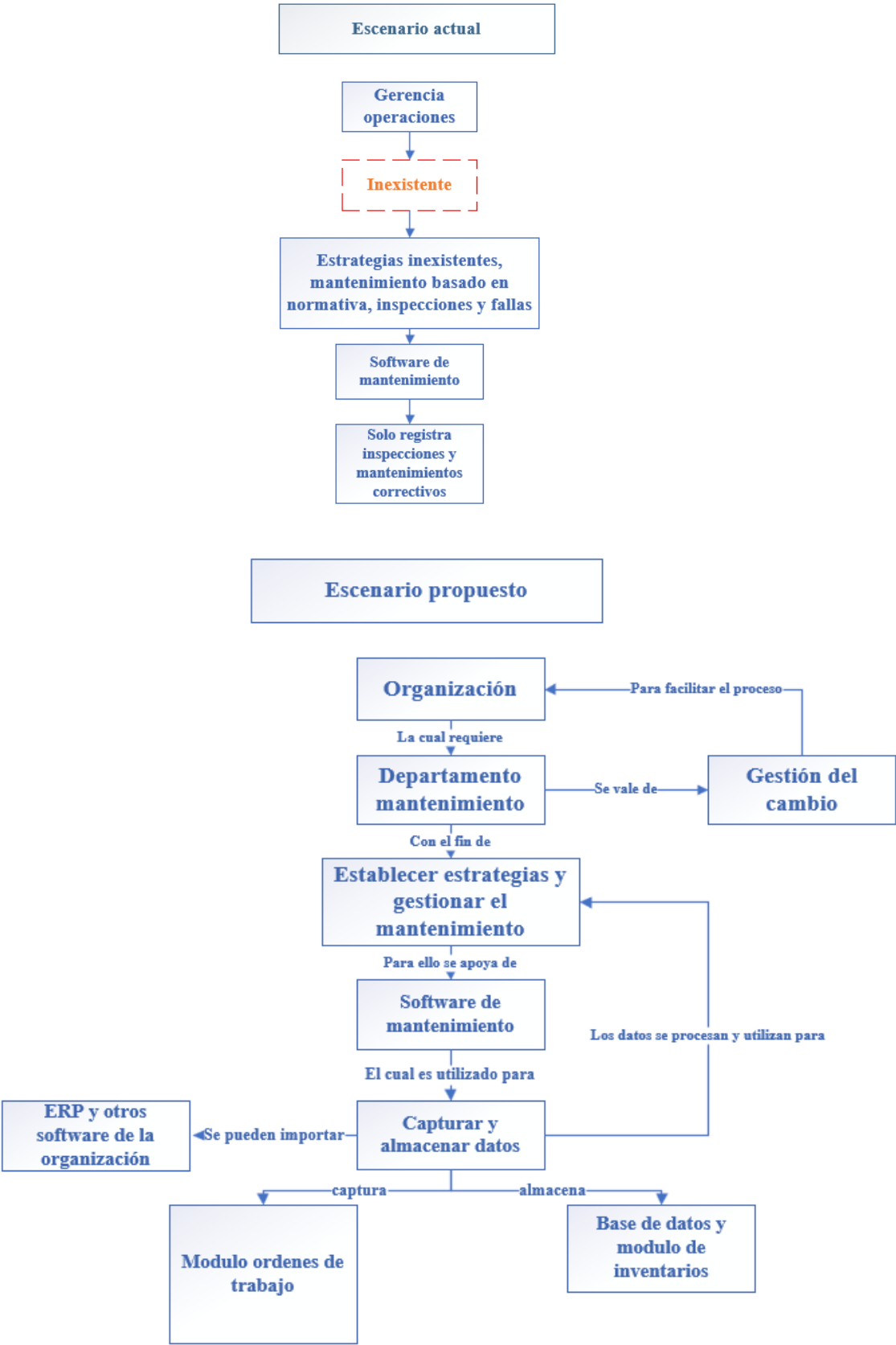


Figura 9 "Correlación de propuestas de mejora"
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

3.1 Factibilidad departamento de mantención

Como se mencionó en la primera propuesta de mejora, se debe formar un departamento de mantenimiento dentro de la gerencia de operaciones, lo cual implicara la creación de 3 cargos inexistentes en la compañía, a continuación, en la figura 10, se presenta el orden jerárquico dentro de la compañía que deberán asumir, en verde se destacan las nuevas posiciones.

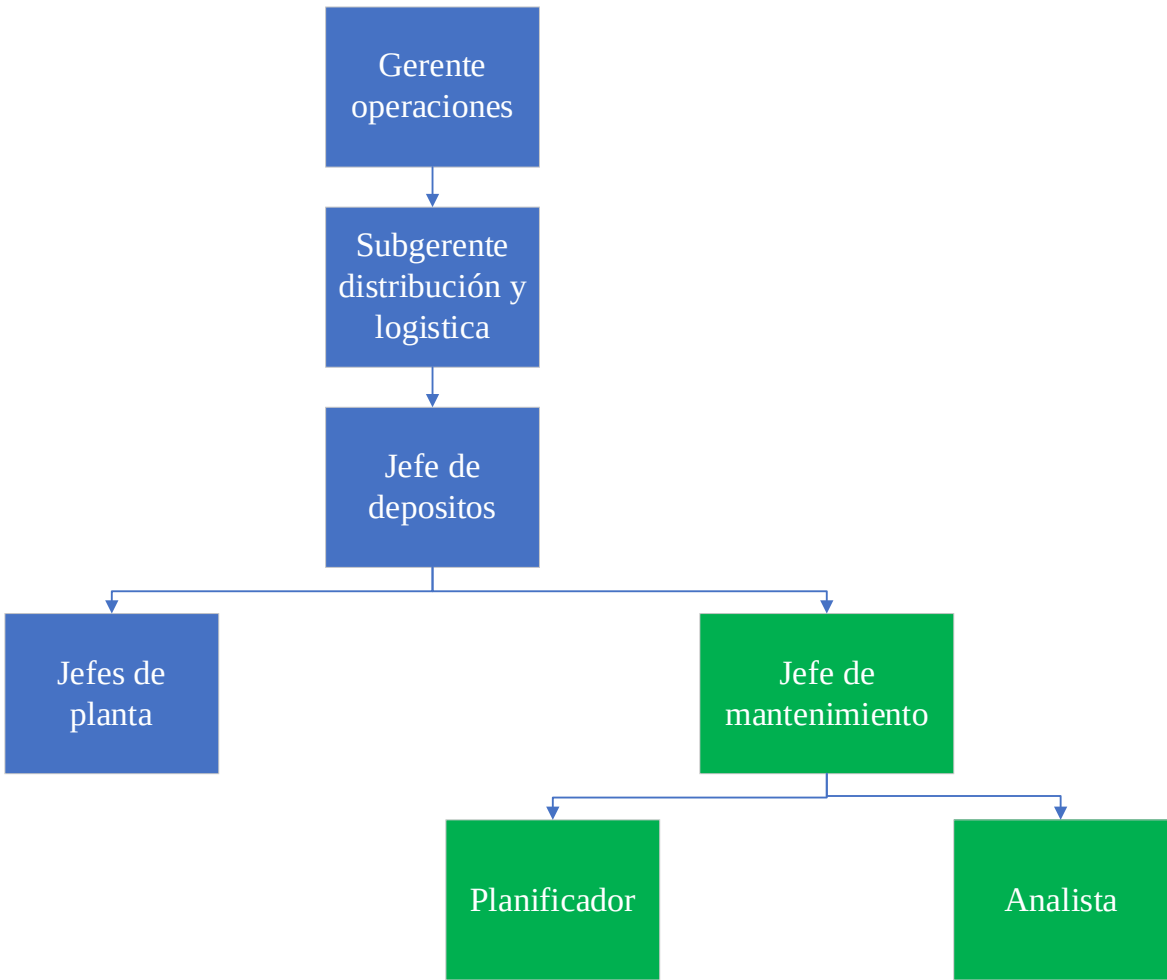


Figura 10 " Línea Jerárquica propuesta"
Fuente: Elaboración propia

Los costos de estas nuevas incorporaciones se deberán asumir de forma parcializada por cada una de las plantas, de la misma forma en que hoy se cargan a cada centro de costos el importe asociado al software de mantenimiento.

El nuevo jefe de mantenimiento deberá tener comunicación activa con todos los jefes de planta, a fin de conocer el estado y las necesidades de cada unidad, de la misma manera deberá comunicar de forma eficiente y proactiva las necesidades de mejoras con su jefatura directa de forma que estas sean recibidas de buena manera por sus superiores.

3.1.1 creación de perfiles de cargo

A continuación, se describirán los perfiles de los tres nuevos cargos y los requisitos que deberán cumplir los nuevos colaboradores.

Jefe de mantenimiento

En resumen, este nuevo cargo deberá estar enfocado en la creación del departamento de mantenimiento, la generación de las estrategias de este, por lo que deberá contar con experiencia en la generación de estrategias y planes de mantenimiento, necesitará contar con habilidades de comunicación y gestión de equipos, de forma de liderar de manera efectiva los cambios que sean requeridos.

Las responsabilidades principales se detallan a continuación

- Liderar el nuevo departamento y generar estrategias y planes de mantenimiento
- Generar y vigilar ejecución de presupuestos
- Liderar procesos de jerarquización de activos tanto de manera local, es decir en cada planta como de manera global (nivel compañía)
- Definir procesos para el análisis de fallas y su correspondiente reportabilidad
- Evaluar cambios y mejoras al software de mantenimiento
- Liderar la gestión del cambio, implementar procesos de mejora continua.

Requisitos para el cargo

- Ingeniero civil preferentemente mecánico o afines
- Experiencia comprobable liderando equipos e idealmente en la formación de departamentos de mantenimiento
- Habilidades en el control de presupuestos y creación de los mismo
- Capacidades de comunicación y formación de equipos.

Planificador

El planificador será el responsable de planificar las tareas de mantenimiento y generar los requerimientos de insumos y HH (horas hombre) para el cumplimiento de estos, teniendo comunicación efectiva ya sea con su superior, como con el analista de mantenimiento, así también con las empresas contratistas que se puedan requerir para la ejecución del trabajo, dada la naturaleza de las plantas deberá tener conocimientos en los aspectos legales que afectan o regulan la ejecución del mantenimiento.

Responsabilidades principales

- Planificar y gestionar las diversas tareas de mantenimiento
- Asegurar y/o generar requerimientos con la finalidad de contar con los recursos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento.
- Coordinar actividades con empresas contratistas
- Asegurar el cumplimiento de los requerimientos legales de mantenimiento en base principalmente al decreto supremo 160.
- Control del cumplimiento del mantenimiento.
- Velar por el correcto ingreso de información y documentos al software de mantenimiento

Requisitos para el cargo

- Título de ingeniero en mecánica o mantenimiento o afines.
- Habilidades de comunicación efectiva tanto con equipos propios como con externos.
- Conocimientos en software de mantenimiento
- Capacidad para reconocer oportunidades de mejora.

Analista de mantenimiento

El analista de mantenimiento deberá garantizar el stock de repuestos y materiales en bodega, así como gestionar las mejores oportunidades de compra considerando la relación precio calidad, así mismo deberá cotizar y obtener los mejores valores en las ordenes de compras de servicios de empresas contratistas, tendrá íntima relación con el trabajo del planificador a fin de cumplir con los requisitos que este genere para las respectivas mantenciones.

Responsabilidades.

- Controlar el stock de repuestos e insumos en bodegas

- Correcto ingreso de materiales a software de mantenimiento.
- Revisión de costos de materiales y servicios.
- Ejecución de presupuesto asignado.
- Comunicación con planificador
- Detectar oportunidades de mejoras en procesos y software.

Requisitos para el cargo.

- Ingeniero de ejecución en mecánica, mantenimiento o afines
- Conocimientos en software de mantenimiento
- Experiencia en compras y negociación con proveedores
- Conocimientos en gestión de inventarios y bodegas
- Capacidades de comunicación y detección de oportunidades de mejoras

3.1.2 Capacitación de los nuevos cargos

Se deberá generar un proceso de capacitación a estos nuevos cargos, tanto en la parte organizacional, es decir en el conocimiento de las plantas y la forma de trabajo de la compañía, como en el uso de los softwares de la compañía que aplican a estos casos, los cuales corresponden al erp JD EDWARS y GEINS.

3.1.3 Costos de los nuevos ingresos.

La contratación de nuevo personal traerá aparejado un aumento de costos, tanto en remuneraciones, como en equipamiento y entrenamiento, además se considerará un vehículo (camioneta) para uso del departamento, adicionalmente a este se debe contar con presupuesto para traslado del personal a regiones en caso de ser requerido, dada la distribución de las plantas a lo largo de todo Chile. En la siguiente tabla se describen los valores mensuales asociados.

Ítem	Valor
Jefe de mantenimiento	\$ 2.500.000
Planificador	\$ 1.500.000
Analista	\$ 1.500.000
Vehículo y traslados	\$ 1.000.000

Tabla 5 “Valores asociados a departamento de mantención”
Fuente: Elaboración propia

Los valores expuestos en la tabla se deben considerar como valores brutos y aproximados en base a puestos similares dentro de la compañía.

3.2 Gestión del cambio

En cuanto a la factibilidad de incorporar un proceso de la gestión del cambio, a nivel compañía este proceso inicio con una charla abierta impartida por un profesor de la Universidad Católica, esta charla fue impartida el día 4 de octubre del año 2023.

Esto indica que a nivel gerencial se está abierto a la opción de incorporar este elemento en las prácticas habituales, debido a la gran cantidad de cambios tanto de procesos como tecnológicos que están ocurriendo dentro de la empresa.

Sera factible entonces gestionar una asesoría que permita en específico dentro de la gerencia de operaciones, implementar el modelo propuesto de gestión del cambio, buscando orientar el modelo al área de mantenimiento, permitiendo de esta manera adaptar de mejor manera y preparando a los niveles superiores de la gerencia a los nuevos procesos propuestos.

3.3 Mantenimiento, implementación de estrategias

Una vez formado el nuevo departamento de mantenimiento será labor de este, en manos del jefe de mantenimiento generar las nuevas estrategias y planes de mantenimiento, en aras de que sean generadas con la más alta calidad posible y evaluando los conocimientos que posea, se podrá evaluar contratar un curso o capacitación que le permita adquirir los conocimientos en base al modelo propuesto por Parra y Crespo.

Ingeman provee dichos cursos de manera online, permitiendo tomar la capacitación por módulos, por ende, los costos no serán elevados y permitirá adaptar el modelo de la forma más eficiente posible.

Una vez realizado el curso, será necesario que el jefe de mantenimiento realice en conjunto con su equipo, una evaluación en profundidad del estado y condición del proceso de mantenimiento, evaluando cada unidad por separado, para luego generar informe que, de piso a las mejoras necesarias, a fin de que la gerencia comprenda la necesidad de la implantación de las nuevas estrategias.

Así mismo, deberá evaluar el software con el que se cuenta, encontrar las oportunidades de mejora que puedan existir y aplicarlas, en lo que sigue de tesis se presentas evaluaciones de mejoras propuestas.

También se encontrará dentro de sus labores iniciales, la revisión de bodega y sus inventarios, los cuales se encuentran distribuidos en las plantas, esto entregara la opción de estandarizar repuestos y generar propuestas tendientes al ahorro de costes, buscando alternativas de proveedores.

Como se mencionó, será labor del jefe de mantenimiento la generación de los planes de mantenimiento de las unidades, estos deben ser individuales para cada instalación atendiendo los diversos contextos operacionales que poseen, ya sean estos por la ubicación o por el flujo de trabajo que poseen, sin embargo, es factible generar una base mínima y común a todas las unidades atendiendo el cumplimiento de la normativa vigente, el decreto que rige en materia de seguridad las instalaciones de combustible en Chile es el decreto supremo 160, el cual en su título 5 se refiere en específico a las instalaciones de almacenamiento y distribución.

Es factible también considerar y tomar como modelo el plan de mantenimiento, vigilancia e inspección de la planta greda alta, el cual deberá ser mejorado, pero se puede considerar un buen punto de partida.

Otras normas para considerar en la confección de los planes de mantenimiento son las normas API, dentro de estas el manual de normas de medición del petróleo MPSM por sus siglas en inglés, deberá ser considerado ya que es crítica la actividad de medición y calibración de los instrumentos que controlan los volúmenes que ingresan y se despachan por las unidades.

3.4 Evaluación propuestas modificación software

En este apartado es necesario recalcar que el software opera bajo la modalidad de “*software as a service*”, funcionando mediante una aplicación móvil y un formato web office y este es factible de ser modificado en relación con las solicitudes del cliente.

Los valores involucrados en cada cambio dependerán de la naturaleza de la modificación, es decir, de la complejidad que implique la modificación del programa y la coordinación entre el responsable por parte de la compañía y los representantes del programa, a saber, es de suma importancia que el responsable por parte de la compañía tenga plena claridad de la forma, la profundidad y complejidad de su necesidad a fin de al solicitar la modificación resulte comprensible para los programadores.

En modificaciones anteriormente solicitadas y ejecutadas fueron estos puntos los más complejos ya que, fue necesario de prueba y error para llegar al resultado esperado, para ejemplificar este punto, una de las últimas modificaciones solicitadas requería incorporar mayor información al módulo de incidencias, algo en apariencia sencillo,

pero dado la poca comunicación efectiva entre el solicitante y los representantes del software, esto requirió de varias reuniones y más de 50 horas de programación.

En cuanto a costo, estas modificaciones han bordeado un valor de 60 dólares por hora de programación, ahora bien, este valor resulta de lo complejo de la comunicación entre las partes, por tanto, se podrá asumir que una vez incorporado los nuevos cargos, estos podrán evaluar y considerar de manera mucho más eficiente las modificaciones que el software requiere, logrando con esto que las modificaciones se ejecuten de manera más rápida y con la consiguiente opción de negociar los costos de hora de programación en base al propio conocimiento que deberán tener en la materia.

3.4.1 Ordenes de trabajo, inventario y base de datos

Estos tres ítems deberán ser analizados de manera conjunta, ya que están íntimamente ligados, en primer lugar el jefe de mantención deberá decidir si utilizar la base de datos de inventario existente en JDE y mejorarla (la compañía ya cuenta con personal dedicado a modificaciones de este sistema) o crear una nueva base de datos de inventario en GEINS, con los consiguientes costes de programación descritos en el punto anterior, en caso de ser esta última la decisión se debe realizar previamente un trabajo de campo para identificar todos los tipos de materiales, insumos y HH requerida, además de los centros de costos a los cuales se asocian cada una de forma que al solicitar la base de datos esta considere todos los ítems que sean requeridos, con la finalidad de no requerir posteriormente modificaciones extensas a la recién creada base de datos de inventarios.

Posteriormente se deberá definir un nuevo formato para las ordenes de trabajo, se podrán tomar en consideración y modo de ejemplo softwares ya existentes, como FRACTTAL, ya que se considera que este formato es más amigable y parecido al sistema existente en GEINS, pudiese también considerarse SAP, pero este resulta mucho más complejo y distinto en sus formas de generar y visualizar las ordenes de trabajo, por lo que resultaría mucho más costoso y laborioso llegar a algo de este formato.

La modificación de las ordenes de trabajo resultara mucho más sencillo de programar que la base de datos de inventarios ya que corresponde a una modificación de lo ya existente en el sistema.

Finalmente se creará la base de datos que agrupe la información proveniente desde las ordenes de trabajo, si bien el sistema cuenta con la generación de informes de las ordenes de trabajo, estos son muy básicos y no enlazan de forma correcta toda la información. Es por esto por lo que la nueva base de datos deberá contar con todos los campos necesarios a fin de que se enlace toda la información requerida y proveniente de

las OT, ya se está los tiempos de ejecución, el tipo de mantenimiento, los recursos utilizados, y los costos asociados cada orden trabajo.

Como se mencionó en el punto 2.1 todas estas modificaciones deben tener como norte cumplir con los objetivos de un software de mantenimiento, los cuales pueden ser encontrados en el punto 2.3.1

3.4.3 Costos asociados a modificaciones del software

Como se describió anteriormente el costo de hora de programación es variable, pero en base modificaciones ya realizadas al sistema este tiene un valor de aproximadamente 50 dólares, pero considerando lo extenso de las modificaciones será recomendable ejecutar estas modificaciones bajo otra modalidad, es decir gestionar con la empresa responsable del software un contrato por el proyecto en específico de las modificaciones, en busca de conseguir mejores condiciones económicas.

Se estima que se pudiese reducir entre un 10 y un 15% el coste de hora de programación en base a lo menos de 500 [h] de programación requeridas para ejecutar los cambios, esta estimación se realiza en base a anteriores modificaciones realizadas en el software a solicitud de algunas unidades.

3.4.4 Integración de software con ERP.

Corresponderá al jefe de mantenimiento gestionar las acciones necesarias tendiente a generar la integración del software con el ERP de la compañía, como se mencionó, ya existe un área de TI en la compañía dedicada al ERP que se encarga de realizar estas labores, por lo que se deberán tomar las acciones necesarias de coordinación para llevar a cabo la integración, será factible aprovechar los conocimientos de esta área en la integración del ERP con otros softwares que la compañía ha adquirido en el último tiempo.

Esta integración permitirá gestionar de mejor forma los costos del departamento, y su control por el área de auditoría y control interno.

Idealmente la integración se deberá ejecutar posterior a realizar las modificaciones consideradas en los puntos anteriores, de forma de reducir costos por modificaciones posteriores.

3.4.5 Evaluación de indicadores de rendimiento.

Finalmente, y como ultima evaluación al sistema, existirán los indicadores de rendimiento, como se mencionó en el punto final del capítulo anterior.

La implementación de estos indicadores deberá ser llevada a cabo una vez finalizados los cambios anteriormente propuestos, ya que será en este momento en que el software estará completo, en pleno rendimiento y así también el área de mantenimiento.

Será labor del tanto del planificador como del analista llevar el control sobre los indicadores de ordenes de trabajo y generar los informes y alertas necesarias a su supervisión, de tal manera de generar los cambios que pudiesen ser necesarios en tiempo y forma. En el caso del planificador llevara control de los indicadores referentes a tiempos de los diversos mantenimientos, así como de los indicadores de cobertura de estructura física, cobertura de almacenes y cobertura de planes de mantenimiento. En cuanto al analista será responsable llevar el control de los indicadores de registro de costos de mano de obra, materiales y contratación de servicios.

En cuanto a los indicadores, tanto de fiabilidad como de monitorización, serán deberán ser controlados directamente por el jefe de mantenimiento.

Finalmente, y como se mencionó en el punto 1.4 de este trabajo, el software fue implementado como solución a los requerimientos del área de auditoría, y serán estos indicadores los que permitirán entregar datos fidedignos y comprobables a dicha área.

3.4.6 Planificación de la implementación de las mejoras

Como se observa en la figura 9, las mejoras propuestas deben ser realizadas de forma secuencial en su gran mayoría, por lo que deberá iniciar por la incorporación de los nuevos cargos. Una vez tomada la decisión de iniciar el programa de mejoras corresponderá al jefe de depósitos solicitar a RRHH se de inicio a los respectivos concursos y llamados a los respectivos candidatos, estos una vez sorteen las pruebas estándar establecidas por la compañía (examen psicológico, entrevista con reclutador y examen preocupacional) deberán ser entrevistados por un jefe de planta a definir por el jefe de depósitos, este será el encargado de ser el último filtro y evaluar si los candidatos cumplen con las aptitudes inherentes al cargo, este proceso no deberá exceder de 2 meses a contar de la publicación de las vacantes

Una vez seleccionado y cubiertas las vacantes, será el jefe de mantenimiento el responsable de recabar antecedentes respecto al mantenimiento de cada unidad a fin de ser procesado en conjunto por el analista y el programador, esta tarea será una combinación de búsqueda en los softwares de la compañía y la visita a las plantas para

en el lugar rescatar los planes de mantenimiento de cada unidad, hasta el momento en control de los supervisores de operaciones de las plantas y ejecutados por mecánicos de planta o contratistas, estas visitas a su vez tendrán el propósito de conocer las unidades, interiorizarse en su funcionamiento y conocer en una primera instancia los diversos equipos que operan en cada unidad, este proceso no deberá tardar más de 1 mes.

Posterior a este paso el conjunto del nuevo departamento deberá trazar las estrategias de mantenimiento y adaptarlas a las necesidades de cada unidad, siempre teniendo en consideración la estrategia de negocio de la organización.

Deberá a su vez implementar los indicadores clave que le permitan determinar el rendimiento de las instalaciones y gestionar el mantenimiento, para esta tarea se presupuestan 2 meses.

En este periodo de tres meses, será tarea del jefe de mantenimiento, solicitando los recursos académicos que estime pertinente capacitarse y a su vez velar que el planificador y analista también lo hagan, en el modelo de gestión del cambio-esto independiente de otras acciones que se sigan a nivel gerencial en adoptar el modelo- de tal forma que puedan manejar la resistencia que se pueda producir a raíz de los cambios implementados, principalmente de quienes hasta este punto controlan el mantenimiento en las unidades.

Una vez finalizada esta etapa de establecimiento y definición se deberá proceder a la modificación del software, eliminando el formato de *focal point* existentes hasta el momento y encargando al jefe de mantención las coordinaciones con el proveedor del software, resaltando la importancia de cómo se mejora el ingreso de información, la cantidad y calidad de esta y a su vez como la extraemos y procesamos posteriormente de tal forma que el software se convierta en un apoyo a la gestión del mantenimiento.

Se establecerá un periodo de 6 meses para llevar a cabo las mejoras en el software, en un inicio enfocado en la mejora del módulo de OT en conjunto con la base de datos, con la finalidad de la mejora de la captura de datos, para luego avanzar sobre el módulo de inventarios y su enlace con el módulo de OT.

Finalmente, en la figura 11 se presenta un cronograma de implementación de las mejoras.

Cronograma implementación de mejoras

ACTIVIDAD	INICIO DEL PLAN	DURACIÓN DEL PLAN	PERIODOS										
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11
Contratacion Personal	1	2											
Evaluacion y vistas a plantas	3	1											
Capacitaciones y Analisis de Funcionamiento	3	3											
Definicion de estrategias	4	2											
Determinación de indicadores	4	2											
Mejoras en el software	6	6											

Figura 11 " Cronograma Implementación"
Fuente: Elaboración propia

3.4.7 Análisis de costos y beneficios

Dada la naturaleza del proyecto abordado no será posible medir los beneficios de forma cuantitativa, pero si se podrán pensar de forma cualitativa.

En cuanto a los costos en el punto 3.1.3 se abordaron para lo que concierne al nuevo departamento de mantención, lo que respecta a la programación de los nuevos requerimientos se abordó en el punto 3.4.3, fue requerida una cotización a la empresa a cargo del software no siendo posible obtenerla.

Se presenta a continuación un resumen de los costos asociados al nuevo proyecto.

Ítem	Valor anual bruto primer año
Jefe de mantenimiento	\$ 30.000.000
Planificador	\$ 18.000.000
Analista	\$ 18.000.000
Capacitaciones	\$ 6.000.000
Vehículo y traslados	\$ 12.000.000
Implementación de mejoras a software	\$ 22.500.000

Tabla 6"Costos asociados a proyecto primer año"
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al valor presentado en la implementación de las mejoras del software se considera un ahorro del 10 % en cuanto al valor hora de programación habitual.

Si bien no fue posible acceder al valor exacto del presupuesto de mantenimiento de las 4 unidades, este ronda los 3000 millones de pesos anuales (valor obtenido de acuerdo a consulta tanto a supervisores de operaciones de San Vicente y Maipú), por lo que los costos de este proyecto de mejora representaran un 3% de este presupuesto, la financiación de este proyecto de mejora no implicara un aumento del presupuesto asignado para mantenimiento de las unidades, si no que serán distribuidos al igual que en el caso del software, entre las cuatro unidades beneficiadas y se espera que este valor sea compensado por menores costos en intervenciones no programadas, así como en la obtención de repuestos y materiales a un precio menor, en la tabla 7 se visualiza como se distribuirán estos costos a lo largo del primer año. Para la confección de la tabla 7 se consideró un valor del dólar de 1000 pesos y los valores se encuentran en millones de pesos.

Ítem	Primer año											
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sueldos	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
Capacitaciones			2	2	2							
Vehículo/traslado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mejoras software						3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	
Total	6.5	6.5	8.5	8.5	8.5	10.25	10.25	10.25	10.25	10.25	10.25	6.5
Valor por unidad	1.62	1.62	2.12	2.12	2.12	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	1.62

Tabla 7" valores mensuales primer año"
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente entre los beneficios que no se pueden cuantificar monetariamente, se encuentra el acceso a la información de mantenimiento de manera centralizada, permitiendo como se ha dicho, la elaboración de indicadores de mantenimiento fiables para la compañía, además de permitir llevar un control más eficiente y rápido de los costos de mantenimiento.

También permitirá realizar seguimiento y llevar históricos de los equipos de las diversas unidades, evitando la tarea de recopilar información con supervisores o jefes de planta de cada unidad.

3.4.7 Conclusión

Aplicar una auditoría de software, con el fin de evaluar las deficiencias del software utilizado por la compañía, no sólo permite detectar los puntos débiles de este, sino también, detectar deficiencias en el proceso de gestión del mantenimiento, permite a su vez, enfocar los esfuerzos en modificaciones que generan cambios sustanciales en la organización, es por esto, que luego de aplicar la auditoría, se determina proponer cambios en dos frentes, uno en el software, y por otra parte en la organización.

La propuesta de mejora del software de mantenimiento, se presenta como una estrategia integral, para abordar las deficiencias detectadas con la aplicación de la auditoría de software, la creación de un departamento de mantenimiento, respaldado por perfiles de cargo claramente definidos, promete fortalecer la estructura organizativa, y mejorar la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento, las mejoras en la implementación, y el software de mantenimiento en sí mismo son un pilar fundamental que permite una gestión más efectiva de los recursos y de la información, para la toma de decisiones.

La consideración de la gestión del cambio evidencia la comprensión de la importancia de preparar a los colaboradores y niveles gerenciales, para la transición hacia el nuevo modelo. La capacitación propuesta para los nuevos cargos, y la posible integración de un modelo de gestión del cambio específico para el área de mantenimiento, reflejan una visión proactiva y estratégica.

La evaluación detallada de los costos asociados, tanto en la creación del departamento como en las modificaciones del software, demuestra un enfoque realista y planificado. La integración con el ERP de la compañía y la implementación de indicadores de rendimiento cierran el ciclo de mejora continua, permitiendo la medición objetiva de los resultados y la toma de decisiones informadas.

Finalmente, la propuesta no sólo aborda las deficiencias identificadas, sino que también, busca sentar las bases para una gestión de mantenimiento más eficiente, adaptativa, y alineada con los objetivos de la empresa. La conjunción de los tres capítulos ofrece, una visión holística que busca no sólo resolver problemas inmediatos, sino también, establecer un marco sólido para la evolución y optimización constante del sistema de mantenimiento.

Bibliografía

(s.f.). Obtenido de www.gestordemantenimiento.com

Carlos Parra M., P. V. (2022). *MODELOS DE AUDITORÍA PARA LA GESTIÓN DE ACTIVOS, MANTENIMIENTO Y PROCESOS DE CONFIABILIDAD. CASO DE ESTUDIO: SECTOR DE TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD.*

López Campos Mónica A., P. M. (2011). La Gestión de Activos y la Norma PAS 55. *xiii congreso de confiabilidad*. Zaragoza.

Parra Márquez, C., & Crespo Márquez, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos*. Sevilla: Ingeman .

Pistarelli, A. j. (2010). Manual de mantenimiento: ingeniería, gestión y organización., (pág. 649). Buenos Aires.

Anexo

En el presente anexo se presentan las preguntas que forman parte de la auditoría y los resultados obtenidos en cada una de ellas

CUESTIONARIO DE DIAGNOSTICO	
	EVALUACIÓN
1. INTEGRIDAD DE LOS DATOS (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 24 PUNTOS)	1-4
1. Introducen datos completos sobre: tipo, ubicación, posición, códigos y detalles técnicos de los Equipos	1,5
2. Registra el inventario de piezas de repuesto detallado de cada equipo	2,5
3. Registra información detallada sobre las actividades de mantenimiento PM/CM/SW ejecutadas (informes de ejecución)	2,5
4. Registra la información detallada de las fechas de inicio y finalización de las tareas de PM/CM/SW	4
5. Se asignan los datos específicos de piezas/refacciones para la ejecución del mantenimiento PM/CM/SW	1
6. Los datos de fallas (tiempos, modos y síntomas) se registran, codifican, capturan y generan bases de datos para ser analizados	1
Subtotal:	12,5
	EVALUACIÓN
2. ADIESTRAMIENTO Y FORMACIÓN (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 16 PUNTOS)	1-4
7. Proceso de formación inicial está orientado a todos los posibles usuarios del CMMS	3
8. Proceso de formación avanzado para el uso del CMMS a los usuarios de mantenimiento y almacén	3,5
9. Proceso de formación específico del uso del CMMS orientado para los usuarios de operaciones	3
10. Proceso de formación avanzado para los administradores del CMMS	3,5
Subtotal:	13
	EVALUACIÓN
3. CONTROL DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 20 PUNTOS)	1-4
11. Describen de forma detallada dentro del CMMS la descripción de la actividad del mantenimiento (paso a paso)	1
12. La creación y el flujo de la orden de trabajo de mantenimiento dentro del CMMS es manual, manual-automática o totalmente automatizada (por ejemplo, mejor caso: el operador puede crear una orden On-line, la orden va a mantenimiento en forma virtual, mantenimiento revisa el equipo, diagnóstica, resuelve el problema, entrega el equipo y se cierra la orden de trabajo de forma totalmente automática, sin registros en papel)	2,5
13. Se registra el detalle específico de las horas de trabajo de los ejecutores del mantenimiento	1,5
14. Se revisan y analizan las horas de trabajo de mantenimiento estimadas contra las horas reales de ejecución del mantenimiento	1
15. Se define un proceso de asignación prioridades de las órdenes de trabajo en base a la criticidad de los equipos: factores de seguridad, lucro cesante, costo de materiales, mano de obra, calidad, coste del tiempo de inactividad, etc.	1,5
Subtotal:	7,5
	EVALUACIÓN
4. PRESUPUESTOS Y CONTROL DE COSTOS (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 20 PUNTOS)	1-4
16. Se cargan en la orden de trabajo de forma detallada los costos por mano de obra, refacciones y se contabilicen a nivel de equipos	1
17. Se visualizan los presupuestos de mantenimiento y se le hace seguimiento a su ejecución a nivel de: área, proceso, sistema, equipos y componentes	1
18. Dentro del CMMS se calculan y analizan indicadores de costos de mantenimiento (costes de mantenimiento preventivo, costos de mantenimiento correctivo, preventivo vs correctivo, costos de mantenimiento vs coste de producción, etc.	1
19. Se definen los costos de Mantenimiento y reparaciones especiales (mantenimientos mayores, overhauls, modificaciones importantes, etc.) y se les hace seguimiento y análisis detallado	1
20. Se estiman los costos totales de mantenimiento en el ciclo de vida del activo, se utiliza esta información para tomar decisiones de sustitución o renovación de los equipos	1
Subtotal:	5

	EVALUACIÓN
5. PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 28 PUNTOS)	1-4
21. Se desarrolla y aplica dentro del CMMS un proceso documentado para la planificación y programación del mantenimiento PM/CM	2,5
22. Se documentan y registran las actividades de mantenimiento PM/CM, se controla y mide su eficiencia y se analizan y registran las mejoras de este tipo de mantenimiento	2
23. Se mide el tiempo de ejecución efectivo de las actividades de mantenimiento PM/CM, se analizan y documentan las mejoras obtenidas	1,5
24. El CMMS registra la información de las herramientas necesarias para la ejecución de las actividades de mantenimiento programadas	1
25. Está definido el proceso de soporte de repuestos dentro del CMMS y está disponible para el apoyar la planificación y la programación de las actividades de mantenimiento	1
26. Está definido en el CMMS el proceso de soporte de coordinación entre el mantenimiento y las operaciones en la fase de programación y ejecución del mantenimiento	1,5
27. Se registran los detalles de las reparaciones de emergencia, horas, costos de directos y costos por indisponibilidad, se da seguimiento y se analiza esta información para generar recomendaciones que ayuden a evitar estos mantenimientos de emergencia	1,5
Subtotal:	11

	EVALUACIÓN
6. GESTIÓN DE MATERIALES Y REPUESTOS (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 28 PUNTOS)	1-4
28. Está totalmente integrado el módulo de gestión de inventarios utilizado plenamente con el módulo de órdenes de trabajo PM/CM del CMMS	1
29. Están definidos los indicadores de máximos y mínimos y nivel de reposición dentro del CMMS y los mismos se estiman en función de las órdenes de trabajo PM/CM	1
30. Están definidos los Kits de partes de mantenimiento para las actividades de mantenimiento preventivo PM	1
31. Están definidos dentro del CMMS los de partes para los equipos de protección y seguridad	1
32. Están definidos dentro del CMMS los repuestos críticos (en función del factor Riesgo) y su nivel de stock mínimo	1
33. Están relacionados e integrados los catálogos de fallas de las órdenes de trabajo del CMMS con los repuestos del almacén	1
34. Está definida dentro del CMMS la información sobre la garantía de las principales refacciones de los equipos y está integrada con las órdenes de mantenimiento por garantía (PM / CM)	1
Subtotal:	7

	EVALUACIÓN
7. TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR TIEMPO (PM) Y PREDICTIVO (PDM) (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 24 PUNTOS)	1-4
35. Se utilizan indicadores de revisión continua de la eficiencia de PM / PDM y se relacionan con la criticidad de los equipos (cumplimiento de ejecución de PM/PDM, niveles de asertividad de los PDM, backlog por PM, etc.)	1
36. El CMMS mide el cumplimiento de la ejecución de los presupuestos de PM /PDM, se generan tendencias de gastos de mantenimiento	1
37. Se tienen cargados en el CMMS el detalle de la ejecución de las actividades PM / PDM	2
38. El CMMS proporciona información sobre las variables por condición y estatus de alarmas para los equipos que tienes definidas actividades de PDM	1
39. El CMMS proporciona los resultados de los indicadores de: MTBF, MTTR, las tendencias de falla, Costes por indisponibilidad	1
40. El CMMS proporciona información detallada de las tareas de PM / PDM, para que pueda ser utilizada como parte de la formación de los nuevos trabajadores de mantenimiento	1
Subtotal:	7

	EVALUACIÓN
8. INDICADORES DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 16 PUNTOS)	1-4
41. EL CMMS permite evaluar y diferenciar el tiempo de indisponibilidad (mantenibilidad) por mantenimientos correctivos, preventivos y por condición (tiempos fuera de servicio, los tiempos de reparación y los tiempos fuera de control)	1
42. El CMMS permite diferenciar entre los tiempos operativos (confiabilidad) por mantenimientos correctivos, preventivos y por condición	1
43. El CMMS integra los indicadores Mantenibilidad y Confiabilidad con los indicadores de costos por indisponibilidad por fallas (CIF)	1,5
44. El CMMS integra los indicadores técnicos con los indicadores financieros del negocio	1
Subtotal:	4,5

	EVALUACIÓN
9. OTROS USOS AL CMMS (MÁXIMA CALIFICACIÓN: 24 PUNTOS)	1-4
45. Los líderes de Mantenimiento utilizan el CMMS para gestionar el mantenimiento e integrarlo con los procesos fundamentales del negocio	2,5
46. El personal de operaciones y manufactura comprende la lógica básica del CMMS y recibe información e indicadores que lo ayuden a mejorar sus procesos	1
47. Los cambios de ingeniería relacionados con datos del equipo / activo, planos y especificaciones se actualizan y registran de forma efectiva en el CMMS	1
48. Se incluyen dentro del CMMS la información de las jerarquías de sistemas / subsistemas utilizados para la codificación de los equipos de planta	2
49. Se incluyen dentro del CMMS los reportes de los análisis de fallas (ACR) ejecutados (se registra una base de datos de fallas evaluadas)	1
50. Se integran dentro del CMMS, las aplicaciones de Confiabilidad (RCM, TPM, Six Sigma, etc....) y se actualizan y mejoran los planes de mantenimiento e inspección en función de los resultados obtenidos a partir del uso de estas metodologías	1
Subtotal:	8,5