



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO

**DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA
DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS
RECOMENDACIONES DE LA NORMA EN 16646:2014 EN LA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTORES:

BRAYAN OSWALDO INCA CABEZAS

HENRY BRYAN MORALES COPO

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MANTENIMIENTO

**DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA
DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS
RECOMENDACIONES DE LA NORMA EN 16646:2014 EN LA
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTORES:

BRAYAN OSWALDO INCA CABEZAS

HENRY BRYAN MORALES COPO

DIRECTOR: Ing. SERGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA

Riobamba-Ecuador

2021

© 2021, **Brayan Oswaldo Inca Cabezas & Henry Bryan Morales Copo**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros, BRAYAN OSWALDO INCA CABEZAS & HENRY BRYAN MORALES COPO, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de julio del 2021

Brayan Oswaldo Inca Cabezas

060405594-7

Henry Bryan Morales Copo

180477072-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA.
CARRERA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS RECOMENDACIONES DE LA NORMA EN 16646:2014 EN LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por los señores: **BRAYAN OSWALDO INCA CABEZAS** y **HENRY BRYAN MORALES COPO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. /PhD. José Antonio Granizo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-15
Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2021-07-15
Ing. Manuel Morocho Amaguaya MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-07-15

DEDICATORIA

Quisiera dedicar el presente trabajo a mi madre, cómo símbolo de agradecimiento a todo el amor, esfuerzo, valentía, entre otros valores inculcados, ya que gracias a su esfuerzo hoy en día he culminado una etapa más en mi vida, dejándome cómo la mejor herencia mi educación.

¡Gracias madre querida!

Brayan

A mis padres, por la confianza, el apoyo incondicional y cariño permanente; a mis hermanos por ser ese soporte emocional en todo momento y a mi familia, quienes con amor me enseñaron a no desistir de mis metas.

¡Gracias totales!

Henry

AGRADECIMIENTO

Quisiera iniciar agradeciendo a Dios por haberme ayudado a sobrellevar de la mejor manera cada obstáculo de mi vida, poniendo en mi camino a personas increíbles, especialmente a mi madre Marcia Elena, por ser mi mayor inspiración para no rendirme y ser mejor cada día, a mis hermanos Cristian y Ebelin, y como no agradecer al Ing. Ángel Ramírez que desde pequeño me ha enseñado a realizar las cosas de manera muy responsable y con calidad. Por último, a todos y cada uno de los miembros que conforman mi familia, puesto que de ellos siempre he recibido un apoyo durante éste arduo camino.

Finalmente, quiero agradecer a mi director del trabajo Ing. Sergio Villacrés y asesor Ing. Manuel Morocho, ya que con su sabiduría y conocimientos aportaron significativamente para que mi sueño hoy sea una realidad.

Brayan

A Dios, por darme vida y la salud, para seguir superándome día tras día, agradecer ante todo a mi familia, a mi padre Luis Gilberto, a mi madre Emérita Magdalena, a mis hermanos Braulio, Brenda y Brisa, quienes me brindaron todo su apoyo durante todo este proceso, entregando ánimo y fuerzas en los momentos más difíciles, proporcionándome todas las opciones y comodidades para poder sacar adelante mi objetivo.

Quiero extender mi agradecimiento a la Escuela de Mantenimiento Industrial, en especial a al Ing. Sergio Villacrés e Ing. Manuel Morocho, quienes han aportado con sus conocimientos durante el proceso de elaboración del presente trabajo.

Por último y no menos importante, a todas aquellas grandes personas que he conocido en estos 6 años, mis compañeros y amigos más cercanos, con quienes compartimos grandes anécdotas, pasajes y experiencias, a mi compañero de tesis Brayan por estar presente y corroborar con todos los percances que se han presentado durante el desarrollo de este trabajo.

Henry

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1	Antecedentes	2
1.2	Problema	3
1.3	Justificación	4
1.4	Objetivos	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2	REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1	Gestión de mantenimiento	6
2.2	Gestión de activos.....	7
2.2.1	<i>Sistema de gestión de activos</i>	9
2.2.2	<i>Beneficios del Sistema de gestión de activos</i>	9
2.3	Requerimientos del sistema de gestión de activos	10
2.3.1	<i>Plan estratégico de gestión de activos</i>	10
2.3.2	<i>Política de gestión de activos</i>	11
2.3.3	<i>Objetivos de gestión de activos</i>	11
2.3.4	<i>Estrategias de gestión de activos</i>	12
2.3.5	<i>Plan de gestión de activos</i>	12
2.4	Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos	13

2.4.1	<i>Activo físico</i>	14
2.4.2	<i>Ciclo de vida de un activo físico</i>	14
2.5	Relación entre gestión de activos físicos y gestión del mantenimiento	15
2.6	Procesos de gestión de los activos físicos y etapas del ciclo de vida	18
2.7	Auditoría	19
2.7.1	<i>Auditoría interna de Gestión de Mantenimiento</i>	20
2.7.2	<i>Elementos de una auditoría</i>	20
2.7.3	<i>Evidencia de la auditoría</i>	21
2.7.4	<i>Criterios de auditoría</i>	21
2.7.5	<i>Resultados de la auditoría</i>	22
2.7.6	<i>Conclusiones de una auditoría</i>	22
2.8	Indicadores	22
2.8.1	<i>Indicadores claves de rendimiento mantenimiento</i>	23
2.8.2	<i>Utilidad de los indicadores</i>	23
2.8.3	<i>Objetivos de los indicadores</i>	24
2.8.4	<i>Importancia en la selección adecuada de indicadores</i>	24

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1	Definición de los procesos y propuestas establecidos en la norma EN-16646	25
3.1.1	<i>Definición de procesos y propuestas para el nivel de activos</i>	25
3.1.2	<i>Definición de procesos y propuestas a nivel de sistema de activos</i>	26
3.1.3	<i>Definición de procesos y propuestas a nivel de cartera de activos</i>	28
3.2	Elaboración del instrumento de evaluación	29
3.2.1	<i>Instrumento de evaluación</i>	29
3.3	Desarrollo del plan de acción de mejora	30
3.3.1	<i>Desarrollo de las propuestas a nivel de activos</i>	30
3.3.1.1	<i>Cálculo de la criticidad basado en la Matriz de Criticidad Total por Riesgo</i>	30
3.3.1.2	<i>Elaboración de un formato para la definición de la fiabilidad y mantenibilidad</i>	33
3.3.1.3	<i>Cálculo y análisis de las capacidades de carga de un sistema de activos</i>	34
3.3.1.4	<i>Cálculo y Análisis del costo del ciclo de vida (LCC)</i>	35
3.3.1.5	<i>Aplicación de la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)</i>	38
3.3.1.6	<i>Procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos</i>	40
3.3.1.7	<i>Procedimiento para la adquisición de equipos nuevos</i>	42
3.3.1.8	<i>Desarrollo de una propuesta de reporte de fallas al fabricante</i>	44

3.3.1.9	<i>Desarrollo de un Checklist para procedimientos de instalación.....</i>	45
3.3.1.10	<i>Elaboración de políticas para la gestión de la documentación</i>	46
3.3.1.11	<i>Definición de las estrategias de mantenimiento en base a la criticidad del activo</i> ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.1.12	<i>Desarrollo del plan de mantenimiento basado en el RCM.....</i>	56
3.3.1.13	<i>Elaboración de políticas para la gestión de la Logística de Mantenimiento.....</i>	59
3.3.1.14	<i>Procedimiento aplicando el ciclo PHVA para trabajos de mantenimiento.....</i>	68
3.3.1.15	<i>Elaboración de políticas para la programación de las tareas de mantenimiento.</i>	70
3.3.1.16	<i>Diseño de un sistema de control de indicadores claves de desempeño.....</i>	71
3.3.1.17	<i>Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).....</i>	78
3.3.1.18	<i>Procedimiento para la retirada de activos.....</i>	79
3.3.1.19	<i>Modelo de reemplazo de activos por horizonte infinito o tiempo discreto.....</i>	81
3.3.1.20	<i>Elaboración de un Checklist de actividades de mantenimiento.....</i>	82
3.3.2	<i>Desarrollo de propuestas a nivel de sistema de activos.....</i>	83
3.3.2.1	<i>Análisis Estratégico para el impacto sobre: los costos, seguridad y</i> <i>riesgos ambientales.....</i>	83
3.3.2.2	<i>Procedimiento para elaborar un análisis causa efecto en la fase de adquisición</i>	86
3.3.2.3	<i>Elaboración del Inventario Técnico de los sistemas de activos</i>	87
3.3.2.4	<i>Determinación de la eficacia global del equipo (OEE).....</i>	90
3.3.2.5	<i>Elaboración de un modelo de sistema de gestión de activos físicos.....</i>	91
3.3.2.6	<i>Elaboración de un Modelo de Gestión de Mantenimiento</i>	92
3.3.2.7	<i>Implementación de un Software de Mantenimiento (GMAO).....</i>	93
3.3.2.8	<i>Elaboración de un Cuadro de Mando Integral orientado a mejorar estrategias</i> ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.2.9	<i>Elaboración de un formato para el reporte de retirada de sistemas de activos.....</i>	96
3.3.3	<i>Desarrollo de propuestas a nivel de cartera de activos</i>	97
3.4	<i>Metodología del programa de auditoría.....</i>	98
3.4.1	<i>Objetivos y programa de la auditoría</i>	98
3.4.2	<i>Establecer el programa de la auditoría</i>	98
3.4.3	<i>Implementación del programa de auditoría.....</i>	100
3.4.4	<i>Monitorear el programa de auditoría.....</i>	100
3.4.5	<i>Revisar y mejorar el programa de auditoría</i>	100

CAPÍTULO IV

4	<i>APLICACIÓN Y RESULTADOS</i>	101
----------	---	------------

4.1	Descripción de la empresa EP. EMAPAR de la Ciudad de Riobamba	101
<i>4.1.1</i>	<i>Misión.....</i>	<i>102</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Visión.....</i>	<i>102</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Principios y valores corporativos.....</i>	<i>102</i>
4.2	Ejecución de la auditoría	103
<i>4.2.1</i>	<i>Inicio de la auditoría.....</i>	<i>103</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Preparación de las actividades de la auditoría.....</i>	<i>104</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Evaluación de los procesos de gestión de activos físicos</i>	<i>104</i>
<i>4.2.4</i>	<i>Resumen de los procesos evaluados</i>	<i>107</i>
<i>4.2.5</i>	<i>Resumen de los hallazgos de la auditoria</i>	<i>109</i>
	CONCLUSIONES.....	113
	RECOMENDACIONES.....	114
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	Procesos y acciones propuestas a nivel de activos	26
Tabla 2-3:	Procesos y acciones propuestas a nivel de sistema de activos.....	27
Tabla 3-3:	Procesos y acciones propuestas a nivel de cartera de activos.....	28
Tabla 4-3:	Factor de frecuencia de fallos.....	31
Tabla 5-3:	Factor de impacto operacional.....	31
Tabla 6-3:	Factor de impacto por flexibilidad operacional.....	31
Tabla 7-3:	Factor de impacto en costes de mantenimiento	32
Tabla 8-3:	Impacto en seguridad, higiene y ambiente	32
Tabla 9-3:	Formato de ficha de conceptualización de activos físicos.....	34
Tabla 10-3:	Hoja de información RCM II (AMEF).....	40
Tabla 11-3:	Reporte de Fallas al fabricante	45
Tabla 12-3:	Checklist para instalación de activos físicos	45
Tabla 13-3:	Documentos generados durante el CAPEX.....	47
Tabla 14-3:	Documentos generados en OPEX.....	48
Tabla 15-3:	Codificación de documentos externos de mantenimiento	49
Tabla 16-3:	Formato de solicitud de trabajo	51
Tabla 17-3:	Formato de Requisición de materiales y repuestos.....	51
Tabla 18-3:	Ejemplo de la hoja de información RCM II (AMEF).....	57
Tabla 19-3:	Hoja de Decisión del RCM.....	58
Tabla 20-3:	Ejemplos de grupos de ítems.	60
Tabla 21-3:	Ejemplo de subgrupos de ítems.	60
Tabla 22-3:	Ejemplo de clases para subgrupos de ítems.....	61
Tabla 23-3:	Información mínima de un inventario de ítems.....	61
Tabla 24-3:	Valor del factor de frecuencia fallos.....	62
Tabla 25-3:	Tiempo de logística	62
Tabla 26-3:	Impacto en el negocio.....	62
Tabla 27-3:	Costo total de los artículos de mantenimiento.....	67
Tabla 28-3:	Índice de calidad de servicios.....	67
Tabla 29-3:	Índice de rotación de materiales y repuestos.	68
Tabla 30-3:	Indicador para medir las horas empleadas en formación del personal	68
Tabla 31-3:	Procedimiento de ejecución y verificación de tareas de mantenimiento.....	69
Tabla 32-3:	Cronograma de mantenimiento	71
Tabla 33-3:	Programa de informe de órdenes de trabajo	71
Tabla 34-3:	Indicador de sustitución de activos físicos	72

Tabla 35-3:	Indicador de costo del mantenimiento preventivo.....	73
Tabla 36-3:	Indicador de costo del mantenimiento correctivo.....	74
Tabla 37-3:	Indicador de Disponibilidad	74
Tabla 38-3:	Indicador de tiempo medio entre fallos	75
Tabla 39-3:	Indicador del tiempo medio para reparar.....	75
Tabla 40-3:	Indicador del trabajo de mantenimiento preventivo.....	76
Tabla 41-3:	Indicador del trabajo en mantenimiento correctivo	76
Tabla 42-3:	Indicador de backlog	77
Tabla 43-3:	Indicador del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo	77
Tabla 44-3:	Modelo de reemplazo de activos físicos.....	82
Tabla 45-3:	Checklist posterior a la retirada de un activo físico.....	83
Tabla 46-3:	Requisitos de un sistema de activos físicos	84
Tabla 47-3:	Ejemplo de un inventario de activos a mantener	90
Tabla 48-3:	Indicador de la eficacia global del equipo	90
Tabla 49-3:	Cuadro de mando integral para mejorar las estrategias de mantenimiento	96
Tabla 50-3:	Reporte de retirada para sistemas de activos físicos.....	96
Tabla 1-4:	Datos informativos de la organización.	101
Tabla 2-4:	Plan de auditoría.....	104
Tabla 3-4:	Resultados del instrumento de la evaluación.....	105
Tabla 4-4:	Resumen de la auditoría	107
Tabla 5-4:	Resumen de los hallazgos de auditoría.....	109
Tabla 6-4:	Acta de cierre de auditoría.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Evolución histórica del mantenimiento.....	7
Figura 2-2:	Evolución de conceptos.	8
Figura 3-2:	Evolución de la gestión de los activos.	8
Figura 4-2:	La relación del sistema de gestión de activos con la gestión de activos.	9
Figura 5-2:	Integración para la gestión de activos físicos.....	14
Figura 1-3:	Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR.....	33
Figura 2-3:	Matriz de criticidad de repuestos	63
Figura 3-3:	Modelo determinístico de gestión de inventarios (EOQ).....	64
Figura 4-3:	Evaluación de las tareas de mantenimiento	79
Figura 5-3:	Diagrama causa efecto	87
Figura 6-3:	Taxonomía ISO 14224.....	87
Figura 7-3:	Modelo de gestión de mantenimiento	93
Figura 8-3:	Mapa estratégico para mejorar las estrategias de mantenimiento.....	95
Figura 1-4:	Contacto inicial con la organización auditada	103

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Contenido de un plan estratégico de gestión de activos	10
Gráfico 2-2.	Fases del ciclo de vida de los activos.....	15
Gráfico 3-2.	Interrelación entre organización, gestión de activos y el mantenimiento.....	17
Gráfico 4-2.	Relaciones entre procesos de mantenimiento, y sistema de gestión.....	19
Gráfico 1-3:	Procedimiento de modificación de activos físicos.....	42
Gráfico 2-3:	Procedimiento de adquisición de activos físicos.....	44
Gráfico 3-3:	Diagrama de definición de estrategias de mantenimiento.....	53
Gráfico 4-3:	Evaluación de las consecuencias de falla.....	58
Gráfico 5-3:	Procedimiento de compra de repuestos.....	66
Gráfico 6-3:	Procedimiento de retiro de activos físicos.....	80
Gráfico 7-3:	Programa de auditoría ISO 19011.....	99
Gráfico 1-4:	Calificación de los procesos.....	108
Gráfico 2-4:	Resumen de la auditoria.....	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Fórmula de la criticidad de un activo físico.....	30
Ecuación 2-3:	Fórmula de las consecuencias para la criticidad.....	30
Ecuación 3-3:	Costo del ciclo de vida de un activo físico	34
Ecuación 4-3:	Costo de la fase de concepción y definición.....	35
Ecuación 5-3:	Costo de la fase de diseño y desarrollo.....	35
Ecuación 6-3:	Costo de la fase de fabricación	36
Ecuación 7-3:	Costo de la fase de instalación.....	36
Ecuación 8-3:	Costo de la fase de operación y mantenimiento.....	36
Ecuación 9-3:	Costo de la fase de eliminación	36
Ecuación 10-3:	Costo de operación	37
Ecuación 11-3:	Costo del mantenimiento correctivo	37
Ecuación 12-3:	Evaluación del riesgo para repuestos.....	60
Ecuación 13-3:	Cálculo del tamaño óptimo de repuestos a pedir	63
Ecuación 14-3:	Cálculo del nivel de reorden	63
Ecuación 15-3:	Cálculo de la demanda de repuestos	63
Ecuación 16-3:	Cálculo del stock de seguridad	64
Ecuación 17-3:	Cálculo del factor de utilización	79
Ecuación 18-3:	Cálculo del costo anual.....	79
Ecuación 19-3:	Cálculo del costo anual acumulado	80
Ecuación 20-3:	Cálculo de los costos totales actualizados	80
Ecuación 21-3:	Cálculo del FRC	80
Ecuación 22-3:	Cálculo del costo medio periódico.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Procesos y Acciones propuestas a nivel de activos físicos
- Anexo B:** Procesos y Acciones propuestas a nivel de sistema de activos físicos
- Anexo C:** Procesos y Acciones propuestas a nivel de sistema de activos físicos
- Anexo D:** Instrumento de evaluación
- Anexo E:** Orden de trabajo
- Anexo F:** Ficha técnica
- Anexo G:** Evaluación de las consecuencias y tareas de mantenimiento “RCM”
- Anexo H:** Modelo de gestión de activos físicos

RESUMEN

El objetivo de este proyecto técnico fue desarrollar un modelo de evaluación para determinar el cumplimiento de los procesos de la gestión de activos físicos de la norma “EN 16646” teniendo como caso de estudio a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP EMAPAR). Para elaborar el modelo de evaluación se recopiló los diferentes procesos recomendados por la norma EN 16646, clasificados en las diferentes etapas del ciclo de vida de un activo físico. Cada proceso fue desglosado en varias preguntas que ayudaron a realizar su evaluación, posteriormente se estableció varias acciones propuestas a cada una de las preguntas, para dar cumplimiento a cada proceso establecido en la norma. Esta determinación se realizó en conjunto con la experiencia de los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), pertenecientes a la Carrera de Mantenimiento Industrial. La metodología empleada para el proceso de evaluación fue un programa de auditoría basado en la norma “ISO 19001” enfocado en el ciclo de calidad, Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA). Se utilizó la plataforma Google Forms como herramienta de aplicación para precautelar la salud del grupo auditor por la crisis sanitaria que atraviesa el mundo. El modelo dio como resultado un instrumento de evaluación, compuesto por 209 preguntas y por 218 acciones propuestas, divididas en 3 cuestionarios para los diferentes niveles del sistema de gestión de activos físicos. Se concluye que este modelo determina puntos de mejora en un sistema de gestión de mantenimiento, obteniendo información valiosa para efectuar mejoras que benefician la gestión de activos físicos. Se recomienda aplicar el instrumento de evaluación a nivel de activos o a nivel de sistema de activos, e implementar las acciones propuestas.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS> <AUDITORÍA> <GESTIÓN DE MANTENIMIENTO> <CICLO DE VIDA>



1445-DBRA-UPT-2021

2021-07-23

ABSTRACT

The objective of this technical project was to develop an evaluation model to determine compliance with the physical asset management processes of the “EN 16646” standard, taking as a case study of Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado in Riobamba city (EP EMAPAR). To develop the evaluation model, the different processes recommended by the EN 16646 standard were compiled. They were classified into the different stages of the life cycle of a physical asset. Each process was broken down into several questions that helped to carry out its evaluation. Subsequently several proposed actions were established for each of the questions, to comply with each process established in the standard. This determination was made in conjunction with the experience of the teachers at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), belonging to Industrial Maintenance Career. The methodology used for the evaluation process was an audit program based on the “ISO 19001” standard focused on the quality cycle, Plan-Do-Check-Act (PDCA). The Google Forms platform was used as an application tool to protect the health of the audit group due to the health crisis that the world is going through. The model resulted in an assessment tool, composed of 209 questions and 218 proposed actions, divided into 3 questionnaires for the different levels of the physical asset management system. It is concluded that this model determines points of improvement in a maintenance management system, obtaining valuable information to make improvements that benefit the management of physical assets. It is recommended to apply the assessment tool at the asset level or at the asset system level and implement the proposed actions.

Keywords: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES> <PHYSICAL ASSET MANAGEMENT> <AUDIT> <MAINTENANCE MANAGEMENT> <LIFE CYCLE>

INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es evaluar y aportar al Departamento de Mantenimiento, con estrategias necesarias que ayuden a mejorar la eficiencia del sistema de gestión de mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos. Las evaluaciones son realizadas con la finalidad de encontrar puntos de mejora que afecten al logro de las metas organizacionales. La elaboración del modelo de evaluación del presente trabajo de integración curricular se realizó en cuatro capítulos que se describen a continuación.

El primer capítulo contiene el diagnóstico del problema referente a la gestión de activos y al mantenimiento como parte del sistema de gestión de activos, de modo que se justifica el desarrollo de la siguiente propuesta técnica. El segundo capítulo compila la revisión de la literatura y los fundamentos teóricos requeridos para desarrollar una modelo de evaluación de mantenimiento, enfocado con la gestión de activos físicos y basados en la norma EN-16646.

En forma general se trata temas como la gestión de mantenimiento, el mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos, los procesos y requerimientos del sistema de gestión de activos físicos. Además, en este capítulo se desarrollan los conceptos relacionados con el desarrollo de una auditoría interna de mantenimiento.

El capítulo tres detalla y analiza los procesos recomendados por la norma EN-16646 para los tres niveles jerárquicos del sistema de gestión de activos físicos. También se explica cómo se desarrolló el instrumento de evaluación, el cual permitirá verificar el cumplimiento de los procesos recomendados por la norma.

Otro tema tratado es la definición y desarrollo de las metodologías, recursos y procedimientos que ayuden al cumplimiento de los requisitos recomendados por la norma. Por último, bajo la norma ISO 19011 se detalla el proceso para llevar a cabo un programa de auditoría, misma que se basa en el ciclo de calidad "PHVA".

Finalmente, el último capítulo trata sobre la aplicación y los resultados del instrumento de evaluación al caso de estudio "Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de la ciudad de Riobamba EP-EMAPAR", en el cual se realiza una breve descripción de la empresa, para luego. Posteriormente se representa, de manera gráfica los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de evaluación al departamento de mantenimiento.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la actualidad hemos podido observar cómo grandes empresas han decaído debido a la mala toma de decisiones, una de las causas es que dichas organizaciones no han tenido una sostenibilidad constante por medio de sus activos, ni una visión clara del contexto organizacional en la que se encuentran; esto es debido al desconocimiento del propósito de la organización. (Uceda et al., 2018, p. 1)

Es así como la publicación del grupo de familias de normas ISO 55000, se convierten en la guía de referencia principal que permite a las organizaciones establecer una estrategia de implementación que apunten a la solución de los inconvenientes mencionados antes. Sin embargo, como es de esperar el grupo de normas ISO, no explica de manera detallada el rol que debe cumplir cada departamento dentro de la gestión de activos. Por ejemplo, para la solución de esta problemática en el año 2014 se publica la norma europea EN-16646 la misma que nos detalla el rol que debe cumplir el departamento de mantenimiento dentro de la gestión de activos, y la cual se encuentra alineada con los requisitos certificables del grupo de normas ISO 55000.

Respecto a los procesos de auditoría a sistemas de gestión de mantenimiento se cuenta con poca información bibliográfica a nivel nacional. A manera de referencia se ha analizado el trabajo de investigación titulado “Auditoría del Mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Alao de la Empresa Eléctrica Riobamba S. A., Lineamientos Mejorativos”; en donde los autores evalúan la gestión del mantenimiento y a su vez proponen acciones mejorativas.(Chang, 2019, p. 2)

El presente trabajo se aplicará al caso de estudio referente a la Empresa Municipal de Agua Potable la que tiene como misión dotar de servicio de agua potable y saneamiento ambiental, con responsabilidad social, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Cantón Riobamba, fomentando en sus trabajadores una excelente Gestión de Seguridad, Salud y Ambiente.

Actualmente, la EP EMAPAR tiene la intención de mejorar la gestión de la empresa con miras a garantizar: La continuidad del servicio, la sostenibilidad financiera entre otras, para lo cual el departamento de mantenimiento cumple una función importante para alcanzar dichos objetivos. Es por eso que es necesario establecer el rol del mantenimiento dentro de la empresa en relación

con la gestión de activos físicos, para lo cual se realizará un instrumento de evaluación en base a los procesos de la norma EN-16646, mismo que será aplicado en el departamento de mantenimiento de la empresa, empleado el instrumento se procederá a realizar una propuesta de acción de mejoras con el fin de ayudar a mejorar las competencias del Departamento de Mantenimiento

1.2 Problema

Según el Comité Técnico de Sistemas de Gestión de Activos de ISO (TC251), a nivel internacional existen tan solo 304 empresas certificadas en ISO 55001, desde que se publicó la familia de normas ISO 55000. Mientras que en Ecuador no existe ninguna empresa con certificación en ISO 55001. Es necesario aclarar que el comité TC 251 menciona que ISO no tiene un registro de las organizaciones certificadas en ISO 55001, ni garantiza la veracidad de la información que maneja, es por eso que en la encuesta de la ISO Survey dicha norma no se encuentra integrada.

En comparación con otras normas la cantidad de certificaciones mencionada anteriormente refleja que existen diferentes problemas con dicha normativa. Uno de ellos es la ambigüedad y múltiples interpretaciones posibles acerca de cómo desarrollar un sistema de gestión de activos, ya que al tratar de abarcar todas las áreas de una organización se vuelve muy difícil que cada una tenga en claro el rol que debe cumplir dentro de la gestión de activos.

El sistema de gestión de mantenimiento es parte de un sistema de gestión de activos físicos, por lo que debe tener bien definido su rol dentro de la empresa. Actualmente la función de la gestión de mantenimiento es implementar actividades enfocadas a establecer objetivos, estrategias propias que se encuentren alineados e integrados a la gestión de activos y con los objetivos generales de la organización, como se establece en la normativa EN-16646:2014.

De ahí surge la necesidad de desarrollar un instrumento que permita verificar el cumplimiento de las recomendaciones que propone la norma EN-16646 para el departamento de mantenimiento, ya que dicha norma se encuentra a su vez alineado con los requisitos certificables que exige ISO 55001, lo que ayudará a obtener información valiosa para efectuar la toma de decisiones que benefician a la gestión del mantenimiento.

1.3 Justificación

Cada año, la Organización Internacional de Normalización (ISO), publica el ISO Survey of Management System Standard Certifications, acerca de Certificaciones de normas de Sistemas de Gestión Internacionales, en la cual se muestra la distribución y el total de certificados emitidos en el mundo relacionados con las normas de sistemas de gestión. En la publicación más actual de la ISO Survey 2018, se muestra como los países más desarrollados entre éstos: China, Alemania, Japón y la India encabezan la lista de certificaciones.

Se evidencia también que los estándares ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015, son las que mayor número de certificados se han emitido con un total de 878.664 y 307.059 certificados respectivamente.

Mientras que para el estándar ISO 55001, desde su publicación no existe ninguna certificación emitida. Anteriormente se mencionó que existen 304 empresas certificadas, pero como se indicó dicha información no es garantizada por ISO. Esta situación podría estar evidenciando que su implementación puede resultar compleja, por tal razón mediante este trabajo se propone realizar un modelo de evaluación que ayude y facilite la implementación de la ISO 55001, ya que la norma EN-16646:2014 está alineada a la norma ISO 55001:2014 a través de las recomendaciones y requisitos respectivamente establecidos en dichas normas.

La norma EN-16646 establece los procesos acerca del establecimiento del desempeño del mantenimiento en la gestión de activos, mismas que ayudaran a mejorar la eficiencia de la función del mantenimiento, aumentando así la unión entre la gestión del mantenimiento y el plan estratégico de la empresa.

Por esta razón el Departamento de Mantenimiento para mejorar su organización debe disponer de toda la información necesaria, codificación y logística del mantenimiento para poder hacer uso adecuado de esta herramienta de gestión.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar un modelo de evaluación para determinar el cumplimiento de las recomendaciones de la norma EN-16646:2014 en la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Determinar los requisitos de cumplimiento que exige la norma EN-16646:2014.
- Desarrollar un instrumento de evaluación de la gestión de activos físicos.
- Determinar las metodologías, recursos, procedimientos que ayuden al cumplimiento de los requisitos establecidos por la norma EN-16646:2014.
- Aplicar el modelo de evaluación y la propuesta de mejora al caso de estudio EP EMAPAR.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Gestión de mantenimiento

Según la norma UNE EN 13306 que se refiere a la terminología del mantenimiento, define a la gestión del mantenimiento como:

Todas las actividades de la gestión que determinan los objetivos, las estrategias y las responsabilidades del mantenimiento y la implantación de dichas actividades por medios tales como la planificación del mantenimiento, el control del mismo y la mejora de las actividades de mantenimiento y las económicas. (UNE-EN 13306, 2010, p. 6)

Otra definición según (NB-12017, 2013, p. 3) menciona que la gestión del mantenimiento es la: “acción de administrar el mantenimiento, a través de la planeación, la organización, la dirección, la coordinación y el control para su mejora continua”.

La gestión del mantenimiento debe orientarse en dos sentidos: la primera es la gestión que lleva acabo con los demás departamentos o unidades de una empresa alineados con los objetivos de la misma, mientras que la segunda trata de la gestión interna propia del departamento. La gestión con los demás departamentos busca tener buenas relaciones que debe tener mantenimiento para poder cumplir con el marco integral de la empresa. El segundo caso depende únicamente de como mantenimiento cumplirá con su función, es decir dependerá de cómo disponga los recursos para brindar un servicio de calidad al menor costo posible y con la mayor satisfacción para los clientes. (Mora, 2013, p. 37).

Algunos procesos o actividades de la gestión del mantenimiento consisten en: (UNE-EN 60300-3-14, 2010, p. 23)

- Desarrollar y actualizar la política de mantenimiento, en conjunto con los involucrados en el mismo, ésta debería ser documentada formalmente.
- Proporcionar los recursos económicos para el mantenimiento.
- Coordinar y supervisar las tareas de mantenimiento.

Según Oliva et al. (2010:131), el mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de tareas mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación, se restablece o se

mantiene en un estado óptimo en el que pueda desarrollar su función, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa. (Ortiz et al., 2013, p. 88)

El objetivo fundamental de la gestión de mantenimiento es el incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, permitiendo que los mismos trabajen de manera óptima dentro del contexto operacional, para ello existen metodologías que brindan la ayuda necesaria para alcanzar dicha meta, como lo son: el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), y el mantenimiento productivo total (TPM). (Ortiz et al., 2013, p. 88)

		Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de fábricas	
Etapa	Sucede aproximadamente	Orientación hacia...	Necesidad específica	Orientación hacia...	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica			
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos - Gestión de activos			

Figura 1-2. Evolución histórica del mantenimiento.

Fuente: Gutiérrez, Alberto. 2013.

2.2 Gestión de activos.

La norma internacional (ISO 55000, 2014) que trata de la gestión de activos, define a la misma como la actividad coordinada de una organización para generar valor a partir de los activos. Dicha gestión no se centra en el activo en sí mismo, sino en el valor que el activo puede proporcionar a la organización. Este valor puede ser real o potencial, cuando alcanza su máximo valor. (Capelo, 2017, p. 7)

De acuerdo con Amendola (2007, p. 20), trata a la gestión de activos y la concibe como un sistema de control en que todo debe optimizarse y controlarse adecuadamente, es la gestión de los activos intangibles y tangibles como un planteamiento formado para operar, mantener, mejorar y adaptar las plantas e infraestructuras de una organización con el fin de crear un entorno que resista fijamente los objetivos primarios de la empresa.

La figura 2-2 muestra cómo ha ido evolucionando los conceptos desde el mismo mantenimiento hasta la gestión de los activos, se puede observar a su vez la importancia del concepto con relación a su objetivo de mejora.

Considerando los nuevos retos que imponen las empresas competitivas en el manejo de equipos; el diseño y la gestión de los activos físicos debe superar no solo la capacidad de resolver las emergencias y las fallas imprevistas, sino que adecuadamente debe avanzar hacia nuevas formas más evolucionadas, proactivas, direccionadas a determinar oportunidades de mejora que impliquen adecuar procedimientos y modificar los equipos y los sistemas, para mejorar su fiabilidad y mantenibilidad. La figura 3-2 muestra otro modelo de evolución de la gestión de los activos. (Arata & Arata, 2013, p. 60)



Figura 2-2. Evolución de conceptos.

Fuente: Velásquez, Santiago. 2016.

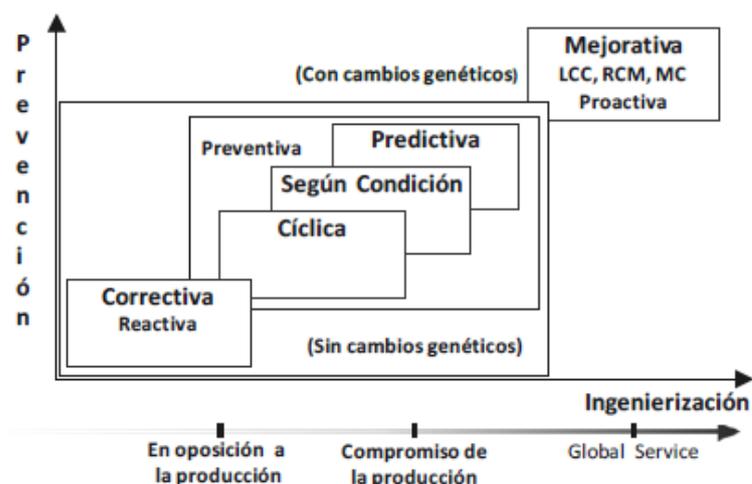


Figura 3-2. Evolución de la gestión de los activos.

Fuente: Furlanetto, Luciano. 1999.

2.2.1 Sistema de gestión de activos

Es un grupo de elementos cuyo objetivo es determinar y establecer la política de la gestión de activos, así como los objetivos del mismo. Cabe recalcar que no incluye la estrategia ni el plan de gestión de activos. En la figura 4-2 se puede observar que el sistema de gestión de activos es un subconjunto de la gestión de activos. (ISO 55000, 2014, pp. 4–5)

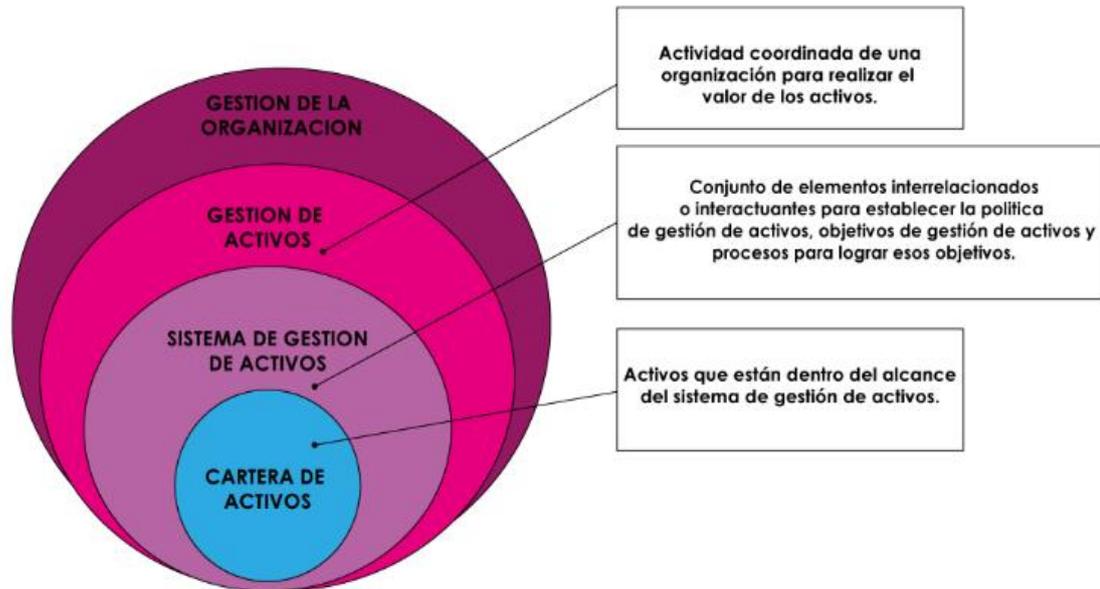


Figura 4-2. La relación del sistema de gestión de activos con la gestión de activos.

Fuente: ISO 55000. 2014.

Un sistema de gestión integrada permite al sistema de gestión de activos de una empresa que se basa en elementos de otros sistemas de gestión como: medio ambiente, calidad, seguridad y salud, gestión de riesgos entre otros, pueda reducir el esfuerzo y los gastos que involucran la creación y mantenimiento de un sistema de gestión de activos. (Barroso, 2014, p. 37)

2.2.2 Beneficios del Sistema de gestión de activos

La gestión de activos no se enfoca en el activo en sí mismo, sino en el valor que éste puede generar a la organización, a partir de aquí la correcta implementación de un sistema de gestión de activos trae grandes beneficios a la organización (ISO 55000, 2014, pp. 5–6). Entre los beneficios que se pueden mencionar son:

- Mejora el desempeño financiero
- El riesgo es gestionado

- Mejores servicios y resultados
- Mejora la eficacia y eficiencia
- Mejora en la sustentabilidad organizacional

2.3 Requerimientos del sistema de gestión de activos

2.3.1 Plan estratégico de gestión de activos

La norma internacional (ISO 55000, 2014, p. 14) define al plan estratégico de gestión de activos (SAMP) por sus siglas en inglés, como un documento que especifica cómo los objetivos organizacionales se convertirán en objetivos de gestión de activos, el enfoque para elaborar los planes de gestión de activos, y el rol del sistema de gestión de activos.

En otros términos, la finalidad del PEGA es alinear los objetivos organizacionales con los objetivos de gestión de activos, teniendo en consideración la realidad, la limitación y la condición de la organización. Por último, el PEGA es un documento gestionado y utilizado por la alta dirección; su desarrollo y actualización debe tener una mirada Top Down (gerentes y jefes) y Botton Up (jefes y coordinadores), impulsando así la participación y el trabajo colaborativo. (Uceda et al., 2018, p. 2)



Gráfico 1-2. Contenido de un plan estratégico de gestión de activos.

Fuente: Bastidas A.; Suarez J.; Hernández M. 2017

2.3.2 Política de gestión de activos

Una política de gestión de activos se define como los principios y requisitos obligatorios procedentes del plan estratégico organizacional, que proveen una estructura para la implementación de la estrategia de gestión de activos y para determinar los objetivos de gestión de activos. (Instituto de Gestión de Activos & Instituto de Estándares Británicos, 2008, p. 2)

Por ejemplo; el Instituto Nacional de electricidad y energías limpias de México en el proyecto llamado “La Gestión de Activos en el contexto de la Red Eléctrica Inteligente” estableció una política de gestión de activos para asegurar que los activos físicos sean gestionados de manera efectiva durante todas las etapas del ciclo de vida, con el fin de generar valor a los usuarios, proveedores y responsables de los activos, manteniéndolos en condiciones óptimas de operación y desempeño, reduciendo los costos de operación y mantenimiento y tomando las decisiones sobre los activos con el mismo riesgo. (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, 2017, p. 3)

La política plasma la expectativa corporativa alineándose a un objetivo supremo, definiendo claramente el principio y el enfoque de la organización. Debe estar basada en los compromisos con los grupos de interés, comprendiendo la organización y su contexto, contiene el alcance del sistema de gestión de activos alineando a todas las áreas de la empresa, adicionalmente debe ser consistente con la estructura global de manejo de riesgo. Debe proveer una estructura para el desarrollo e implementación de la estrategia de gestión de activos y para fijar los objetivos de gestión de activos. (Plazas & Rodríguez, 2015, p. 33)

2.3.3 Objetivos de gestión de activos

Según el proyecto de norma PAS 55 (Instituto de Gestión de Activos & Instituto de Estándares Británicos, 2008, p. 2), menciona que los objetivos de gestión de activos son metas y resultados específicos medibles que requiere un sistema de gestión de activos para posteriormente realizar la implementación tanto de la política como las estrategias de gestión de activos.

Por ejemplo, el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias en su plan estratégico de gestión de activos plantea los objetivos citados a continuación:

- Mejorar el servicio de Transmisión / Distribución de energía eléctrica con base en el desempeño de los activos.
- Reducir los riesgos de falla de la infraestructura de activos.
- Reducir los gastos asociados con la operación y mantenimiento de los activos (OPEX).

- Optimizar las inversiones de capital por modernización de Activos
- Ampliaciones de la Red Eléctrica de potencia (CAPEX). (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, 2017, p. 5)

2.3.4 Estrategias de gestión de activos

Las estrategias de gestión de activos establecen la aproximación a largo plazo de la gestión de activos, provenientes del plan estratégico organizacional y de la política de gestión de activos. De esta manera convierte los objetivos del plan estratégico organizacional en un plan de acción de alto nivel a largo plazo para los diferentes niveles del sistema de gestión de activos. (Instituto de Gestión de Activos & Instituto de Estándares Británicos, 2008, p. 2)

Para entender mejor dicho significado, a continuación, mencionaremos algunas situaciones a manera de ejemplo propuestas por el Ingeniero José Duran y el MSc Luis Sojo:

- *Situación 1:* No considerar todos los elementos requeridos para una operación confiable.
- *Estrategia de gestión:* Hay que construir la planta con menores costos, no se requiere demasiado adiestramiento, pues se trabajará con operadores expertos provenientes de otras instalaciones.
- *Resultado operacional:* Los operadores no estaban capacitados para esa nueva tecnología, tanto las fallas catastróficas como cualquier tipo de accidente laboral sucede debido a la poca capacitación y formación de los trabajadores. (Duran & Sojo, 2008, p. 4)
- *Situación 2:* No realizar una gestión inicial de riesgos óptima.
- *Estrategia de gestión:* Se realizarán visitas a las mejores plantas del mundo y se contratará la mejor en proyecto llave en mano.
- *Resultado operacional:* Bajo desempeño, debido a que la planta no consideró elementos clave como: frecuencia eléctrica, niveles de voltaje, temperatura ambiente, y alta humedad relativa. (Duran & Sojo, 2008, p. 4)

2.3.5 Plan de gestión de activos

Según el proyecto de norma PAS 55 (Instituto de Gestión de Activos & Instituto de Estándares Británicos, 2008, p. 2) menciona que el plan de gestión de activos como un documento, especifica las actividades, los recursos, las responsabilidades y escalas de tiempo para implementar la estrategia de gestión de activos y la entrega de los objetivos de la gestión de activos.

2.4 Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos

La norma europea (UNE-EN 16646, 2014, p. 10), se refiere a la gestión de activos físicos como las actividades coordinadas de una organización para crear valor a partir de los activos físicos. De manera concreta es la gestión óptima del ciclo de vida de los activos físicos para alcanzar de forma sostenible los objetivos de negocio establecidos.

Actualmente, las organizaciones necesitan tener una visión y una perspectiva global que integren todas las actividades interrelacionadas en el ámbito de la producción (ver figura 5-2). La empresa moderna, es la que más ha adoptado dicha visión, en la cual se reconoce que ninguna función o departamento es independiente. (Arata & Furlanetto, 2005, p. 3)

Para el caso concreto de mantenimiento, la estrategia de gestión de activos además requiere un profundo entendimiento del impacto de los fallos en la visión de conjunto de la organización. Actualmente, esta utilidad depende fuertemente de las valoraciones del mantenimiento proactivo y predictivo realizadas con cierta frecuencia en el activo físico. Éste enfoque añade valor al trabajo de mantenimiento que actualmente es realizado en cada activo, con la seguridad de que el activo realmente necesita el servicio. El mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos constituye toda una estrategia de negocio y mejora continua de los resultados económicos de una organización. (Amendola, 2007, pp. 19–21).

Una gestión programada y óptima del mantenimiento incrementa la eficiencia y el periodo de vida útil de los activos físicos de una organización, y en consecuencia aumenta su rentabilidad. Estas ideas constituyen parte del concepto “Gestión del ciclo de vida de los activos físicos” o específicamente “Gestión de activos físicos”. Para comprender los beneficios de redireccionar la importancia de la gestión de activos, es útil establecer un modelo de Gestión del ciclo de vida del activo como un sistema de gestión del negocio. (Amendola, 2007, p. 22)

En la norma europea sobre Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos nos menciona que el papel de la gestión del mantenimiento contiene una influencia bidireccional, y que ésta a su vez forma parte del sistema de gestión de los activos físicos (ver figura 5-2).

Las actividades que la gestión del mantenimiento planificado decide e implementa, dependen de manera directa del entorno tecnológico empresarial y de una organización. A continuación, se enuncia las funciones del mantenimiento dentro de la gestión de los activos físicos: (UNE-EN 16646, 2014, p. 11)

- Mantenimiento al momento de planificar y decidir las soluciones sobre los activos físicos debe tener un papel significativo en todos los niveles excepto a nivel de cartera.
- Debe tener la capacidad necesaria y suficiente para afectar soluciones de diseño durante el proceso de inversión para optimizar las tareas del ciclo de vida y poder cumplir con los requisitos de seguridad y medio ambiente.
- Debería colaborar al modo de operaciones de la función de producción en cuestión para ayudar al conjunto de la organización a optimizar su trabajo. (UNE-EN 16646, 2014, p. 12)

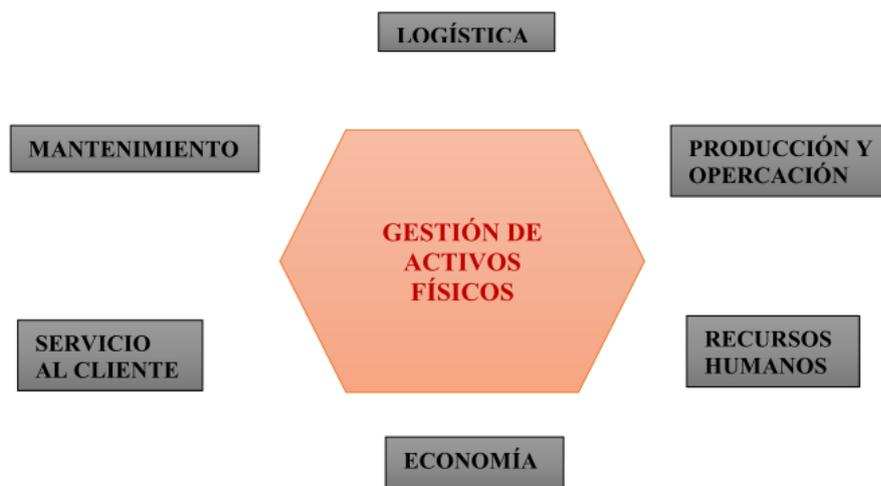


Figura 5-2. Integración para la gestión de activos físicos

Fuente: UNE-EN-16646. 2014.

2.4.1 Activo físico

Bajo la normativa europea se define a un activo físico como: un bien que tiene un valor potencial o actual para una organización. (UNE-EN 16646, 2014, p. 9)

Dicho valor puede variar entre diferentes organizaciones y sus partes interesadas, también hace referencia a un balance entre costos, riesgos, beneficios y oportunidades de desempeño. El valor del activo a su vez puede cambiar a lo largo de su vida útil, como ejemplos de activos físicos tenemos: componentes, trabajos de construcción, edificios, maquinas, fabricas entre otros. (ISO 55000, 2014, p. 2)

2.4.2 Ciclo de vida de un activo físico

De acuerdo con Campos (2014, p. 23), la ejecución del mantenimiento forma parte de la gestión de activos, el cual se limita únicamente a realizar intervenciones para devolver o mantener la funcionalidad de los activos. Para tener un ciclo de vida confiable se requiere de la ingeniería de

activos que mediante la ejecución de planes de acción asegure el buen desempeño de un activo en cada etapa del ciclo de vida. Si se realiza un mal diseño, una mala compra por debajo de las especificaciones, una explotación del activo por arriba de sus capacidades, esto tendrá efecto en el mantenimiento y no podrá cumplir con su función para la cual fue concebido.

Según (UNE-EN 16646, 2014), define al ciclo de vida de los activos como “El periodo de tiempo desde la concepción del bien hasta su retirada”. Durante todo este periodo la función de mantenimiento desarrolla procesos desde la creación de estrategias, objetivos, planificación, gestión de recursos, implementación de planes y mejora continua, las cuales van relacionadas con las diferentes fases del ciclo de vida del activo físico. Estas fases se observan en el gráfico 2-2.

Cualquier dato que no se considere en las primeras cinco etapas, resultaran muy costosas en la etapa de operación y mantenimiento; por ejemplo, si se realiza un mal diseño, en operación toca rediseñar. Gracias a los costos en cada una de las fases se puede realizar el cálculo del costo del ciclo de vida, lo cual ayuda a la toma de decisiones convenientes para una óptima gestión de los activos físicos. (Capelo, 2017, p. 12)

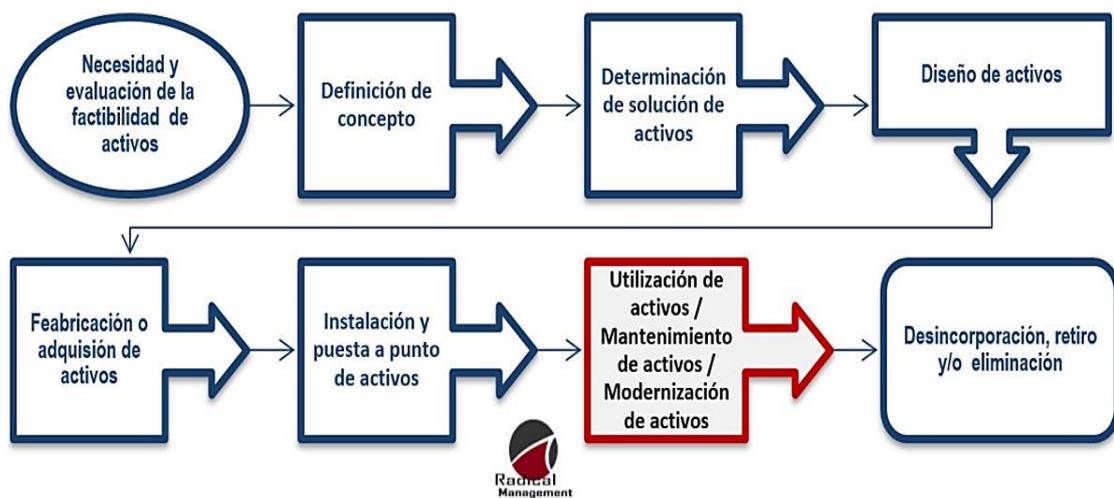


Gráfico 2-2. Fases del ciclo de vida de los activos

Fuente: Radical Management. 2014.

2.5 Relación entre gestión de activos físicos y gestión del mantenimiento

La familia de normas ISO 55000 nos detalla los elementos de un sistema de gestión de activos, las directrices para la aplicación de la misma se hallan en la norma ISO 55002, y los requisitos certificables del sistema de gestión se encuentran en la norma ISO 55001, los cuales se han organizado en siete elementos específicos y son: Contexto de la organización, Liderazgo,

Planificación, Soporte, Operación, Evaluación del desempeño y Mejora, mismos que se encuentran alineados a la norma europea EN-16646. (UNE-EN 16646, 2014, p. 12)

La norma europea EN-16646 ha detallado claramente cuatro factores que impactan sobre dichos requisitos, estos factores se pueden apreciar en el gráfico 3-2, y se detallan a continuación:

- Características y objetivos de la empresa
- Mercado
- Comunidad
- Tecnología

Para tener una idea clara de los factores, el gráfico 3-2 nos muestra algunos ejemplos de cada uno de ellos, y como se interrelacionan e influyen cada uno con el plan estratégico de una organización.

Del gráfico 3-3, se puede decir también que el primer factor afecta significativamente sobre la gestión de los activos físicos y la gestión del mantenimiento. En segundo lugar, las características del mercado influyen sobre los requisitos de la gestión de los activos físicos, al igual que la comunidad donde se encuentran los activos tienen distintos efectos sobre los requisitos y las soluciones de la gestión de los activos físicos. Mientras que los factores tecnológicos, influyen sobre las prácticas y las estrategias de la gestión de los activos físicos. (UNE-EN 16646, 2014, p. 13)

Los factores mencionados anteriormente pueden ser determinados y calculados a través de indicadores de desempeño (KPIs), mismos que servirán para la toma de decisiones acertadas durante la gestión de los activos físicos. (UNE-EN 16646, 2014, p. 13)

A partir de la determinación de los requisitos sobre los activos físicos, derivan algunos puntos como: la planificación estratégica sobre los activos, la estrategia y los planes de gestión de activos. Una vez que se cumple la anterior etapa, es posible definir las estrategias y planes de mantenimiento y los indicadores de desempeño necesarios. Toda esta información debe ser retornada desde la gestión del mantenimiento a la gestión de los activos físicos y análisis estratégicos. (UNE-EN 16646, 2014, p. 13)

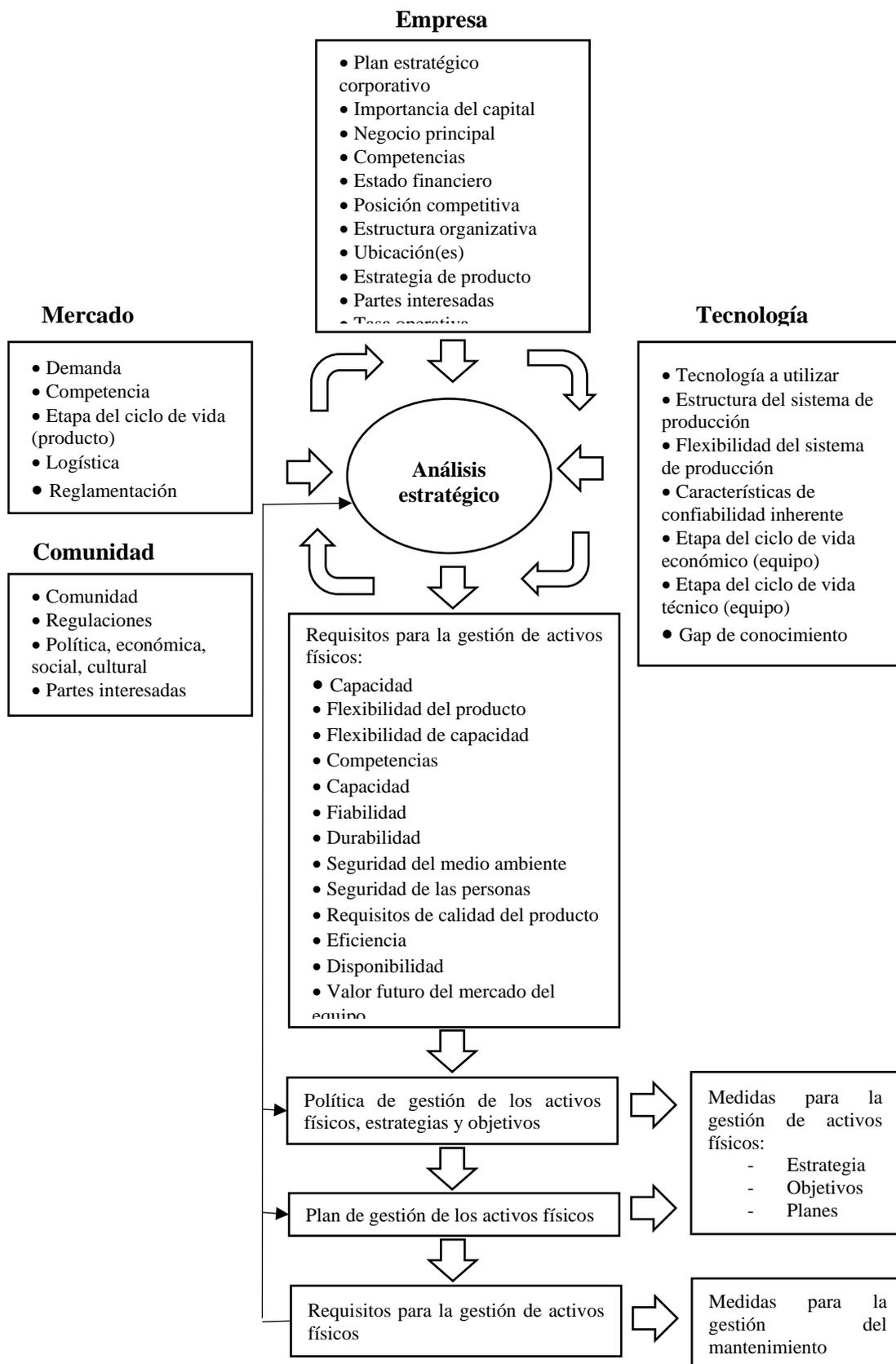


Gráfico 3-2. Interrelación entre organización, gestión de activos y el mantenimiento

Fuente: UNE-EN-16646. 2014.

2.6 Procesos de gestión de los activos físicos y etapas del ciclo de vida

Los procesos de gestión de los activos físicos producen un valor sostenible siguiendo los requisitos de la organización. Estos procesos se gestionan de acuerdo a la política, estrategias y planes de gestión de los activos físicos. Necesitan de apoyo para utilizarse. Por lo tanto, se intercambia mucha información entre partes diferentes del sistema de gestión de los activos físicos ya que es un ciclo de interacción y repetitivo de mejora continua.

Todos los procesos se organizan para satisfacer las necesidades de la organización. El gráfico 4-2 muestra los procesos principales que se dedican directamente a los objetivos.

Estos procesos principales son:

- La adquisición de activos físicos adecuados, para satisfacer las necesidades de la organización, o fabricación de los activos físicos si no existen en el mercado en condiciones económicas aceptables.
- La operación de activos para optimizar el valor creado para las organizaciones.
- El mantenimiento aplicado a los activos con el fin de optimizar el valor creado para las organizaciones.
- La modernización (mejora) de los activos para obtener un valor mayor a lo largo del ciclo de vida global del activo.
- Puesta fuera de servicio y/o retirada de los activos cuando se alcanza el fin de la vida útil.
(UNE-EN 16646, 2014, pp. 16–17)

Los procesos de apoyo, que son generalmente invisibles para los usuarios, son necesarios ya que proporcionan recursos (por ejemplo: recursos humanos, de información y materiales), gestionan información, controlan los riesgos, evalúan la ejecución y permiten mejoras. Es necesario un proceso de gestión para establecer, implementar y mantener la política, estrategia, objetivos y planes de gestión de los activos físicos (Ver gráfico 4-2). (UNE-EN 16646, 2014, p. 17)

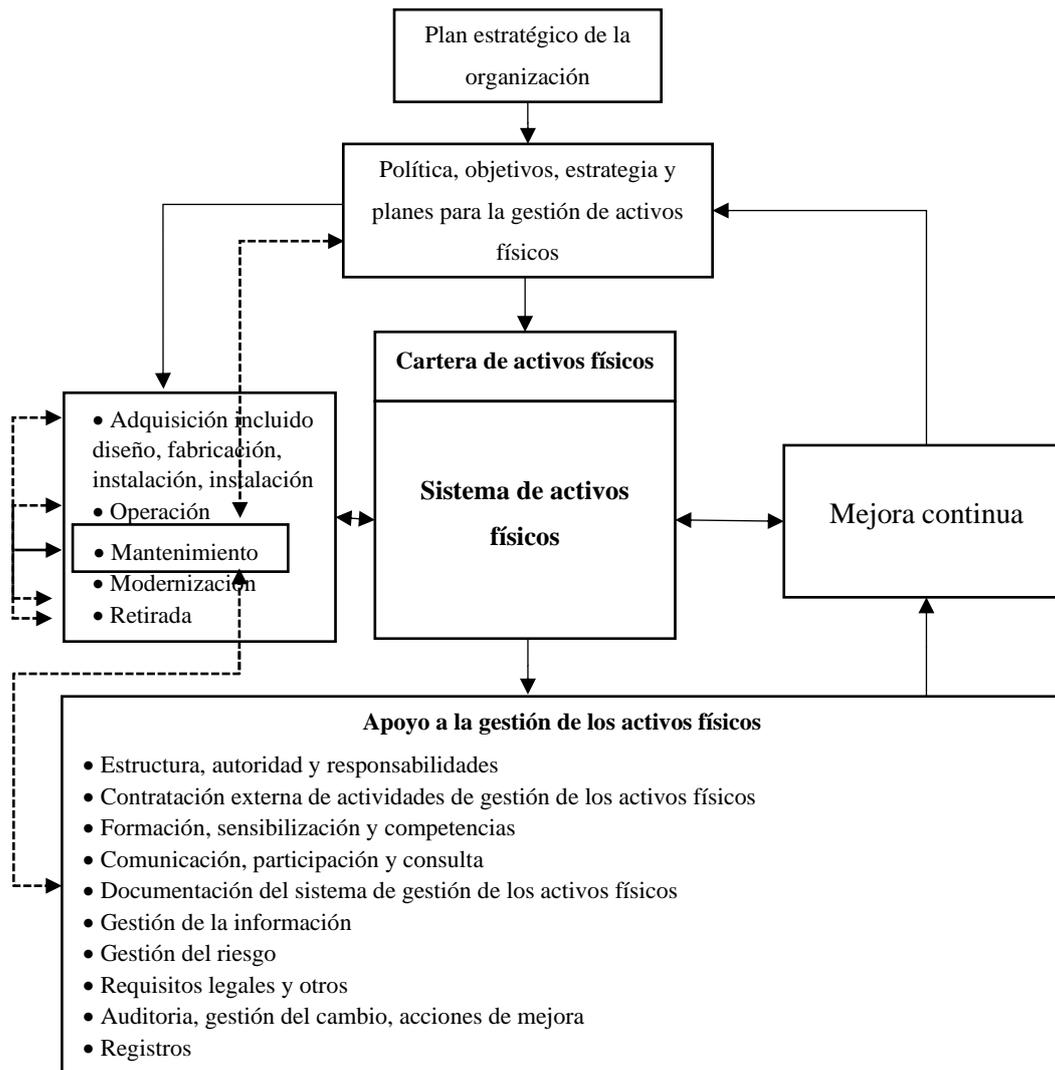


Gráfico 4-2. Relaciones entre procesos de mantenimiento, y sistema de gestión

Fuente: UNE-EN-16646. 2014.

2.7 Auditoría

Existen muchas definiciones referentes a una auditoría, Sandoval H. menciona lo siguiente:

Auditoria, en su acepción más amplia, significa verificar que la información financiera, administrativa y operacional que genera una entidad es confiable veraz y oportuna, en otras palabras, es revisar que los hechos, fenómenos y operaciones se den en la forma en que fueron planeados; que las políticas y lineamientos establecidos se hayan observado y respetado; que se cumple con las obligaciones fiscales, jurídicas y reglamentarias en general. Asimismo, significa evaluar la forma en que se administra y opera con el fin de aprovechar los recursos al máximo. (Sandoval, 2012, p. 28)

2.7.1 Auditoría interna de Gestión de Mantenimiento

Las auditorías internas, a veces llamadas auditorías de primera parte, son realizadas por, o en nombre de, la organización misma. Puede tener origen de inconformidad por parte de la organización al no cumplir con los objetivos de la misma; Una auditoría se la define bajo norma como: “un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría”. (ISO 19011, 2011, p. 1)

Las auditorías de segunda y tercera parte son consideradas como las auditorías externas, siendo las auditorías de segunda parte llevadas a cabo por las partes que tienen un interés en la organización, como los clientes, o por otras personas en su nombre, mientras que las auditorías de tercera parte están a cargo de organizaciones de auditoría independientes, destinadas a proporcionar una certificación o registro de conformidad.

2.7.2 Elementos de una auditoría

A continuación, se establecerán los elementos de fondo en relación con las características que debe tener una auditoría:

- **Independencia:** Una auditoría debe ser independiente, ya que su trabajo se debe desarrollar con plena libertad, esto es, que no deberá de tener ninguna restricción que pueda limitar de alguna manera el alcance de la revisión, hallazgos y conclusiones que deriven de la misma.
- **Establecida:** Una auditoría se considera como establecida, ya que es requerida, confirmada y autorizada por la misma organización.
- **Examinadora y evaluadora:** El trabajo de auditoría gira en torno a los hallazgos derivados de una primera etapa de trabajo y del subsiguiente juicio evaluatorio.
- **Actividades que la integran:** Sus actividades se fundan en el alcance jurisdiccional que la integra, esto es, deberá ser aplicable conforme a las actividades propias de la organización.
- **Servicio:** Es el producto final de la auditoría, el cual tiende hacia la asistencia, apoyo, ayuda y crecimiento.
- **La Intervención de la organización:** La cual confirma el alcance de la auditoría, el que deberá de estar dirigido a toda la organización, por lo que incluye al personal, consejo de administración y accionistas.
- **Mecanismo de control y prevención:** Esto implica la responsabilidad del auditor interno de formar parte del control de la organización y la extensión que tendrá hacia el examen y control, el cual provee mediante la elaboración e implementación de procedimientos,

partiendo de que el auditor deberá ser un profesional en relación con los mecanismos de prevención. (Sandoval, 2012, pp. 31–32)

2.7.3 Evidencia de la auditoría

La evidencia de la auditoría se define bajo norma como: “registros, declaraciones de hechos o cualquier otra información que son pertinentes para los criterios de auditoría y que son verificables, los mismos que pueden ser cualitativa o cuantitativa”. (ISO 19011, 2011, p. 5)

Una evidencia no puede ser competente si al mismo tiempo no es relevante y válida. Para ser relevante debe relacionarse con la afirmación en cuestión, la validez o confiabilidad de la evidencia depende de las circunstancias en que se recibió.

Esto hace difícil generalizar y está sujeto a excepciones, pero la evidencia ordinariamente es positiva cuando:

- Se obtuvo de fuentes independientes; es decir, fuera de la empresa del cliente.
- Se generó internamente mediante un sistema provisto de controles eficaces.
- Se obtuvo directamente del auditor (por ejemplo, observando la aplicación de un control) no indirectamente ni por inferencia.
- Tiene forma documental (papel, medios electrónicos o de otro tipo) y no una representación oral.
- Se obtiene de documentos originales, no de fotocopias ni facsímiles. Además, si la evidencia proviene de dos o más fuentes, dan a los auditores mayor seguridad, que la que obtendrían de las cuentas si las analizaran individualmente. (Espino, 2014, p. 6)

2.7.4 Criterios de auditoría

Son el conjunto de políticas, prácticas, procedimientos o requisitos frente a los cuales el auditor, en ejecución de su trabajo, compara las evidencias obtenidas. La norma ISO 19011 define los criterios de auditoría como: “conjunto de requisitos utilizados como referencia con respecto a los cuales se compara la evidencia objetiva”. (ISO 19011, 2011, p. 6)

Las áreas funcionales y criterios a evaluar están en relación a la organización, personal, ingeniería, preparación, planificación, aprovisionamiento, contratación, presupuesto y eficiencia, englobando un cuestionario entorno a ocho bloques:

- Gestión de personal y subcontratados.
- Programación y planificación de los trabajos.
- Gestión de activos y recambios.
- Costes y compras.
- Mantenimiento.
- Documentación.
- Mejora continua.
- Seguridad. (Capelo, 2017, pp. 100–200)

2.7.5 *Resultados de la auditoría.*

Los resultados de una auditoría nos reflejan la conformidad o no conformidad, derivando de ello la identificación de riesgos y oportunidades de mejora o registro de buenas prácticas. Es decir, los resultados de una auditoría no son solo busca defectos o errores de una organización, al contrario, busca identificar oportunidades de mejora con el objetivo de implementarlas a futuro.

Son los resultados de la evaluación de la evidencia de la auditoría recopilada frente a los criterios de la auditoría. (ISO 19011, 2011, p. 6)

2.7.6 *Conclusiones de una auditoría*

Una auditoría termina con las propuestas de mejora y va acompañado de un resumen en una tabla, con gráfico y un análisis explicando las causas de las deficiencias encontradas. La norma define a las conclusiones de auditoría como: “resultado de una auditoría, después de considerar los objetivos de la auditoría y todos los hallazgos de auditoría”. (ISO 19011, 2011, p. 7)

2.8 Indicadores

La norma europea define un indicador como: “una característica o conjunto de características de un fenómeno medido, de acuerdo con una fórmula dada que avalúa su evolución”. (UNE-EN 15341, 2010, p. 6)

La norma europea define un cuadro de mando como: “conjunto de indicadores asociados, consistentes y complementarios, que proporcionan información sintética y global”. (UNE-EN 15341, 2010, p. 6)

2.8.1 *Indicadores claves de rendimiento mantenimiento*

Los Indicadores Clave de Rendimiento del Mantenimiento o Maintenance Key Performance Indicators conocidos como (KPIs) por sus siglas en inglés, apoyan la gestión en el logro de la excelencia en el mantenimiento y en el empleo de los activos técnicos de una manera competitiva. La mayoría de estos indicadores se aplican a todos los edificios, espacios y servicios industriales y de apoyo (construcciones, infraestructura, transporte, distribución, redes, entre otros.). (UNE-EN 15341, 2010, p. 6)

A continuación, se mencionan algunos de los indicadores más conocidos en el medio

- Confiabilidad, probabilidad de buen funcionamiento.
- Tasa de fallas, número de fallas por unidad de tiempo.
- Mean Time Between Failures, MTBF.
- Mean Time to Repair, MTTR.
- Disponibilidad probabilística, proyección de la fracción de tiempo en la que el componente se encontrará en condiciones para operar.
- Disponibilidad histórica respecto de un período de evaluación, indica la fracción de tiempo en la cual el componente estuvo en condiciones de operación.
- Utilización respecto de un período de evaluación, indica la fracción de tiempo en la cual el componente estuvo en operación.
- Costo de la falta, costo asociado por la indisponibilidad del componente. (Arata & Arata, 2013, p. 107)

2.8.2 *Utilidad de los indicadores*

Estos indicadores son utilizados principalmente para:

- Medir el estado.
- Realizar comparaciones (referencias internas y externas).
- Realizar diagnósticos (análisis de fuerzas y debilidades).
- Identificar objetivos y definir metas a alcanzar.
- Planificar acciones de mejoras.
- Medir los cambios de manera continua en el tiempo. (UNE-EN 15341, 2010, p. 6)

2.8.3 *Objetivos de los indicadores*

Cuando el rendimiento real o esperado no sea satisfactorio, posibilita que la gerencia defina objetivos y estrategias para mejorar desde un punto de vista económico, técnico y organizativo, utilizando el siguiente sistema de indicadores que permite a la organización:

- Evaluar el rendimiento
- Comparar el rendimiento.
- Identificar fortalezas y debilidades.
- Controlar el avance y los cambios en el tiempo.

La medición y el análisis de estos indicadores pueden ayudar a la gestión a: establecer objetivos, planificar estrategias, planificar acciones, y divulgar resultados con objeto de informar y motivar a las personas. (UNE-EN 15341, 2010, p. 7)

2.8.4 *Importancia en la selección adecuada de indicadores*

La selección de indicadores clave de rendimiento es una decisión importante que puede tener muchas implicaciones potenciales. Un conjunto de sugerencias para reforzar estas implicaciones positivas dentro de nuestro cuadro de mando son las siguientes:

- El papel de los indicadores clave de rendimiento debería ser la visión y predicción de futuro, en lugar del registro pasado.
- Los indicadores deben utilizarse para proporcionar información, fomentar el entendimiento y la motivación.
- Orientar esfuerzos hacia un pensamiento sistémico, hacia el cambio estructural fundamental y el aprendizaje organizacional, en lugar de la fijación de objetivos al azar.
- Asegurar que los indicadores claves del rendimiento son un marco para que todos entiendan y analicen con los objetivos al máximo nivel de la organización, y que puedan participar activamente y con entusiasmo en la mejora continua.

Los KPI's deben desarrollarse en las zonas donde se desee mejorar, cada KPI debe tener un nivel de rendimiento actual y futuros objetivos. Estos objetivos deben ser por tanto específicos claramente medibles y realizables (pero exigentes), realistas y en base al tiempo, es decir que puede realizarse un seguimiento de la mejora del rendimiento en el tiempo. (Parra & Crespo, 2015, p. 25)

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En el capítulo anterior se realizó la revisión bibliográfica de los diferentes temas indispensables para el desarrollo de un instrumento de evaluación y mejoras en base a la norma EN-16646 acerca del mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos.

3.1 Definición de los procesos y propuestas establecidos en la norma EN-16646

Se analizaron los procesos de la norma para cada uno de los diferentes niveles de activos (cartera de activos, sistema de activos y activos), de tal manera que, se obtuvieron tres grupos de acciones propuestas o estrategias de mantenimiento que servirán de soporte para cada uno de los procesos mencionados en la norma.

Las propuestas serán aplicables para los procesos en los que una organización no cumpla. Se podrá observar que en algunos casos las propuestas se repiten para los 3 niveles, esto es debido a que algunos de los procesos son semejantes y se relacionan entre los tres niveles. En consecuencia, son desarrollables de la misma manera para los 3 niveles.

3.1.1 *Definición de procesos y propuestas para el nivel de activos*

Los procesos a nivel de activos fueron extraídos tal cual menciona la norma EN-16646. Para cada uno de éstos se determinaron una o más acciones propuestas. Las acciones propuestas para cada proceso fueron determinadas y seleccionadas en conjunto con la experiencia de los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo pertenecientes a la Carrera de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica, después de haber realizado una revisión y análisis de los siguientes recursos bibliográficos como:

- Normas
- Libros
- Artículos científicos
- Revistas
- Entre otros

En la tabla 1-3 se muestra un extracto de los procesos y propuestas pertenecientes al nivel de activos.

Tabla 1-3. Procesos y acciones propuestas a nivel de activos

No	CÓDIGO	ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE ACTIVOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	A01	Concepto y definición	El departamento debe realizar un análisis de criticidad y determinación de la vida útil planificada (efectuado a nivel de sistema de activos)	Calcular la criticidad de los activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)
				Valorar y documentar el tiempo de vida útil requerido del sistema de activos
2	A02	Concepto y definición	El departamento debe participar activamente en la definición de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de prueba requerida (efectuado a nivel de sistema de activos)	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida del activo
3	A03	Concepto y definición	El departamento debe participar en el análisis de carga (efectuado a nivel de sistema de activos)	Calcular y analizar las capacidades de carga del sistema de activos
4	A04	Concepto y definición	El departamento debe participar activamente en la definición conceptual, especificación y análisis del coste del ciclo de vida en cuestión, cuando se necesite y sea posible	Calcular y analizar el costo del ciclo de vida (LCC)
5	A05	Diseño y desarrollo	Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del activo	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
				Elaboración de un procedimiento para la modificación de activos
				Elaboración de un procedimiento para la adquisición de activos nuevos

Fuente: UNE EN 16646. 2014

Realizado por: Inca, B.; Morales, H. 2020

Los procesos y la definición completa de las propuestas se pueden observar en el Anexo A. Se agregó un código para cada proceso donde la letra “A” significa activo y después se agrega un número secuencial, para facilitar la identificación durante su desarrollo.

3.1.2 Definición de procesos y propuestas a nivel de sistema de activos

Como en el caso a nivel de activos los procesos para el nivel de sistema de activos fueron extraídos tal cual menciona la norma EN-16646. Identificándose para cada uno de éstos una o más propuestas. Las acciones propuestas para cada proceso fueron determinadas y seleccionadas en conjunto con la experiencia de los docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo pertenecientes a la Carrera de Mantenimiento Industrial de la Facultad de Mecánica, después de haber realizado una revisión y análisis de los siguientes recursos bibliográficos como: normas, libros, artículos científicos, revistas, entre otros. En la tabla 2-3 se muestra un ejemplo de los procesos y acciones propuestas correspondientes al nivel de sistema de activos.

Tabla 2-3. Procesos y acciones propuestas a nivel de sistema de activos

No	CÓDIGO	ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE SISTEMA DE ACTIVOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	S01	Concepto y definición	El departamento debe realizar una estrategia de negocio de la organización para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre la actuación de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales.	Análisis Estratégico orientado a analizar el impacto sobre: los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales
2	S02	Concepto y definición	Mantenimiento debe realizar análisis de los factores internos de la organización que influyen en la elección de la solución de activos tales como el costo, la disponibilidad, la fiabilidad, la mantenibilidad y la logística de mantenimiento.	Elaborar un análisis causa efecto en la fase de creación o adquisición de un sistema de activos
3	S03	Concepto y definición operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe identificar y/o determinar los factores clave de éxito para el sistema de activos, así como sus requisitos y restricciones orientados al mantenimiento como son: Fiabilidad, Disponibilidad, entre otros.	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos
4	S04	Concepto y definición, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar la especificación de los sistemas de activos.	Elaborar el Inventario Técnico de los sistemas de activos
5	S05	Concepto y definición Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe participar en la determinación de la solución de activos para el sistema de activos, el análisis de criticidad y la determinación de niveles de desempeño (por ejemplo, eficacia global del equipo OEE,)	Calcular la criticidad de los sistemas de activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)
				Determinar la eficacia global del equipo (OEE)
6	S06	Diseño y Desarrollo Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del sistema de activos	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
				Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos

Fuente: UNE EN 16646. 2014

Realizado por: Inca, B.; Morales, H. 2020

Los procesos y la definición completa de las propuestas se pueden observar en el anexo B. Se agregó un código para cada proceso, donde la “S” significa sistema y junto acompaña un número secuencial, para facilitar la identificación de los mismos durante su desarrollo. Es importante mencionar que los procesos que son semejantes fueron resaltados en color verde tanto en la tabla anterior como el anexo B.

3.1.3 Definición de procesos y propuestas a nivel de cartera de activos

La definición de las propuestas se realizó de la misma manera que a nivel de activos y a nivel de sistema de activos. Con la particularidad que en los casos anteriores se tiene definido los procesos y acciones propuestas por etapas del ciclo de vida, pero a nivel de cartera de activos no existe esta clasificación por etapas, ya que a este nivel no siempre se pueden definir claramente las etapas del ciclo de vida. Por lo tanto, todas las etapas de los procesos de gestión de los activos físicos a este nivel son también válidos. (UNE-EN 16646, 2014, p. 17)

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de los procesos y acciones propuestas correspondientes al nivel cartera de activos.

Tabla 3-3. Procesos y acciones propuestas a nivel de cartera de activos

No	CÓDIGO	PROCESOS A NIVEL DE CARTERA DE ACTIVOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	C01	El departamento debe realizar una estrategia comercial de la organización incluyendo análisis de mercado y análisis del ambiente de negocio para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre el desempeño de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales	Análisis Estratégico orientado a analizar el impacto sobre: los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales
2	C02	El departamento debe identificar y/o determinar los factores clave de éxito orientados al mantenimiento	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos
3	C03	El departamento debe identificar y/o determinar los requisitos para los activos físicos orientados al mantenimiento como son: Mantenibilidad, especificaciones técnicas, Fiabilidad entre otros.	
4	C04	El departamento debe participar en la elaboración de las estrategias y políticas de los activos como, por ejemplo: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Basado en condición entre otras.	Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del activo y definición de políticas de mantenimiento
5	C05	El departamento debe colaborar en la asignación de tareas y roles a los diferentes sistemas de activos	Asignar la función requerida para los sistemas de activos
6	C06	El departamento debe realizar el análisis del costo del ciclo de vida de cada sistema de activos.	Calcular y analizar el costo del ciclo de vida (LCC)

Fuente: UNE EN 16646. 2014

Realizado por: Inca, B.; Morales, H. 2020

Los procesos y la definición completa de las propuestas se pueden observar en el anexo C. De igual forma que en los casos anteriores se asignó un código a cada proceso, donde la letra “C” significa cartera y junto se agrega un número secuencial, que permite facilitar la identificación de los mismos durante su desarrollo.

3.2 Elaboración del instrumento de evaluación

Con el fin de elaborar el instrumento de evaluación, se realizó una investigación y el análisis del contenido de la norma EN-16646 para comprender claramente los procesos mencionados en la norma. Al mismo tiempo, se revisaron materiales bibliográficos relacionados con la evaluación de la gestión del mantenimiento (con enfoque en la gestión de activos).

Se determinó que cada proceso a evaluar debe constar con la explicación del mismo, de esta manera se brinda un apoyo para que cualquier persona que utilice la herramienta y logre comprender el significado de cada proceso mencionado en la norma.

El instrumento contiene las acciones propuestas definidas en el apartado anterior, mismas que vienen a ser las oportunidades de mejora para las no conformidades. La implementación de estas acciones propuestas se encuentra detalladas desde el apartado 3.3 al 3.3.3.

En cuanto a la aplicación del instrumento de evaluación, es necesario mencionar y aclarar que no se establece ponderación para los criterios, es decir no hay pesos de calificación. La calificación se realizará a manera cualitativa, respondiendo a los criterios del instrumento con “sí” o “no”. El cumplimiento será verificado con evidencia física o digital.

3.2.1 Instrumento de evaluación

El instrumento de evaluación completo está compuesto por 209 preguntas, las cuales se encuentran divididas en 3 cuestionarios, para los diferentes niveles de jerarquización del sistema de gestión de activos físicos, y son: un cuestionario a nivel de cartera de activos formado por 63 preguntas, un cuestionario a nivel de sistema de activos formado por 61 preguntas y un cuestionario a nivel de activos compuesto por 85 preguntas. El instrumento de evaluación completo se lo puede encontrar más adelante en el anexo D.

3.3 Desarrollo del plan de acción de mejora

3.3.1 Desarrollo de las propuestas a nivel de activos

A continuación, se ha realizado el desarrollo de cada una de las propuestas definidas en el apartado 3.1.1. Este desarrollo servirá como una guía para implementar cada propuesta brindando solución a los procesos que menciona la norma EN-16646.

3.3.1.1 Cálculo de la criticidad basado en la Matriz de Criticidad Total por Riesgo.

El siguiente modelo de criticidad está basado en la estimación del factor de riesgo conjuntamente con atributos del activo físico, por lo que es una metodología semi cuantitativa, la cual ha sido desarrollada y aplicada por varias empresas internacionales y consultoras, haciéndola una de las metodologías más óptimas para determinar la criticidad de un activo físico.

Esta metodología es aplicable a nivel de sistema de activos físicos, relacionando la frecuencia de fallos y la consecuencia de los mismos, de manera que, a través de su implementación, se brindara solución a los procesos A01 y S05 del nivel de activos físicos y para el nivel de sistema de activos físicos correspondientemente

A continuación, se detalla los aspectos a tomar en cuenta para el cálculo de la criticidad total por riesgo.

Para obtener el valor de la criticidad o del riesgo se aplica la siguiente expresión:

$$(1) \quad CTR = FF * C$$

Donde:

- CTR = Criticidad total por riesgo
- FF = Frecuencia de fallos (rango de fallos en un tiempo determinado (fallos/año))
- C = Consecuencia de los fallos

En donde las consecuencias se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$(2) \quad C = (IO * FO) + CM + SHA$$

Donde:

- IO = Factor de impacto en la producción
- FO = Factor de flexibilidad operacional
- CM = Factor de costes de mantenimiento
- SHA = Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente

Los factores mencionados en las expresiones anteriores se presentan a continuación:

Tabla 4-3. Factor de frecuencia de fallos

FACTOR DE FRECUENCIA DE FALLOS (FF)	
(Escala 1-4)	Descripción
4	Frecuente: mayor a 2 eventos al año
3	Promedio: 1 y 2 eventos al año
2	Buena: entre 0,5 y un 1 evento al año
1	Excelente: menos de 0,5 eventos al año

Fuente: Crespo & Parra, 2015.

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Tabla 5-3. Factor de impacto operacional

IMPACTO OPERACIONAL (IO)	
(Escala 1-10)	Pérdidas de producción
10	Superiores al 75%
70	Entre el 50% y el 74%
5	Entre el 25% y el 49%
3	Entre el 10% y el 24%
1	Menor al 10%

Fuente: Crespo & Parra, 2015.

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Tabla 6-3. Factor de impacto por flexibilidad operacional

IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)	
(Escala 1-4)	Descripción
4	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes
2	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios
1	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños

Fuente: Crespo & Parra, 2015.

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Tabla 7-3. Factor de impacto en costes de mantenimiento

IMPACTO POR COSTES DE MANTENIMIENTO (CM)	
(Escala 1-2)	Descripción
2	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares
1	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares

Fuente: Crespo & Parra, 2015.

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Tabla 8-3. Impacto en seguridad, higiene y ambiente

IMPACTO EN SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA)	
(Escala 1-8)	Descripción
8	Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)
6	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración
3	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas
1	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales

Fuente: Crespo & Parra, 2015.

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Procedimiento de aplicación

Primero: La selección de los factores ponderados se realiza en reuniones de trabajo con la participación de distintas personas involucradas en el contexto operacional del activo en estudio (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente)

Segundo: Se seleccionan los sistemas a priorizar y se genera una lluvia de ideas en las que se le asignan a cada equipo los valores correspondientes de cada uno de los factores que integran la expresión de Criticidad Total por Riesgo.

Tercero: Para obtener el nivel de criticidad de cada equipo/sistema, se toman los valores totales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencias de los fallos y se ubican en la matriz de criticidad 4x4 como se puede visualizar en la figura 1-3. El valor de frecuencia de fallos se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencias se ubica en el eje horizontal (se toma el resultado final de la expresión C: $(IO \times FO) + CM + SHA$).

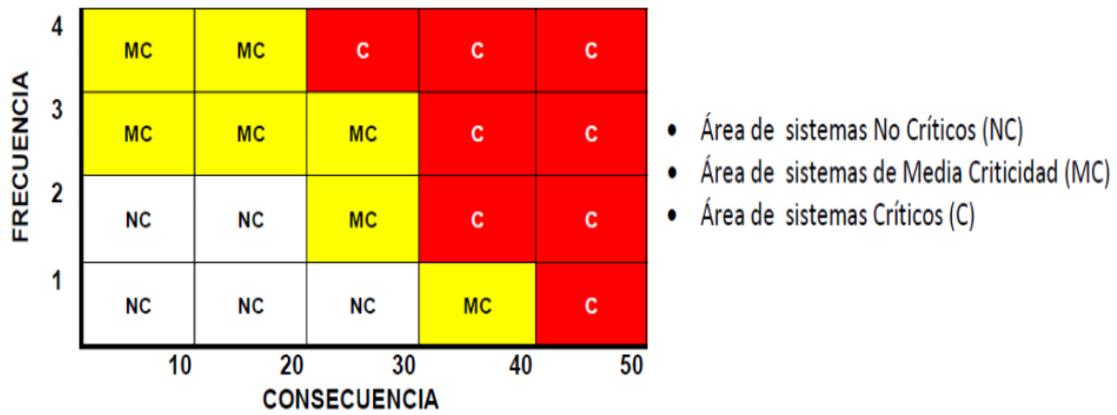


Figura 5. Matriz de criticidad propuesta por el modelo CTR

Fuente: Parra & Crespo, 2015.

3.3.1.2 Elaboración de un formato para la definición de la fiabilidad y mantenibilidad

Durante la etapa de creación de un activo físico o de adquisición, un proceso muy importante que debe llevarse a cabo, es la definición de ciertos requisitos que el activo físico debe cumplir como los niveles de fiabilidad y mantenibilidad, que serán necesarios para poder cumplir con los objetivos, tanto de mantenimiento como los organizacionales.

Por esta razón las características de confiabilidad y especialmente de disponibilidad del sistema de activos, son la base para la atribución de los requisitos mencionados.

Fiabilidad: Para definir y calcular el nivel de fiabilidad de un activo físico, se puede hacer de dos maneras, la primera, considerando la tasa de fallos prevista de un activo y la segunda, por medio de la vida útil completa del mismo, es decir: Convirtiendo la fiabilidad inherente a fiabilidad operativa a través del mantenimiento. (UNE-EN 16646, 2014, p. 26)

Mantenibilidad: El cálculo del nivel de mantenibilidad se define a través de una serie de requisitos, los cuales se detallan en la tabla 9-3.

Es importante que el Departamento de Mantenimiento tenga documentado la definición de los requisitos mencionados anteriormente, por lo que a continuación, se plantea una propuesta para definir y documentar físicamente los requisitos mencionados en el proceso A02 y A01, la cual debe ser elaborada por el responsable de Mantenimiento.

El siguiente formato podrá ser implementado para los siguientes niveles jerárquicos del sistema de gestión de activos físicos, que son: a nivel de activos físicos y nivel de sistema de activos.

Tabla 9-3. Formato de ficha de conceptualización de activos físicos

LOGO	DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
	FICHA DE CONCEPTUALIZACIÓN			
Fecha elaboración				
Sistema/activo/componente:				
NIVELES REQUERIDOS DE FIABILIDAD				
Función		Tiempo de vida útil		
Estándar de funcionamiento		% Fiabilidad Requerida		
% Disponibilidad Requerida				
NIVELES REQUERIDOS DE MANTENIBILIDAD				
Nivel de mantenimiento	<i>Nivel 1</i>		Escalón de mantenimiento	
	<i>Nivel 2</i>			<i>en el terreno</i>
	<i>Nivel 3</i>			
	<i>Nivel 4</i>		<i>por el fabricante</i>	
	<i>Nivel 5</i>			
		SI	NO	
posibilidad de detectar degradaciones				
posibilidad de detectar fallos y defectos				
posibilidad de disponer de un mantenimiento predeterminado				
capacidad del ajuste y limpieza				
accesibilidad a los componentes				
capacidad para ensayar los activos				
Nombre y Firma del Responsable de Mantenimiento				

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

3.3.1.3 Cálculo y análisis de las capacidades de carga de un sistema de activos

El proceso se refiere a que durante la creación o compra de un sistema de activos se debe primero realizar el cálculo de la capacidad que requiere el sistema productivo, para luego realizar un análisis de las capacidades de carga, con el fin de ver si el sistema puede cumplir con los objetivos que necesita un proceso de producción y mantenimiento.

Este análisis debería realizarlo el Departamento de Mantenimiento en conjunto con otras funciones técnicas, tales como: producción u operación, quienes deben comparar y analizar los datos técnicos de los sistemas de activos en base a las condiciones de funcionamiento y características del mismo. Cabe mencionar que un aspecto fundamental en la selección de un activo o sistema de activos es el contexto operacional, este contexto influye directamente sobre las capacidades del activo, de modo que una mala selección de las características técnicas puede provocar anomalías, seguidas de fallos funcionales de las partes y componentes del activo que están sometidas directamente con las cargas.

3.3.1.4 Cálculo y Análisis del costo del ciclo de vida (LCC).

El proceso A04 menciona que el Departamento de Mantenimiento debe participar en el análisis del costo del ciclo de vida del activo. Este análisis se utiliza como proyección para tener una estimación de cuál será el costo del ciclo de vida de sus activos antes de su materialización. Además, permite evaluar, comparar diseños alternativos y realizar estudios de factibilidad económica, permitiendo planificar los recursos necesarios para el mantenimiento y la operación del sistema y/o activo.

Por lo que es necesario que el Departamento cuente con un modelo de cálculo para el LCC. A continuación, se describe el procedimiento de determinación del análisis del costo del ciclo de vida de un activo de acuerdo a la norma EN 60300-3-3. Dicho modelo permite cumplir con el proceso A04 y C06, para el nivel de activos y cartera de activos respectivamente.

Modelo LCC basado en costes para las fases del ciclo de vida.

El costo de ciclo de vida se obtiene mediante la siguiente expresión basada en las seis etapas del ciclo de vida.

Primer nivel de desglose:

$$(3) \quad LCC = C_{CD} + C_{DD} + C_M + C_I + C_{OM} + C_D$$

Donde:

- LCC: es el costo de ciclo de vida
- C_{CD} : es el costo de la fase de concepción y definición
- C_{DD} : es el costo de la fase de diseño y desarrollo
- C_M : es el costo de la fase de fabricación
- C_I : es el costo de la fase de instalación
- C_{OM} : es el costo de la fase de operación y mantenimiento
- C_D : es el costo de la fase de eliminación

Los tres primeros elementos de costos pueden ser sustituidos por el costo de adquisición del activo.

Segundo nivel de desglose: a continuación, se detalla cómo se obtiene cada elemento de costo que conforman el primer nivel de la ecuación general.

Costo de la fase de concepción y definición: se obtiene de:

$$(4) C_{CD} = C_{CDR} + C_{CDM} + C_{CDA} + C_{CDS}$$

Donde:

- C_{CDR} : es el costo de investigación de mercado
- C_{CDM} : es el costo de gestión del proyecto
- C_{CDA} : es el costo de la concepción y análisis del diseño
- C_{CDS} : es el costo de la especificación de requisitos

Costo de la fase de diseño y desarrollo: se obtiene de:

$$(5) C_{DD} = C_{DDM} + C_{DDE} + C_{DDD} + C_{DDT} + C_{DDS} + C_{DDP} + C_{DDV} + C_{DDQ} + C_{DDR} + C_{DDI} + C_{DDL}$$

Donde:

- C_{DDM} : es el costo de la gestión del proyecto
- C_{DDE} : es el costo de la ingeniería
- C_{DDD} : es el costo de la documentación de diseño
- C_{DDT} : es el costo de las pruebas
- C_{DDP} : es el costo de la ingeniería y planificación de la producción
- C_{DDV} : es el costo de selección de proveedores
- C_{DDQ} : es el costo de la gestión de calidad
- C_{DDR} : es el costo del análisis de riesgos
- C_{DDI} : es el costo del análisis de impacto ambiental
- C_{DDL} : es el costo de desarrollo logístico

Costo de la fase de fabricación: se obtiene de:

$$(6) C_M = C_{MN} + C_{MR}$$

Donde:

- C_{MN} : es el costo de fabricación, no recurrente
- C_{MR} : es el costo de fabricación, recurrente

Costo de la fase de instalación: se obtiene de:

$$(7) \quad C_1 = C_{IN} + C_{IR}$$

Donde:

- C_{IN} : es el costo de instalación, no recurrente
- C_{IR} : es el costo de instalación, recurrente

Costo de la fase de operación y mantenimiento: se obtiene de:

$$(8) \quad C_{OM} = C_{OMO} + C_{OMC} + C_{OMP} + C_{OMV}$$

Donde:

- C_{OMO} : es el costo de operación
- C_{OMC} : es el costo del mantenimiento correctivo
- C_{OMP} : es el costo del mantenimiento preventivo
- C_{OMV} : es el costo de las actualizaciones

Costo de la fase de eliminación: se obtiene de:

$$(9) \quad C_D = C_{DS} + C_{DD} + C_{DR}$$

Donde:

- C_{DS} : es el costo de parada del sistema
- C_{DD} : es el costo de desmontaje y retirada
- C_{DR} : es el costo de reciclado

Tercer nivel de desglose: Tomando como referencia a los costos de operación y mantenimiento, el valor para los costos de operación se obtiene de:

$$(10) C_{OMO} = C_{OMOL} + C_{OMOM} + C_{OMOP} + \dots$$

Donde:

- C_{OMOL} : es el costo del personal
- C_{OMOM} : es el costo de materiales y consumibles
- C_{OMOP} : es el costo de alimentación, entre otros

Mientras que los costos del mantenimiento correctivo: se obtiene de:

$$(11) C_{OMC} = C_{OMCL} + C_{OMCF} + C_{OMCC} + C_{OMCS} + \dots$$

Donde:

- C_{OMCL} : es el costo del personal
- C_{OMCF} : es el costo de las instalaciones (reparaciones)
- C_{OMCC} : es el costo de los servicios del contratista
- C_{OMCS} : es el costo del mantenimiento software, entre otras

En este elemento de costo se pueden añadir los costos de las piezas de repuesto, los costos de expedición y pérdidas de función. (UNE-EN 60300-3-3, 2009, p. 59)

3.3.1.5 Aplicación de la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF).

Todo activo físico, por más simple que parezca, necesita de un continuo mantenimiento, de esta manera se logrará que el activo se encuentre en condiciones óptimas para desempeñar la función requerida. Es por ello que se realizará un análisis funcional para determinar los modos de fallo del activo, para por medio de esto, saber qué consecuencias podrían darse en caso de suscitar la falla.

Un AMEF respalda el concepto de revisión de diseño y debe utilizarse lo antes posible en la etapa de diseño del sistema y subsistema.

Las razones para integrar el AMEF, según la norma EN 60812, son las siguientes:

- Determinar los modos de fallos que afecten al funcionamiento del sistema e impacten a la seguridad de las personas.
- Cumplir adecuadamente con los requisitos del contrato del cliente, según corresponda.
- Permitir y mejorar la confiabilidad y seguridad de un sistema, por ejemplo, mediante modificaciones en la etapa de diseño.
- Permite mejorar la mantenibilidad de un sistema. (BS EN 60812, 2006, p. 31)

Por lo que se propone la metodología del AMEF basada en el RCM, en la que se jerarquizarán los modos de fallos identificados, estableciendo un índice de criticidad que permita focalizar y optimizar los recursos disponibles: pautas preventivas, intervenciones programadas, mantenimientos predictivos, etc.; modificando incluso las políticas del mantenimiento. (Arata & Arata, 2013, p. 177)

La metodología del AMEF ayudará a dar solución al proceso, A05, la misma que servirá para los 3 niveles jerárquicos del sistema de gestión de activos físicos. El procedimiento para elaborar el análisis de modos de fallos y sus efectos está basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Dicho proceso se describe a continuación:

Primero: Describir las funciones del activo. La definición completa de una función consiste en redactar tres aspectos, los cuales son: un verbo conjugado en infinitivo, un objeto y un estándar de funcionamiento deseado por el usuario. Dichas funciones se listan numéricamente en la primera columna de la hoja de información del RCM. (Moubray, 2004, p. 23)

El estándar de funcionamiento se refiere a la magnitud de lo que los usuarios deseen que realice el activo, sin excederse de la capacidad de diseño.

Segundo: Describir las fallas funcionales que pueden suscitarse en el activo. Entendiéndose como falla funcional a la incapacidad de un activo físico para desarrollar la función requerida de acuerdo al estándar de funcionamiento deseado por el usuario.

Las fallas funcionales se listarán de manera alfabética en la segunda columna de la hoja de información del RCM.

Tercero: Una vez identificadas las fallas funcionales, el paso posterior es determinar las posibles causas que pueden provocar dichas fallas, a estos eventos se les conoce como modos de falla. La descripción correcta de un modo de falla consta de un sustantivo más un verbo o viceversa, por ejemplo: cojinetes agarrotados, motor quemado, impulsor suelto. Éstos deben ser definidos con el máximo detalle posible y se deben listar de manera numérica.

Cuarto: Se describe los efectos de falla, es decir, que es lo que sucede cuando ocurre un modo de falla, haciendo constar la siguiente información: la evidencia de que se ha producido la falla, la manera en que puede ocasionar consecuencias, los daños físicos y que debe hacerse para reparar la falla.

Quinto: Elaboración de un plan de mejora para mitigar los modos de falla.

La tabla 10-3 muestra el formulario de información del RCM, que indica los campos que se deben completar del análisis de modos de falla y sus efectos.

Tabla 10. Hoja de información RCM II (AMEF)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II	SISTEMA	CÓDIGO SISTEMA	FACILITADOR	FECHA	HOJA N°
	SUBSISTEMA	CÓDIGO SUBSISTEMA	AUDITOR	FECHA	DE
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	(Que sucede cuando se produce una falla)	

Fuente: Moubray, J. 2004

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.1.6 Procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos

Este proceso es un paso determinante en lo referente al cambio de una o varias funciones, dichos cambios, necesariamente, deben contar con un adecuado procedimiento de ejecución de manera que las instalaciones, sistemas, activos y componentes se encuentren disponibles cuando se los necesite.

En el gráfico 1-3 se detalla el procedimiento para la modificación de las instalaciones, sistemas, activos y componentes. Mientras que a continuación se detalla en que consiste cada acción del procedimiento.

Análisis de indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras: Como primer paso para que el Departamento de Mantenimiento realice mejoras o modificaciones en los equipos e instalaciones, el jefe departamental realizará un análisis de los indicadores para comparar y evaluar los resultados y con éstos, determinar si existe la necesidad de modificar el activo.

Identificar la modificación: El Departamento de Mantenimiento debe notificar a la dirección administrativa o autoridad competente sobre las posibles modificaciones a realizarse, para posteriormente generar una solicitud de modificación en donde se reflejen las modificaciones, las consecuencias de no realizar tales modificaciones, su costo y una descripción de los antecedentes del activo a modificarse.

Inspección de campo y evaluación de riesgos: Una vez que la autoridad competente comprende la necesidad de modificar el activo, ordenará que se realice una inspección en sitio, integrada por el jefe de mantenimiento y de bodega para observar el problema, evaluar el riesgo y determinar si la modificación es factible de realizar.

Aprobación de la modificación: Este punto depende de los resultados de la evaluación de los riesgos. Si el impacto recae sobre las consecuencias a la seguridad de las personas y el medio ambiente, la autoridad competente aceptará y aprobará la modificación, de lo contrario el personal de mantenimiento deberá llevar a cabo un seguimiento de la evolución del fenómeno determinado, para luego analizarlo y dar solución al problema.

Asignación de los recursos de logística: Esta actividad se refiere a la asignación y programación de diferentes recursos como: la documentación técnica, equipos de apoyo y herramientas, materiales, entre otros.

Implementación y Verificación: El departamento de mantenimiento como encargado de realizar la modificación, tendrá la responsabilidad de llevar a cabo tareas de pruebas de funcionamiento para verificar la correcta implementación de la modificación. En caso contrario si la tarea fue tercerizada, Mantenimiento deberá verificar los requerimientos de modificación solicitados.

Actualización de la documentación: Cumplidos los pasos anteriores se procederá a actualizar la documentación: Planes e historiales de mantenimiento, concernientes a las diferentes modificaciones antes implementadas.

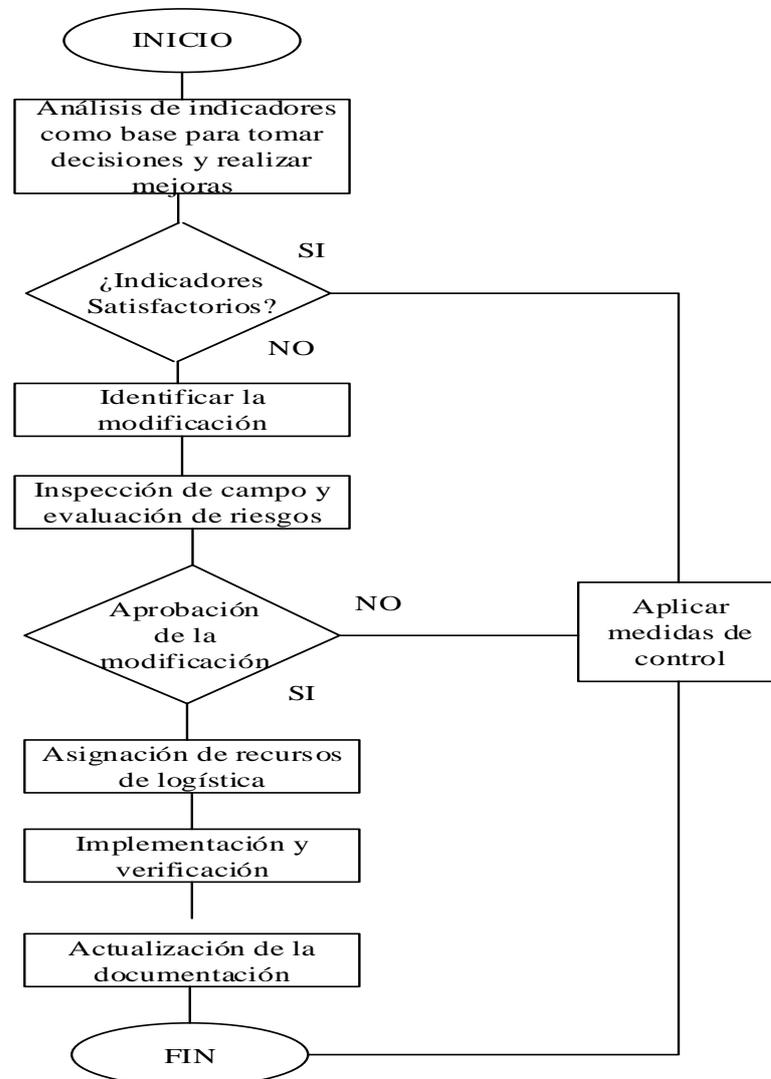


Gráfico 6. Procedimiento de modificación de activos físicos

Fuente: Capelo, R. 2017

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

3.3.1.7 Procedimiento para la adquisición de equipos nuevos

El proceso de adquisición de equipos nuevos debe contar con un adecuado procedimiento de ejecución, de manera que las instalaciones, sistemas, activos y componentes se encuentren disponibles cuando se los necesite.

En el gráfico 2-3, se detalla el procedimiento para la adquisición de equipos o activos nuevos.

Selección del activo nuevo: La función de Mantenimiento dentro de un proceso de adquisición de activos nuevos es la de participar en la selección del activo, ya que es el encargado de analizar las necesidades requeridas para un proceso en conjunto con otras funciones técnicas y de producción. El análisis de estas necesidades ayudará a la toma de decisiones sobre qué activo adquirir.

Aprobación de la orden de compra: Este proceso, netamente, lo decide la dirección administrativa de la empresa, quien aceptará o negará la compra del activo, considerando, entre otros aspectos, el valor económico del mismo.

Cotización y selección del proveedor: Cuando ya se tiene aprobada la orden de compras el Departamento de Compras tiene el deber de solicitar diferentes cotizaciones para seleccionar la más adecuada para la organización, si se cuenta con el presupuesto para la compra se continúa con el proceso, de lo contrario se devuelve la orden de compra

Pedido al proveedor: El Departamento de Contabilidad es el encargado de solicitar, contactar y realizar el desembolso al proveedor seleccionado para adquirir el activo.

Recepción del activo: la recepción del activo involucra específicamente a bodega quien es el encargado de recibir el activo verificando el estado del mismo. El activo deberá incluir los manuales de operación, manuales de partes, manuales de mantenimiento, planos mecánicos, planos de engrase, planos eléctricos, entre otros.

Aceptación del activo: En esta etapa se verifican las características y especificaciones técnicas del activo; deberán estar presentes el proveedor, el personal de mantenimiento, el personal de operación, el jefe del área solicitante y el bodeguero, quienes tienen el deber de evidenciar e identificar que el activo cumpla con las características o especificaciones técnicas solicitadas caso contrario se procede a la devolución del activo.

Recepción e inicio de garantía: Se recibe y codifica el activo agregándolo a la base de datos de la empresa, a su vez se firma un documento estipulando el tiempo que cubre la garantía del activo por parte del proveedor y del encargado del activo.

Fiscalización e instalación: El Departamento de Mantenimiento es el encargado de fiscalizar. El proveedor instalará, verificará el contexto operacional y pondrá a punto el activo; en caso de que el contexto operacional no cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente, el proveedor deberá modificar los parámetros. Además, el proveedor entregará toda la información que requiere el personal de mantenimiento y de operación para el funcionamiento del activo.

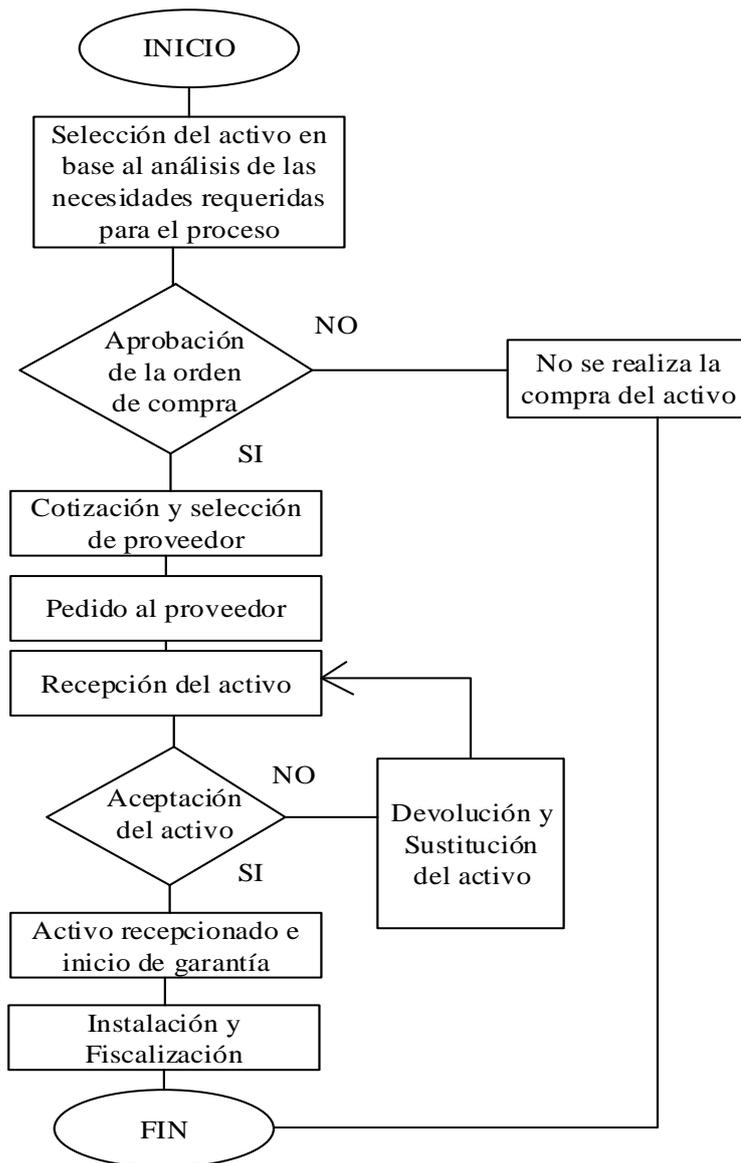


Gráfico 7. Procedimiento de adquisición de activos físicos

Fuente: Capelo, R. 2017

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

3.3.1.8 Desarrollo de una propuesta de reporte de fallas al fabricante.

La normativa UNE-EN-16646 menciona en el proceso A06, que Mantenimiento debe participar de manera activa durante la etapa de fabricación de un activo. Si bien es cierto la mayoría de las organizaciones no fabrican sus propios activos, sino realizan la compra según sus necesidades. Dicho esto, Mantenimiento debe buscar alguna solución y manera de contribuir con alguna información para poder gestionar esta etapa. Por lo que se ha realizado la siguiente propuesta.

Para que mantenimiento contribuya en la fabricación, debe participar conjuntamente con el fabricante o la entidad vendedora de los activos, mediante reportes de fallas, con la finalidad de

informar las fallas que se presenten, para que el fabricante pueda analizar, tomar decisiones y realizar mejoras durante el proceso de fabricación de los activos. A continuación, en la tabla 11-3, se presenta el modelo de reporte de fallas que se emitirá al fabricante o entidad vendedora.

Tabla 11. Reporte de Fallas al fabricante

Reporte No	REPORTE DE FALLAS DE ACTIVOS FÍSICOS		Fecha
EMPRESA:			
Nombre del equipo		Ubicación	
Marca		Código equipo	
Modelo		Fecha última falla	
Serie		Estado	
Descripción de la falla			
Observaciones y/o Recomendaciones			
Nombre y cargo de quien realiza el reporte		Firma del responsable de Mantenimiento	

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

3.3.1.9 Desarrollo de un Checklist para procedimientos de instalación

Como en el caso anterior la norma EN-16646, menciona que el Departamento de Mantenimiento debe participar en la etapa de instalación y puesta en servicio del activo. Una de las mejores maneras en que dicho proceso se puede llevar a cabo es mediante la verificación de las especificaciones a tener en cuenta por parte del fabricante antes y durante la instalación y la puesta en marcha de los activos o de los sistemas de activos. Dichas especificaciones pueden ser agrupadas en: especificaciones de transporte y almacenamiento, especificaciones de instalación y alineación del equipo y especificaciones de puesta en marcha.

Por tal razón, se ha desarrollado un modelo de checklist, para que Mantenimiento participe como fiscalizador y verifique el cumplimiento de las especificaciones, de tal forma que se cumpla el proceso A07. Según la necesidad se pueden añadir más especificaciones al formulario como se muestra en la tabla 12-3.

Tabla 12. Checklist para instalación de activos físicos

CHECKLIST PARA INSTALACION DE ACTIVOS FÍSICOS		N°
FECHA		

NOMBRE MAQUINA				
NOMBRE DEL RESPONSABLE				
DEPARTAMENTO				
ITEM	Especificaciones de transporte y almacenamiento	SI	NO	NA
1	Se encuentra en buen estado el activo			
2	El embalaje se encuentra en buen estado			
3	Los elementos del activo han sufrido algún daño			
4	Se siguieron las condiciones correctas de izamiento			
5	El lugar de almacenamiento tiene temperatura adecuada			
6	El lugar de almacenamiento tiene humedad aceptable			
7	El lugar de almacenamiento tiene ventilación adecuada			
8	El lugar de almacenamiento tiene protección ante la entrada de polvo, agua o insectos			
9	Las condiciones de apoyo están libres de vibraciones y movimientos que puedan dañar el activo			
ITEM	Especificaciones de instalación y alineación			
1	La cimentación se encuentra en buen estado			
2	La posición de los agujeros o pernos de fijación concuerda con la indicada en los planos de cimientos			
3	La nivelación de la cimentación es la correcta			
4	La alineación del activo cumple con las tolerancias correctas			
5	Las conexiones eléctricas se realizan sin conexión de la red de suministro			
ITEM	Especificaciones de puesta en marcha			
1	El activo está correctamente anclado a los cimientos y estos se encuentran en buen estado			
2	El ajuste de los pernos de fijación es correcto			
3	Las aberturas de ventilación del activo no se encuentran obstruidas			
4	Si el activo necesita lubricación de alguna de sus piezas. Se realizará siguiendo las indicaciones del fabricante.			
5	Se han retirado los dispositivos de enclavamiento para el transporte			
6	El tablero eléctrico y/o de control funciona correctamente			
7	Los elementos rotativos se mueven con libertad sin presentar ruidos anormales			
8	Una vez en marcha el funcionamiento del activo es correcto de acuerdo al manual del fabricante			

Fuente: Castillo, J. 2012

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Para los sistemas de activos que requieren de pruebas de puesta a punto después de su instalación como son el caso de: calderos, sistemas de presión, entre otros, no será aplicable el checklist propuesto, ya que en este caso la empresa que otorga el servicio de instalación, tiene la responsabilidad de realizar dichas pruebas. La responsabilidad de mantenimiento es la de solicitar que se entregue las pruebas de puesta a punto.

3.3.1.10 Elaboración de políticas para la gestión de la documentación

La operación de un activo físico durante su ciclo de vida permite generar documentos. La norma EN-13460 describe a aquellos que se generan durante el CAPEX Y OPEX de un activo físico, dicha información debe ser gestionada por el departamento encargado.

CAPEX: En la siguiente tabla se detalla una breve explicación del contenido de cada documento procedente del CAPEX. El mismo que se encuentra constituido por las siguientes etapas del ciclo de vida: definición del concepto, diseño, fabricación, instalación y puesta en marcha.

Tabla 13. Documentos generados durante el CAPEX

No	Nombre del Documento	Descripción del documento
1	Datos técnicos	Se refiere a aquellas especificaciones proporcionadas por el fabricante del elemento
2	Manual de operación	En un manual de operación consta las diferentes instrucciones técnicas a seguir por el o los operadores del activo o sistema en cuestión
3	Manual de mantenimiento	Se refiere al manual que contiene todas las instrucciones técnicas definidas para preservar o restituirle a un estado en el que el activo o sistema pueda desarrollar su función requerida
4	Disposición	En este documento se muestra la distribución y la posición de todos los componentes reemplazables o cambiables de un elemento, activo o sistema.
5	Plano de engrase	En este documento consta de un plano que evidencia la posición de todos los puntos de engrase del elemento, activo o sistema
6	Informe de protocolo de pruebas	Se refiere al informe de puesta en servicio en el que se pone en discusión o manifiesto si el ítem cumple o no con los requerimientos
7	Planos generales	Existen diversidad de planos necesarios para la etapa de creación o adquisición del activo como lo son: planos de distribución de planta, planos de tuberías, planos de emplazamiento, plano de detalle, diagramas de instrumentación, entre otros.(NTE-INEN-EN-13460, 2010)

Fuente: INEN-EN 13460. 2010

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

OPEX: En la siguiente tabla se menciona una breve explicación del contenido de cada documento generado durante las etapas de: operación, mantenimiento, hasta la retirada del activo físico (OPEX).

Tabla 14. Documentos generados en OPEX

No	Nombre del Documento	Descripción del documento
1	Registro de activos	Se refiere a los datos básicos del activo procedentes de la fase preparatoria como de la operativa.
2	Registro histórico de operaciones de mantenimiento relativas a un elemento	Se refiere a la relación del histórico de órdenes de trabajo de un activo en específico en un tiempo determinado
3	Orden de trabajo	Documento principal para ejecutar, seguir y evaluar cada operación de mantenimiento
4	Lista de referencias cruzadas de repuestos	Se refiere a los diferentes catálogos de repuestos necesarios para el mantenimiento de los activos
5	Diagrama de causa efecto	De manera general este diagrama representa las diferentes hipótesis de las causas que producen un efecto dado (fallo).
6	Hoja de planificación	Relación de órdenes de trabajo con respecto a una prioridad dada
7	Hoja de programación	En este documento se planifican todas las órdenes de trabajo en un tiempo determinado.
8	Hoja de datos de disponibilidad y uso del elemento	En este documento se puede evidenciar el tiempo de indisponibilidad, tiempo de disponibilidad y el tiempo de uso del equipo.
9	Ficha Técnica	Datos técnicos proporcionados por el fabricante
10	Hoja de procedimiento de trabajo	Directrices para la ejecución de una tarea de mantenimiento
11	Plan de mantenimiento	Relación de las tareas de mantenimiento con una frecuencia dada
12	Solicitud de trabajo	Documento principal para solicitar un trabajo de mantenimiento
13	Órdenes de compra de elementos de mantenimiento	Solicitud escrita del pedido para fabricar o suministrar elementos necesarios para el mantenimiento.
14	Procedimientos para monitorización y verificación de elementos	Directrices para realizar actividades relativas al mantenimiento (monitorización y verificación de parámetros) durante el tiempo de disponibilidad e indisponibilidad
15	Control de registros de mantenimiento	Libro de control de todos los registros
16	Fichero de especialidades y formación de personal	Aquí se detallan las diferentes capacidades y habilidades del personal referente a la parte física y emocional (NTE-INEN-EN-13460, 2010)

Fuente: INEN-EN 13460. 2010

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

El objetivo de la gestión de la documentación es garantizar la integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información, por lo que se proponen políticas de gestión para asegurar una correcta gestión de la documentación, las mismas que servirán para los 3 niveles jerárquicos del sistema de gestión de activos físicos.

Documentación externa: Se entiende por documento externo todo aquel cuya elaboración, revisión o aprobación no ha sido realizada por la organización, como manuales y planos técnicos entregados por el proveedor al momento de adquirir un equipo. Es necesario que estos documentos tengan definido un código de identificación para un correcto procesamiento y vinculación con las actividades de mantenimiento.

Codificación de documentos externos: Los documentos externos serán codificados y marcados mediante la siguiente estructura de codificación.

Nivel 1 - Descripción del documento: Formado por 2 dígitos alfabéticos que describen el nombre del documento. Ejemplos: manual de operación (MO), manual de mantenimiento (MM), planos (PL), entre otros.

Nivel 2 - Descripción del equipo: Formado por 2 dígitos alfabéticos que describen el activo físico al que pertenece el documento, por ejemplo: bomba (BB), motor eléctrico (ME), caldero (CA), compresor (CO), entre otros.

Nivel 3 - Numeración: Formado por 3 dígitos numéricos secuenciales que describen la numeración del documento.

A continuación, en la tabla se muestra varios ejemplos de códigos para la documentación externa de mantenimiento.

Tabla 15. Codificación de documentos externos de mantenimiento

Código	Descripción
MM-BB-001	Manual de mantenimiento de la bomba 001
MM-CO-001	Manual de mantenimiento del compresor 001
MO-BB-001	Manual de operación de la bomba de agua 001
PE-ME-001	Plano eléctrico del motor eléctrico 001
PM-ME-001	Plano mecánico del motor eléctrico 001

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Política para el almacenamiento de los documentos: Durante las diferentes etapas del ciclo de vida se genera una gran cantidad de documentos, pueden ser físicos o digitales, es por ello que surge la necesidad de definir una política para el almacenamiento de documentación de manera que se logre tener un control óptimo de la información.

Documentos físicos: Para almacenar los documentos con formato físico, se recomienda utilizar dos archiveros, el primero se llamará archivo de mantenimiento y el segundo será el archivo técnico

- Archivo de Mantenimiento: La documentación que contendrá este archivero será la documentación interna de mantenimiento, es decir la que genera el departamento como son: órdenes y permisos de trabajo, planes de mantenimiento, procedimientos de trabajo, historial de fallas, entre otras. El responsable del departamento archivara la documentación de manera lógica y ordenada.
- Archivo Técnico: La documentación que se almacenará en este archivo será toda la documentación externa. De igual manera el responsable del departamento archivara la documentación de manera lógica y ordenada.

Documentos digitales: Para almacenar los archivos de los manuales digitales y planos digitales se recomienda desarrollar una base de datos que puede ser en Excel o alguna otra solución informática. Esta información debe ser almacenada en la nube para tener un respaldo de la documentación.

Formatos para documentos de trabajo de mantenimiento: Todo departamento debe contar con los formatos respectivos de los documentos de mantenimiento, ya que mediante estos documentos se tiene un suficiente control sobre las operaciones realizadas. La información que contiene ayudará directamente al cálculo de los indicadores claves del desempeño

Siguiendo la norma UNE EN-13460 se ha desarrollado los siguientes formatos

Solicitud de trabajo: Este documento es generado y emitido por el personal de operación, en el que se reporta las diferentes averías o fallos suscitados en el equipo, para que posteriormente mantenimiento atienda la respectiva solicitud. Se recomienda utilizar el siguiente formato.

Tabla 16. Formato de solicitud de trabajo

LOGO	SOLICITUD DE TRABAJO			
Nombre del Equipo			N.º Solicitud	
Código del Equipo			Fecha de emisión	
Prioridad	Urgente ()	Moderado ()	Hora de emisión	
Descripción de la falla:				
Observaciones y/o Recomendaciones				
Emitida por:				

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Solicitud de materiales: Este documento es emitido por el departamento de mantenimiento hacia bodega, en la que se solicita los materiales y repuestos necesarios para realizar una tarea de mantenimiento. Es por ello que este documento va vinculado con la orden de trabajo. En la siguiente tabla, se muestra el documento de solicitud de materiales y repuestos.

Tabla 17. Formato de Requisición de materiales y repuestos

LOGO	SOLICITUD DE MATERIALES Y REPUESTOS			
No de solicitud			Código del activo	
Fecha de entrega			No OT	
Hora de entrega				
Código Ítem				
Cantidad				
Unidad				
Descripción				
Autorizado por:				
Despachado por:				
Recibido por:				

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Orden de trabajo: Al ser la orden de trabajo el documento primordial de donde se obtiene la mayor información para la gestión del mantenimiento, es conveniente tener un formato bien

estructurado. En el anexo E se estructuró un formato que servirá tanto para trabajos preventivos como para correctivos.

Ficha técnica: Para la gestión de activos físicos es necesario que cada sistema de activos disponga de una ficha técnica, ya que en ésta se encuentra toda la información técnica relevante acerca del mismo, siendo de gran utilidad al momento de requerir repuestos. En el anexo F se propone un formato de ficha técnica con los datos y características técnicas que se deben registrar del activo físico.

3.3.1.11 Definición de las estrategias de mantenimiento en base a la criticidad del activo

Una de las funciones y responsabilidades principales del Departamento de Mantenimiento es la definición de las estrategias con las que se actuará sobre los sistemas de activos. Por esta razón es importante contar con un modelo de selección apropiado para determinar la estrategia más idónea de mantenimiento. A continuación, se propone un modelo de selección basado en la criticidad del activo físico. (Ver gráfico 3-3)

El procedimiento para llegar a la selección del modelo idóneo es bastante sencillo y se detalla a continuación:

- Primero se parte del cálculo de la criticidad del sistema. Para ello se puede seguir la metodología que se encuentra detallada en el apartado 3.3.1.1
- Una vez determinada la criticidad del sistema, se procede a responder el diagrama de flujo que se muestra en el gráfico 3-3. El resultado nos llevará a la estrategia de modelo de mantenimiento más adecuado.

Cada modelo de mantenimiento incluye los diferentes tipos de mantenimiento que existen en proporciones que se indicaran posteriormente. Además, todos estos incluyen dos actividades básicas e importantes que nunca pueden faltar al hacer mantenimiento, y son: la inspección visual y lubricación.

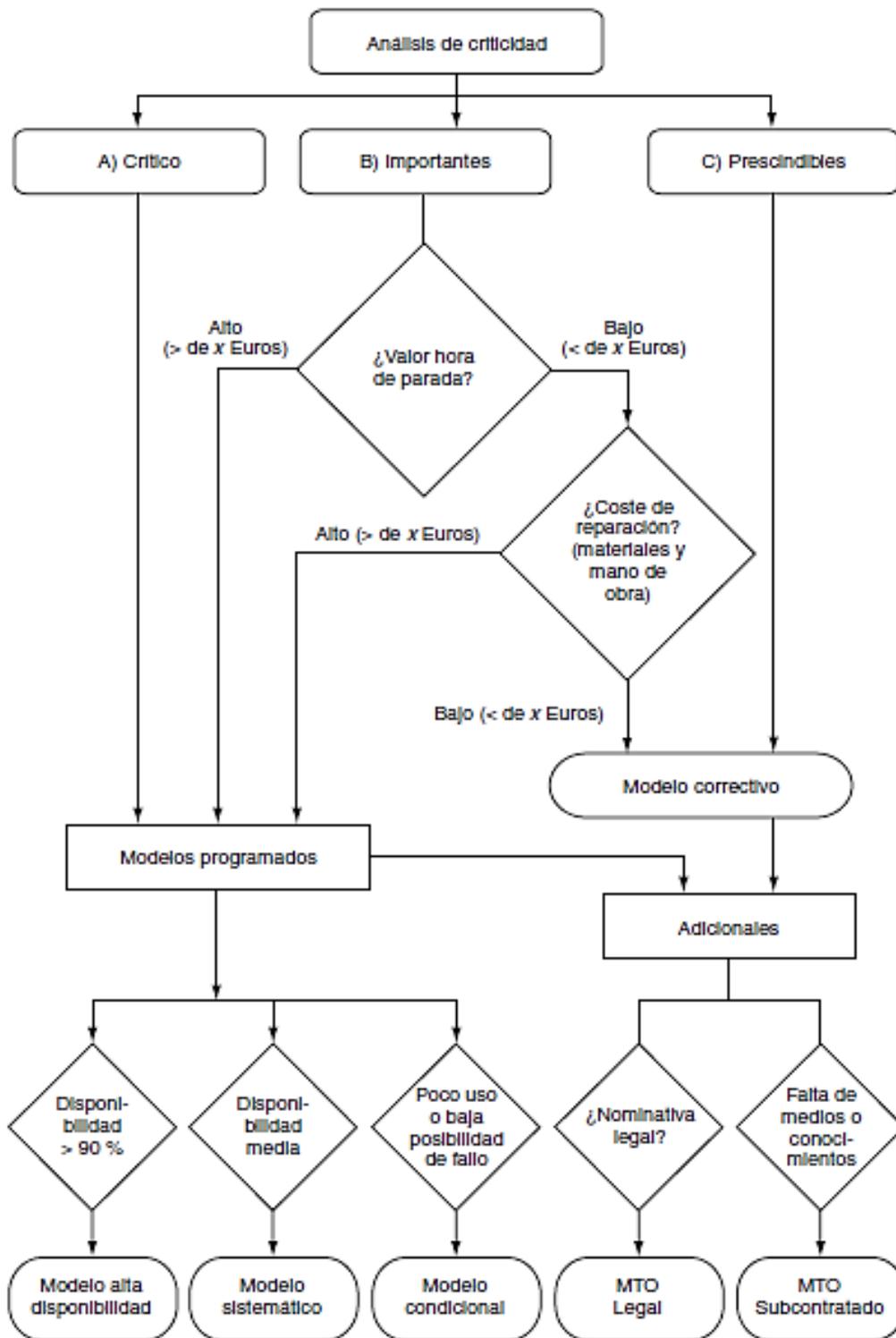


Gráfico 8. Diagrama de definición de estrategias de mantenimiento

Fuente: García, S. 2003

Una vez puntualizado lo anterior, se puede definir con claridad la composición de los modelos de mantenimiento.

Modelo Correctivo: Llamado también modelo básico, y se aplica a los sistemas con el nivel más bajo de criticidad; ya que sus averías no suponen ningún problema técnico ni económico, y por eso no es conveniente destinar mayores recursos y esfuerzos a estos sistemas, y está compuesto por las siguientes actividades: (García, 2003, p. 19)

- Inspecciones visuales.
- Reparaciones de averías.
- Lubricación.

Modelo Condicional: Incluye las actividades del modelo básico, pero se agregan tareas de pruebas de condición. Se aplica a sistemas de probabilidad de falla baja, las actividades se resumen a continuación: (García, 2003, p. 20)

- Inspecciones visuales.
- Reparaciones de averías.
- Lubricación.
- Mantenimiento basado en la condición.

Modelo Sistemático: este modelo incorpora una serie de actividades que pueden ser realizadas independientemente del estado del sistema y del tiempo que lleva operando. Esta es la mayor diferencia con los dos modelos anteriores, en los cuales se necesita de un fallo para poder realizar una tarea de mantenimiento. Es importante mencionar que este modelo de mantenimiento no tiene por qué tener todas sus tareas con una frecuencia de realización fija. Es aplicable a sistemas con disponibilidad media, sus tareas se resumen a continuación: (García, 2003, p. 20)

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Mantenimiento preventivo sistemático.
- Mantenimiento basado en la condición.
- Reparaciones de averías.

Modelo de alta disponibilidad: este modelo es el más estricto de todos los anteriores, porque es aplicable a sistemas que requieren una disponibilidad por encima del 90%. Es decir son sistemas que por ningún motivo pueden sufrir paradas por averías o mal funcionamiento, ya que el costo de avería relacionado con la producción es alto. Por esta razón en este modelo se incluyen tareas

de mantenimiento predictivo, la sustitución de elementos sujetos a desgaste. El modelo correctivo debe evitarse. Las actividades en este modelo son:

- Inspecciones visuales.
- Lubricación.
- Reparaciones de averías.
- Mantenimiento preventivo sistemático.
- Mantenimiento basado en la condición.
- Puesta a cero periódica, con fecha determinada (parada).

Mantenimiento legal: hay que tener en cuenta que ciertos sistemas necesitan de actividades de mantenimiento como: pruebas, inspecciones, calibraciones, entre otras, mismas que están sometidas a normativas o regulaciones y que representan un riesgo para la seguridad y el medio ambiente. Por esta razón dichas actividades deben ser llevadas a cabo por empresas autorizadas que necesitan verificar el correcto funcionamiento de los mismos. Sea cual sea el modelo seleccionado, estas tareas legales deben ser incorporadas obligatoriamente en el Plan de Mantenimiento. (García, 2003, p. 23)

Dentro de los sistemas más comunes que se encuentran en este modelo son los siguientes:

- Sistemas y equipos a presión.
- Instalaciones de alta y media tensión.
- Sistemas contraincendios.
- Tanques de almacenamiento de productos químicos.
- Torres de refrigeración.
- Vehículos.

Mantenimiento Subcontratado a un especialista: este modelo se aplicará cuando se necesite contratar a una persona o empresa especializada en un sistema específico, esto debido a que el departamento no cuenta con el personal adecuado con los conocimientos suficientes y no cuenta con los medios necesarios tales como: equipos especializados, herramientas, etc. Este modelo resulta ser el más caro, por tal razón, la organización debe realizar los esfuerzos necesarios para contar con el personal especializado y los recursos adecuados, para aquellos sistemas de los que no se tienen los suficientes conocimientos de intervención. (García, 2003, p. 23)

3.3.1.12 Desarrollo del plan de mantenimiento basado en el RCM.

Uno de los elementos esenciales para la gestión de activos es el plan de gestión de activos físicos. Para el cumplimiento de este plan de gestión, se desarrollará una adecuada planificación del mantenimiento, es por ello que se propone la metodología del RCM, ya que nos permite determinar o seleccionar tareas óptimas para el mantenimiento del activo, en base al análisis de los modos de falla y sus efectos.

A continuación, se ha desarrollado un procedimiento que permite la correcta aplicación del proceso A09, siendo aplicable a cualquier nivel jerárquico del sistema de gestión de activos físicos.

Para el desarrollo del plan de mantenimiento, se seguirán los siguientes siete pasos:

Primero: Describir la o las funciones principales y secundarias del activo junto con sus estándares de funcionamiento. Dichas funciones se describirán en la hoja de información del RCM (ver tabla 18-3), en su primera columna y se listarán numéricamente.

Segundo: Describir las fallas funcionales y las fallas parciales del activo. Para registrar se utilizará la segunda columna de la hoja de información y se codificarán alfabéticamente con letras mayúsculas.

Tercero: Describir todos los modos de falla posibles que sean causa de las fallas descritas en el paso anterior. Los mismos que serán registrados en la tercera columna y numéricamente. La descripción correcta de un modo de falla consta de un sustantivo más un verbo o viceversa. Es indispensable mencionar que una falla puede tener una o más causas posibles que ocasionaron la falla

Cuarto: Describir los efectos de cada modo de falla, es decir lo que pasa cuando ocurre la falla. La descripción de los modos de falla consta de: la evidencia (si la hubiera), las maneras en que falla, las maneras en que afecta la falla, los daños y como reparar la falla. Los efectos se registran en la última columna y no se listan. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de los pasos tratados anteriormente.

Tabla 18. Ejemplo de la hoja de información RCM II (AMEF)

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II	SISTEMA		SISTEMA N°	FACILITADOR	FECHA	Hoja N°
	SUBSISTEMA		SUBSISTEMA N°	AUDITOR	FECHA	de
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA			
1	Caldero Piro tubular					
1	A	No ser capaz de calentar el agua de servicio del hotel hasta una temperatura de 50°C a una presión de trabajo de 50 psi	1	Carcasa de la caldera rota	Existen fugas y charcos de agua debajo y alrededor de la caldera por lo que la presión de trabajo de la caldera cae ya que no se suministra la cantidad de agua necesaria, disminuyendo así la temperatura en el interior de la caldera. Afectando de esta manera a su rendimiento y operación del caldero. Existe de igual manera una disminución en la producción del vapor	
			2	Falta de flujo de combustible por taponamiento	Por la falta de paso de combustible puede darse una disminución en la generación de vapor del caldero afectando así la producción del sistema y al servicio que presta el equipo. Otro efecto evidente que se da es que el agua no se calentara hasta la temperatura requerida	
			3	Boquillas del quemador picadas	Puede evidenciarse que la llama en el quemador puede distorsionarse haciendo contacto directo con las paredes del hogar, es decir el cono espray no será el adecuado para realizar la combustión adecuada del diésel, afectando de manera directa los aislamientos de las paredes del hogar del caldero. Las boquillas pueden presentar descascaramientos.	
			4	Incrustaciones en las superficies de transferencia de calor	Disminución en la eficiencia energética en el interior de la caldera ya que no elimina la dureza del agua de alimentación. Los tubos de la caldera presentarían picaduras, oxidación afectando así que el calor no se aproveche óptimamente. Existe de igual manera una disminución en la producción del vapor. Los gases de salida aumentan su temperatura.	
			5	El interior de la caldera presenta ensuciamiento y hollín	Menor transferencia de calor en las superficies de transferencia del hogar de la caldera afectando así a la disminución de la eficiencia energética en el interior de la caldera. La temperatura de trabajo también puede disminuir. Los gases de la combustión salen a mayor temperatura	

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Quinto: Se procederá a evaluar las consecuencias para cada modo de fallo, siguiendo solo la primera fila del diagrama del gráfico 4-3. Para evaluar, se debe ir contestando las preguntas de izquierda a derecha, las letras S y N significan Si y No, teniendo como resultado 4 categorías respectivamente que son: consecuencias a la seguridad y medio ambiente, consecuencias operacionales y no operacionales.

Ésta última es el resultado de contestar No a la tercera pregunta. En caso de contestar No a la primera pregunta, el resultado se clasificará como acciones a falta de.

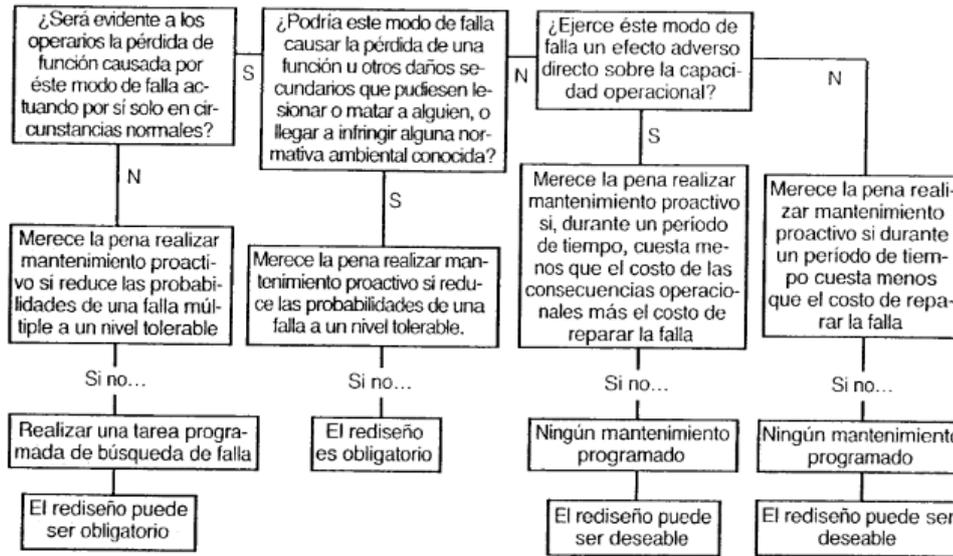


Gráfico 9. Evaluación de las consecuencias de falla

Fuente: Moubray, J. 2004

Sexto: Seleccionar una tarea para cada modo de fallo. Como en la evaluación de las consecuencias se procede de igual manera, siguiendo y realizando las preguntas del diagrama de decisión del RCM (Ver anexo G). Obteniendo como resultado 3 tipos de tareas proactivas que son: reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento basado en la condición.

En el caso de que no se ha identificado una tarea proactiva se procede a buscar acciones a falta de, a esta categoría pertenecen las siguientes tareas: búsqueda de fallos, rediseño y mantenimiento por rotura.

Séptimo: Registrar la información en la hoja de decisión del RCM (ver tabla 19-3). Las primeras tres columnas corresponden al código del modo de fallo, se utiliza para relacionar la hoja de información con la hoja de decisión del RCM,

Tabla 19. Hoja de Decisión del RCM

HOJA DE DECISION RCMII		SISTEMA		Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
© 1990 ALADON LTD		SUBSISTEMA		Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de
Referencia de Información	Evaluación de las consecuencias	H1	H2	H3	Acción a falta de		Tarea Propuesta
F	FF	FM	H	S	E	O	Intervalo inicial
							A realizarse por

Fuente: Moubray, J. 2004

Las siguientes 9 columnas corresponden a las respuestas del diagrama de decisión, se registrarán con la letra S en caso de ser afirmativas, y la letra N en caso de ser negativas, de modo que:

- Las columnas H, S, E, O, corresponden a la evaluación de las consecuencias
- Las columnas H1, S1, O1, N1, se utilizarán para registrar si se puede seleccionar una tarea de mantenimiento a condición factible.
- Las columnas H2, S2, O2, N2, serán utilizadas para registrar si se seleccionó una tarea de reacondicionamiento cíclico factible.
- Las columnas H3, S3, O3, N3, corresponden a la selección de una tarea de sustitución cíclica factible.
- Las columnas H4, H5, S4, responden a la pregunta "acciones a falta de". Se registrarán solo si en los tres casos anteriores se ha respondido negativamente.

La siguiente columna titulada tarea propuesta, se usa para describir la tarea de mantenimiento ya sea proactiva o de búsqueda de fallas. La tarea debe ser descrita con el suficiente detalle para que la persona que va a encargarse de ejecutar dicha tarea tenga claro la acción propuesta.

La columna titulada Intervalo Inicial será usada para registrar los valores de frecuencia con que se ejecutará la tarea. Posteriormente, en la última columna de la hoja de decisión se registrará la especialización de la persona encargada de realizar la tarea.

3.3.1.13 Elaboración de políticas para la gestión de la Logística de Mantenimiento.

Dentro de los planes de gestión de los activos físicos se encuentra la planificación de la logística, misma que está detallada en el proceso A10 que menciona la norma EN-16646, donde señala que debe aplicarse a casi todo el ciclo de vida del activo.

Si bien se conoce que la logística agrupa las actividades que coordinan y ordenan los flujos de materiales, repuestos y equipos; coordinando los recursos necesarios y su demanda, para asegurar la disponibilidad de los ítems al menor costo posible, generando importantes ahorros en la gestión y operación del mantenimiento.

La base para una buena gestión de los repuestos es saber qué ítems deben existir en bodega, cuáles se deben comprar, a quién, cuánto y cuándo se deben comprar éstos. Por tal motivo, para dar cumplimiento al proceso A10, a continuación, se han propuesto algunas políticas que ayudarán a gestionar las actividades más primordiales de la logística de mantenimiento. Esta propuesta servirá también para el nivel de sistema de activos, como el de cartera de activos.

Política para el Inventario de repuestos y materiales: Para la elaboración del inventario, se generará un código de 8 dígitos para cada ítem, siguiendo la estructura de codificación:

- *Nivel 1 X:* Formado por 1 dígito numérico y describe el grupo al que pertenecen los ítems.
- *Nivel 2X:* Formado por 1 dígito numérico y describe el subgrupo al que pertenece el ítem.
- *Nivel 3 XX:* Formado por 2 dígitos numéricos y describe la clase o tipos de ítems.
- *Nivel 4 XXXX:* Formado por 4 dígitos numéricos y describen el número del ítem.

Para un mejor entendimiento de la estructura de codificación, en la tabla 20-3 se muestra un ejemplo para describir ciertos grupos de ítems.

Tabla 20. Ejemplos de grupos de ítems.

Grupos	
Código	Descripción
0	Mobiliario, Herramientas, Equipos de medición
1	Repuestos industriales no metálicos
2	Repuestos industriales metálicos
3	Materiales específicos
4	Máquinas de repuesto
5	Repuestos específicos por área
6	Repuestos específicos de producción
7	Repuestos para maquinaria de transporte de carga y elevación
8	Equipos eléctricos de repuesto
9	Equipos electrónicos de repuesto

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

La siguiente tabla, muestra un claro ejemplo para el subgrupo de suministros industriales metálicos. En este nivel es donde se detallan específicamente los ítems.

Tabla 21. Ejemplo de subgrupos de ítems.

Subgrupos del grupo de suministros industriales metálicos	
Código	Descripción
0	Rodamientos
1	Soportes y accesorios
2	Tuberías y accesorios
3	Cadenas, alambres, mallas, cables
4	Ferretería

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Por último, la tabla a continuación, muestra un ejemplo para las clases pertenecientes al subgrupo de rodamientos. Este nivel indica el tipo de ítem que es.

Tabla 22. Ejemplo de clases para subgrupos de ítems

Clases para el subgrupo de rodamientos	
Código	Descripción
2001	Rígido de bolas
2002	De bolas a rótula
2003	De bola con contacto angular
2004	De rodillos cilíndricos
2005	De agujas

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

La información necesaria que debe constar en el inventario, contendrá:

- La descripción del ítem, ésta debe ser clara y en lo posible no debe incluir marcas.
- La unidad en la que será despachado el ítem, por lo que es necesario definir un banco de unidades compuesto por su código y descripción.
- El costo unitario del ítem. La siguiente tabla indica un ejemplo del código y de la información mínima que debe constar en el inventario.

Tabla 23. Información mínima de un inventario de ítems

Código	Descripción	Unidad	Costo Unitario
12010010	ACEITE PARA TRANSISION SAE 85W140	GLS	25,00
25010001	SUELDA 6011	LBS	5,00
20010002	RODAMIENTO63242Z (120X260 X 55)	UND	20,00

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Política para la jerarquización de repuestos: Para determinar que repuesto es crítico se utilizará el modelo de jerarquización de “Repuestos Centrados en Confiabilidad (RCC)”, mismos que se determinan utilizando la siguiente fórmula:

$$(12) \text{ Evaluación del riesgo} = \text{Frecuencia de fallos} \times \text{Consecuencias}$$

Dónde el valor del factor de frecuencia fallos, que a su vez se refiere a la demanda de repuestos se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 24. Valor del factor de frecuencia fallos

1	Excelente	Menos de un evento al año
2	Bueno	Entre 1 y 2 eventos al año
3	Promedio	Entre 2 y 4 eventos al año
4	Pobre	Entre 4 y 6 eventos al año
5	Muy pobre	Más de 6 eventos al año

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

El valor del factor de las consecuencias se detalla a continuación. Para el valor de las consecuencias prevalece el criterio evaluado.

El impacto en el negocio se refiere a los costos por: producción, indisponibilidad, repuestos y almacenamiento.

Tabla 25. Tiempo de logística

5	Mayor de 20 días
4	Entre 10-20 días
3	Entre 5-10 días
2	Entre 1-5 días
1	Menos de un día

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Tabla 26. Impacto en el negocio

5	Costos superiores a \$1 000 000
4	Costos entre \$100 000 y \$1 000 000
3	Costos entre \$10 000 y \$100 000
2	Costos entre \$1000 y \$10 000
1	Menos de \$1000

Fuente: Villacrés, S. 2018

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Ahora se procede a ubicar los valores tanto de frecuencia como de consecuencia, en la matriz de criticidad RCC, misma que se muestra en la figura siguiente. La intersección de dichos valores dará el nivel de criticidad.

FRECUENCIA	A	A	MA	MA	MA		
	M	M	A	MA	MA	B	Baja Criticidad
	M	M	M	A	MA	M	Media Criticidad
	B	B	M	A	MA	A	Alta Criticidad
	B	B	M	A	A	MA	Muy alta criticidad
	CONSECUENCIAS						

Figura 10. Matriz de criticidad de repuestos

Fuente: Villacrés, S. 2018

Política para la evaluación y selección de proveedores: Para evaluar y seleccionar el proveedor adecuado, se utilizará la metodología PUGH cuyo proceso a seguir es:

- Elaborar una ficha o matriz. En las filas se detallarán los criterios a evaluar, en las columnas se colocarán a los proveedores.
- Seleccionar las categorías y criterios a evaluar, cuidadosamente.
- Elegir un proveedor como referencia, éste servirá para comparar a todos los demás proveedores.
- La siguiente nomenclatura se utilizará como referencia de comparación entre los proveedores.
 - (+): Significa mejor que el proveedor de referencia
 - (-): Significa peor que el proveedor de referencia
 - (S): Significa que los proveedores satisfacen el criterio de análisis
- Una vez evaluado, se suma la cantidad de (+), (-), y (S) para cada proveedor.
- Eliminar de la matriz los proveedores con menor puntaje. Es decir, aquellos que tengan la mayor cantidad de (-) y menor cantidad de (S) con respecto al proveedor de referencia.

Política para la determinación del tamaño óptimo de pedido de repuestos: Para determinar la cantidad óptima a pedir, se utilizará la siguiente política de estandarización que se basa en el modelo determinístico de gestión de inventarios (EOQ), mismo que se puede observar en la figura 3-3, junto con sus elementos.

Donde:

- NR: es el nivel de reorden
- S: es el stock de seguridad
- DL: es la demanda

La demanda DL se calcula a través de:

$$(15) \quad DL = e * dt$$

Donde:

- e: es el tiempo de entrega del ítem
- dt: es la tasa de demanda por unidad de tiempo

Por último, para calcular el stock de seguridad se utiliza la siguiente ecuación:

$$(16) \quad S = \sigma * Z$$

Donde:

- σ : es la desviación estándar
- Z: es 2,33 (de la distribución normal estándar 99%). Esto porque el modelo estándar EOQ (Q óptimo), se basa en la utilización de un nivel de servicio del 95% al 99%, es por eso que Z puede tomar los valores de 1,64 a 2,33 de la tabla de la distribución normal estándar respectivamente.

Procedimiento de compra de ítems para stock: Es importante que el Departamento de Mantenimiento intervenga en el proceso de compra de repuestos y materiales, ya que cumple actividades necesarias para el abastecimiento de los mismos.

Es por ello que se debe contar con un procedimiento claro y lógico en el que se encuentren definidas las actividades para la compra de ítems. En el gráfico 5-3 se propone un procedimiento de compra, el mismo que aplica desde la verificación de los ítems más bajos en stock hasta el ingreso de los nuevos ítems.

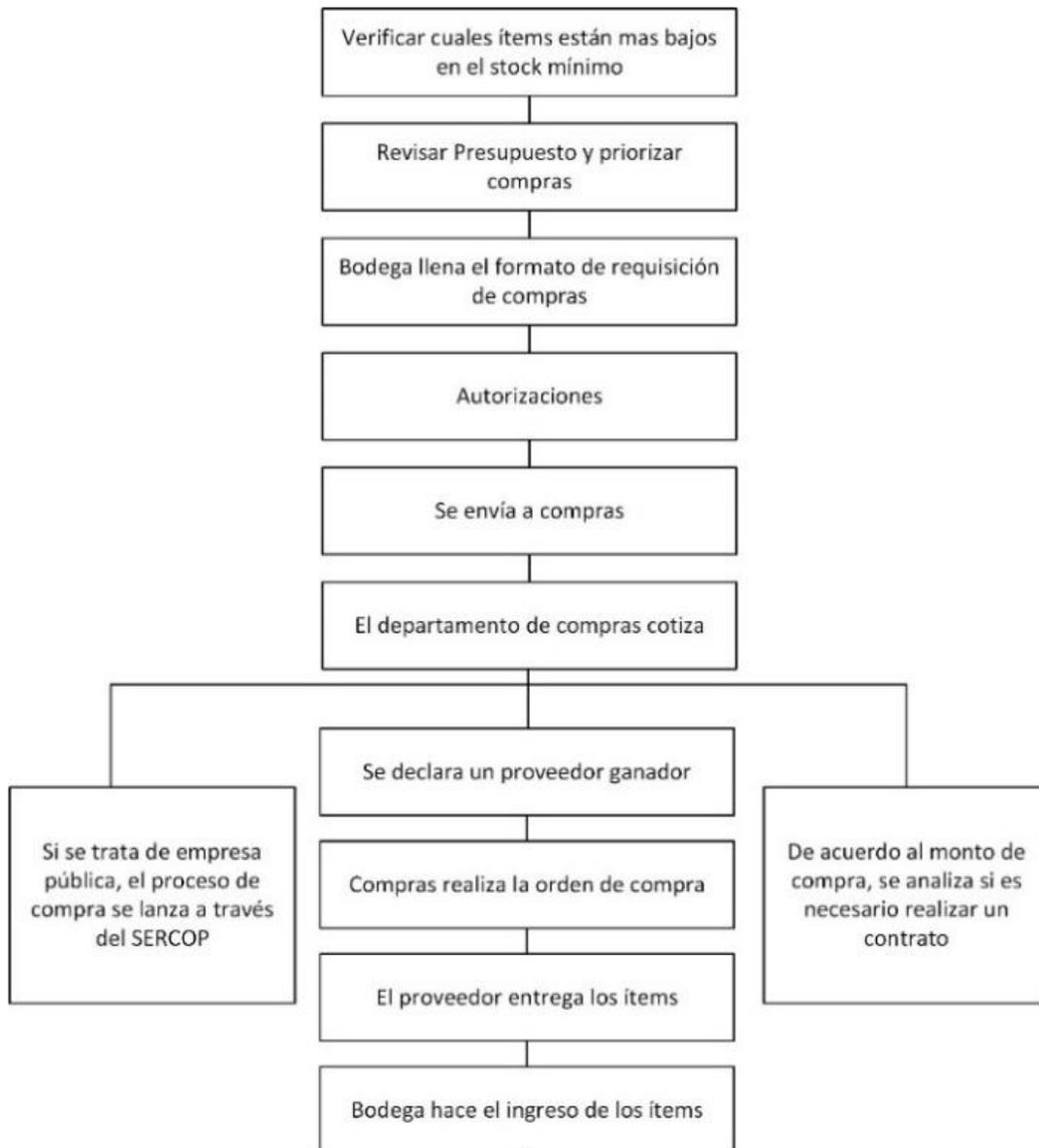


Gráfico 12. Procedimiento de compra de repuestos

Fuente: Villacrés, S. 2018

Indicadores para la gestión de los repuestos: Mantenimiento debe evaluar y analizar los movimientos y salidas de los repuestos, con el fin de llevar una gestión y control adecuado del almacén; para lo cual, se propone establecer los siguientes indicadores en base a la norma EN 15341.

En la siguiente tabla, se establece un indicador, el cual permite conocer el porcentaje de valor de los artículos consumidos de mantenimiento tales como: consumibles, materiales y repuestos.

Tabla 27. Costo total de los artículos de mantenimiento

Nombre	Costo total de los artículos de mantenimiento
Objetivo	Conocer el valor utilizado en materiales y repuestos de mantenimiento
Método de cálculo	$\frac{\text{Costo total de los artículos de mantenimiento} \times 100}{\text{Costo total de mantenimiento}}$
Unidad	%
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Documentos de mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	Reducir un 20% del costo total de mantenimiento
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

El indicador propuesto a continuación, mide y evalúa el índice de calidad del servicio de bodega.

Tabla 28. Índice de calidad de servicios

Nombre	Índice de calidad de servicio
Objetivo	Conocer la calidad de servicio del almacén de mantenimiento
Método de cálculo	$\frac{\text{Número total de repuestos entregados según peticiones} \times 100}{\text{Número total de repuestos solicitados por mto}}$
Unidad	%
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	Aumentar un 30%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

El siguiente indicador propuesto, mide el índice de rotación de los materiales y repuestos de mantenimiento.

Tabla 29. Índice de rotación de materiales y repuestos.

Nombre	Índice de rotación
Objetivo	Conocer los artículos de alta rotación y baja rotación
Método de cálculo	$\frac{\text{cantidad servida de repuesto} \times 100}{\text{stock medio anual}}$
Unidad	%
Fuente de información	Documentos de mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Si bien la Logística de Mantenimiento engloba muchos aspectos, uno de los más importantes es la gestión de la formación. Para lo cual Mantenimiento debe tener un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento, sobre el cual se debe llevar un adecuado control y seguimiento del número de horas empleadas en formación de todo el personal directo e indirecto del Departamento de Mantenimiento. Para ello se propone el siguiente indicador.

Tabla 30. Indicador para medir las horas empleadas en formación del personal

Nombre	Número de horas hombre para formación del personal interno de mantenimiento
Objetivo	Conocer el valor empleado en la formación del personal interno
Método de cálculo	$\frac{\text{N}^\circ \text{ HH para formación del personal interno de mto} \times 100}{\text{HH totales de mto interno}}$
Unidad	%
Fuente de información	Documentos de mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Trimestral
Frecuencia de análisis	Semestral
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Las horas hombre totales de mantenimiento interno se refiere al número de horas trabajadas por el personal interno de mantenimiento.

3.3.1.14 Procedimiento aplicando el ciclo PHVA para trabajos de mantenimiento.

Una de las funciones principales de Mantenimiento consiste en la verificación de la ejecución de las tareas de mantenimiento, ya que éstas permiten garantizar por completo la calidad del servicio y a la vez se pueden detectar posibles fallos técnicos o malas manipulaciones por parte del

personal técnico, por lo que se puede detener a tiempo la ejecución de la tarea para hacer las correcciones necesarias. De ahí la importancia de contar con procedimientos que ayuden a cumplir estos procesos.

Por tal motivo para tener un control sobre la orden de trabajo desde su lanzamiento hasta su cierre, en la tabla 31-3, se ha elaborado una propuesta de procedimiento para el seguimiento y la verificación de la ejecución de las tareas de mantenimiento basado en el ciclo de calidad PHVA. El procedimiento podrá ser aplicado para los niveles de sistema de activos y activos individuales, de acuerdo a los procesos A11 y S10 que menciona la norma.

Tabla 31. Procedimiento de ejecución y verificación de tareas de mantenimiento

Proceso de ejecución y verificación de tareas de mantenimiento			
Entradas	Actividades	Ciclo PHVA	Salidas
Procedimientos	Programar la orden de trabajo con un mínimo de una semana de anticipación	P	Información para completar la OT Informes
Relación de repuestos	Planificar los recursos de logística como: materiales y repuestos, documentación, equipos de soporte, herramientas.		
Orden de trabajo	Lanzamiento de la orden de trabajo	H	
Herramientas	Entrega de la orden de trabajo al personal responsable Ejecución del trabajo de mantenimiento		
	Revisión de trabajo ejecutado Aceptación del trabajo ejecutado Medición de trabajos ejecutados por medio de indicadores	V	
	Análisis de resultados y toma de decisiones	A	
Parámetros de medición			
Indicador	Fórmula	Unidad	Frecuencia
Backlog	$(OT' s (HH) \text{ pendiente por ejecución} \times 100) / (HH \text{ disponibles por semana})$	%	Semanalmente

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

En el proceso se puede observar claramente que detalla las entradas de información necesarias para el procedimiento como son: las hojas de procedimientos de las actividades de mantenimiento, la relación de los repuestos que se necesitarán, la orden de trabajo que detalla toda la información a cumplir respecto a la actividad de mantenimiento; y, la relación de las herramientas. Luego se detallan las actividades a cumplir para cada etapa del ciclo (PHVA) las cuales son: planear, hacer, verificar y actuar. Una vez completado el ciclo se generan las salidas de información para completar la orden de trabajo y dar su cierre, así como la información necesaria para realizar informes. Por último, la hoja de procedimiento incorporará un indicador muy importante que es el backlog, el cual permitirá medir y verificar el cumplimiento de las órdenes de trabajo tanto preventivas como correctivas en función de las horas hombre.

3.3.1.15 Elaboración de políticas para la programación de las tareas de mantenimiento.

Uno de los procesos principales de mantenimiento y para la gestión de los activos físicos durante la etapa de operación y mantenimiento es la programación y ejecución de las actividades de mantenimiento. Específicamente este proceso pertenece al último nivel de planeación que es la planeación operativa para la gestión de los activos físicos. Por tal motivo, a continuación, se han desarrollado algunas políticas que permitirán la correcta aplicación del proceso A11. Estas políticas se podrán aplicar tanto a nivel de sistema de activos como al de cartera de activos.

Política para el Cronograma de Mantenimiento: El Departamento de Mantenimiento será el responsable de programar la preparación y ejecución de las tareas de mantenimiento, para lo cual debe diseñar un Cronograma de Mantenimiento con sus respectivas órdenes de trabajo. Los programas se entregarán cada semana con el objeto de que los trabajadores se informen de las tareas que deberán realizar la semana siguiente.

Para el Cronograma de Mantenimiento se diseñará una matriz que deberá contener la siguiente información: descripción o nombre del activo, código del activo, frecuencia de mantenimiento, horas planificadas de cada tarea, número de personas para realizar la tarea, horas hombre para la tarea, horas laborables por semana, entre otros.

Dicha matriz puede ser individual o colectiva, es decir un cronograma por activo, por sistema de activos o por cartera de activos acorde a las necesidades de la organización. Lo recomendable es realizar un cronograma tipo calendario anual con un listado de activos y tareas que serán relacionadas con 52 semanas referentes a las semanas del año como se muestra en la tabla 32-3.

Política para la programación de la Orden de Trabajo: La orden de trabajo debe registrar las respectivas tareas, fechas, tiempos estimados, responsables, materiales y herramientas que se necesitarán para realizar las tareas de mantenimiento en los diferentes activos, información que ayuda a la correcta ejecución del mantenimiento. El encargado deberá programar las órdenes de trabajo, con una semana de anticipación.

Informe de ejecución de Órdenes de Trabajo: El Departamento de Mantenimiento debe contar con informes confiables para asegurar la correcta planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento. En la tabla 33-3 se muestra un modelo de programa de informes de Órdenes de Trabajo, los datos que se necesitan para ser completados, están reflejados en las órdenes de mantenimiento.

Tabla 32. Cronograma de mantenimiento

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO												
DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO	CODIGO ACTIVO	RUTIN A	Frecuencia	Horas Planificadas	Nª Personas	h-h	SEMANAS					
							1	2	3	4	...	52
Horas de mantenimiento preventivo							0	0	0	0	0	0
Horas de mantenimiento correctivo							0	0	0	0	0	0
Horas totales de mantenimiento							0	0	0	0	0	0

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Tabla 33. Programa de informe de órdenes de trabajo

PROGRAMA DE INFORMES DE ÓRDENES DE TRABAJO																	
Nº OT	ESTADO DE LA ORDEN	TIPO DE OT	PRIORIDAD	CODIGO DE ACTIVO	MODELO DEL ACTIVO	UBICACIÓN DEL ACTIVO	TAREAS	PERSONAL RESPONSABLE	TIPO DE ORDEN	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE INICIO	FECHA DE CIERRE	HORAS PROGRAMADAS	HORAS REALES	COSTO DE MATERIALES	COSTO DE MANO DE OBRA	COSTO TOTAL DE OT

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

3.3.1.16 Diseño de un sistema de control de indicadores claves de desempeño.

Con el objetivo de evaluar y mejorar el mantenimiento y las actividades de la gestión de los activos físicos de acuerdo al proceso A12 mencionado en la norma EN-16646. Mantenimiento debe ser el responsable de definir un sistema para la monitorización del desempeño y control de la cartera de activos, del sistema de activos o de los activos individuales. Este sistema debe utilizarse para:

- Medir el estado.
- Realizar comparaciones.
- Realizar diagnósticos.
- Identificar objetivos y establecer metas a alcanzar.

- Planificar acciones de mejora.
- Medir cambios de manera continua. (UNE-EN 15341, 2010, p. 6)

Es así, que se propone el siguiente sistema de indicadores, en el cual se especifica la definición, el objetivo, método de cálculo, fuente de información, frecuencia y responsabilidad para cada indicador. Para la selección de los indicadores se ha tomado como referencia la normativa EN 15341, la cual estructura el sistema en 3 grupos que son: indicadores económicos, técnicos y organizacionales.

Indicadores económicos: Estos indicadores son los más importantes y son manejados por la alta gerencia, ya que permiten analizar la situación y la eficacia de las estrategias de mantenimiento, la generación de valor y la rentabilidad de los activos físicos.

En la tabla 34-3, se establece el indicador económico “Valor de sustitución de los activos” (ARV), el cual se define como el monto estimado de capital requerido para construir un activo. Es decir, es una valoración de los costos actuales para realizar una sustitución de la misma naturaleza que la existente. Es por eso que permitirá tomar decisiones sobre el proceso de sustitución de los activos físicos. (UNE-EN 15341, 2010, p. 17)

Tabla 34. Indicador de sustitución de activos físicos

Nombre	Sustitución de activos físicos (ARV)
Objetivo	Tomar las mejores decisiones rentables para la sustitución de los activos
Método de cálculo	$\frac{\text{Costo total de mantenimiento} \times 100}{\text{Valor de sustitución de los activos}}$
Unidad	%
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Trimestral
Valor actual	N. A
Meta	20%
Frecuencia de análisis	Anual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

El costo total de mantenimiento, se refiere exclusivamente a las actividades de mantenimiento ejecutadas sobre un activo físico y está compuesto por los siguientes costos:

- Remuneraciones, salarios, horas suplementarias del personal de mantenimiento.
- Costos salariales adicionales como: impuestos, seguros, contribuciones legislativas.
- Repuestos y materiales consumibles.
- Herramientas y equipos.
- Contratistas y recursos alquilados.
- Servicios de consultoría.
- Formación y entrenamiento del personal.
- Costos de transporte, hoteles, etc.
- Energía y servicios generales. (UNE-EN 15341, 2010, p. 17)

Se excluyen los siguientes costos:

- Depreciación de piezas de repuesto estratégicas.
- Costos de periodos de tiempo de indisponibilidad. (UNE-EN 15341, 2010, p. 17)

En la siguiente tabla se establece un indicador el cual indica el costo generado por las actividades de mantenimiento preventivas, mismas que buscarán reducir la probabilidad de fallo de un activo físico.

Tabla 35. Indicador de costo del mantenimiento preventivo

Nombre	Costo del mantenimiento preventivo
Objetivo	Conocer el costo generado por las actividades de mantenimiento preventivas
Método de cálculo	$\frac{\text{Costo del mto preventivo} \times 100}{\text{Costo total de mto}}$
Unidad	%
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Ordenes de trabajo preventivas
Frecuencia de toma de datos	Mensual
Valor actual	N. A
Meta	30%
Frecuencia de análisis	Trimestral
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

A continuación, en la tabla 36-3 se muestra el indicador que mide el costo generado por las actividades de mantenimiento.

Tabla 36. Indicador de costo del mantenimiento correctivo

Nombre	Costo del mantenimiento correctivo
Objetivo	Conocer el costo generado por las actividades de mantenimiento correctivas
Método de cálculo	$\frac{\text{Costo del mto correctivo} \times 100}{\text{Costo total de mto}}$
Unidad	%
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Órdenes de trabajo correctivas
Frecuencia de toma de datos	Mensual
Valor actual	N. A
Meta	30%
Frecuencia de análisis	Trimestral
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Indicadores técnicos: este grupo de indicadores están relacionados directamente con la operación del activo físico, por eso también son llamados indicadores operativos. Entre ellos se encuentran los índices de clase mundial como: Disponibilidad, Fiabilidad y Mantenibilidad.

En la tabla 37-3, se muestra un indicador, que mide la capacidad de un activo físico para encontrarse en un estado en el que pueda cumplir con la función requerida para la cual fue creado en un tiempo dado.

Tabla 37. Indicador de Disponibilidad

Nombre	Disponibilidad Operacional
Objetivo	Asegurar que los activos físicos se encuentren disponibles en un tiempo determinado
Método de cálculo	$\frac{\text{Tiempo disponible} \times 100}{\text{Tiempo requerido}}$
Unidad	%
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	95%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

A continuación, se presenta el indicador, el cual trata del tiempo medio entre fallos o “MTBF” por sus siglas en inglés, y representa el promedio del tiempo acumulado transcurrido entre el inicio de un fallo hasta el siguiente fallo.

Tabla 38. Indicador de tiempo medio entre fallos

Nombre	Tiempo medio entre fallos (MTBF)
Objetivo	Conocer cuáles son los activos más propensos a fallar, es decir, qué activos necesitan más mantenimiento.
Método de cálculo	$\frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Número total de fallos}}$
Unidad	Horas (h)
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	Aumentar en 20% los tiempos entre fallos
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

En la siguiente tabla, se define un indicador, el cual indica el tiempo medio para reparar. Este indicador mide el tiempo promedio en el cual puede ser reparado un activo físico al momento, o después de presentar una falla.

Tabla 39. Indicador del tiempo medio para reparar

Nombre	Tiempo medio para reparar (MTTR)
Objetivo	Disminuir los tiempos destinados a la reparación de averías.
Método de cálculo	$\frac{\text{Tiempo total de recuperación}}{\text{Número total de fallos}}$
Unidad	Horas (h)
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	Reducir un 20% del tiempo total de reparación
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Indicadores organizacionales: este grupo de indicadores agrupan los aspectos relacionados con la medición del desempeño de la organización, por ejemplo: la planificación y programación de los trabajos, del personal, de los tiempos disponibles, entre otros. La siguiente tabla, muestra un indicador que mide el desempeño de las horas hombre que se han empleado en mantenimiento preventivo sobre el total de horas que se dispone para el mantenimiento.

Tabla 40. Indicador del trabajo de mantenimiento preventivo.

Nombre	Trabajo de mantenimiento preventivo
Objetivo	Cumplir con las horas hombre totales disponibles en trabajos de mantenimiento preventivo
Método de cálculo	$\frac{\sum \text{HH en mantenimiento preventivo} \times 100}{\text{HH Disponibles}}$
Unidad	%
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	95%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

La siguiente tabla muestra un indicador similar al KPI anterior, la diferencia es que este indicador relaciona las horas hombre empleadas de mantenimiento correctivo.

Tabla 41. Indicador del trabajo en mantenimiento correctivo

Nombre	Trabajo de mantenimiento correctivo
Objetivo	Reducir el trabajo de mantenimiento correctivo
Método de cálculo	$\frac{\sum \text{HH en mantenimiento correctivo} \times 100}{\text{HH Disponibles}}$
Unidad	%
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	20%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

El siguiente indicador establecido, se refiere al backlog, el cual es un indicador de gran importancia, ya que indica la carga de trabajo pendiente o acumulada que se genera por el retraso de la ejecución de las órdenes de trabajo.

Tabla 42. Indicador de backlog

Nombre	Backlog (Ordenes de trabajo retrasadas)
Objetivo	Disminuir el Backlog
Método de cálculo	$\frac{\text{OT's (HH) pendiente por ejecución} \times 100}{\text{HH disponibles por semana}}$
Unidad	%
Sentido	Decreciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	15%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Por último, es de gran importancia, establecer el indicador de cumplimiento del plan de mantenimiento que se muestra en la siguiente tabla. Este indicador mide la efectividad en cumplir las tareas de mantenimiento planificadas.

Tabla 43. Indicador del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo

Nombre	Cumplimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo
Objetivo	Aumentar el porcentaje de cumplimiento
Método de cálculo	$\frac{\text{OT's Mtto Preventivo ejecutadas} \times 100}{\text{OT's Mtto Preventivo Programadas}}$
Unidad	%
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N. A
Meta	95%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020.

Es necesario mencionar que la norma EN-16646 recomienda que la autoridad superior del Departamento de Mantenimiento, debe informar los resultados de los indicadores claves de desempeño a todo el personal, para fomentar la comunicación y la motivación.

3.3.1.17 Optimización del Plan de Mantenimiento (PMO).

Durante la etapa de operación, mantenimiento y modernización, los activos físicos requieren de una observación continua, debido a que los mismos pueden presentar eventos anormales o adversos o a su vez cambios en los parámetros de funcionamiento relacionados a algún tipo de modernización del activo. La metodología del RCM está vinculada potencialmente con activos o equipos nuevos que inicien su tiempo de vida útil, mientras que la metodología del PMO se encuentra vinculada netamente con activos o equipos que se encuentran en funcionamiento.

Podemos considerar el PMO como opción sería e interesante frente a la fortaleza del RCM, dado que el PMO es más efectivo, porque solo analiza las fallas y modos de fallas relevantes (y no los insignificantes o indiferenciados), trabaja con equipos en funcionamiento y es más fácil de implementar. A continuación, se describen los pasos para el desarrollo de la metodología del PMO que contribuyen a la solución del proceso A13 mencionado en la norma EN-16646. (Mora, 2013, p. 458)

La siguiente metodología se aplica únicamente para el programa actual de mantenimiento, a continuación, se detallan los pasos para su desarrollo.

- *Primero:* Recopilar todas las tareas de mantenimiento que han sido planeadas para los activos. La información será organizada en un formato para cada activo, con la siguiente información: tarea, frecuencia y responsable.
- *Segundo:* Realizar un análisis de modos de falla y efectos. Una vez detectado los modos de falla, se debe realizar un listado de los modos de falla que son atacados en el plan de mantenimiento.
- *Tercero:* Agrupar por modos de falla, las tareas de mantenimiento enlistadas anteriormente.
- *Cuarto:* Realizar un análisis funcional, es decir se elabora un listado con las funciones que se pierdan con cada modo de falla. Éste paso es opcional.
- *Quinto:* Se procede a evaluar si las fallas son ocultas o evidentes y a su vez las consecuencias que originarían si se produjeran las fallas. Para fallas evidentes las consecuencias pueden ser tres: Riesgo, Pérdida operacional, Sólo reparación.
- *Sexto:* Se definen las políticas de mantenimiento. Es decir, se definen las frecuencias de ejecución de las tareas, el responsable, y la estrategia de mantenimiento. En la figura 4-3 se

indica como seleccionar la estrategia de mantenimiento óptima que mitigue o elimine las fallas, de acuerdo a las consecuencias de las mismas.

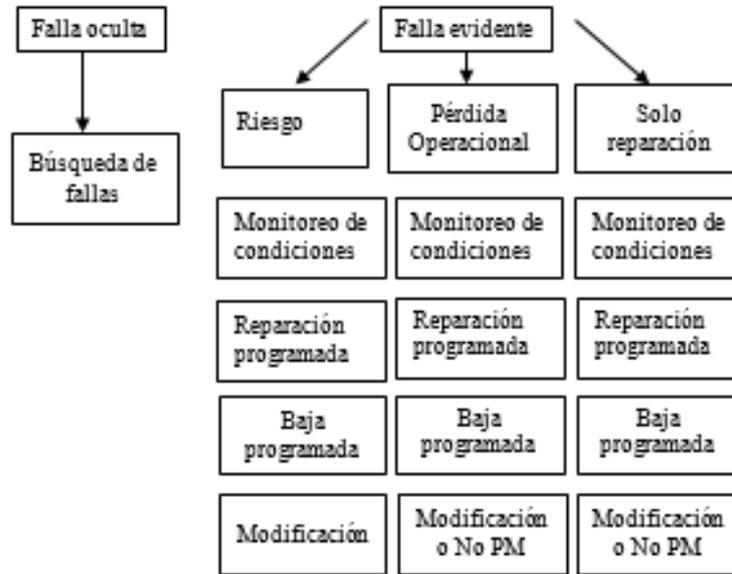


Figura 13. Evaluación de las tareas de mantenimiento

Fuente: Gallegos, C. 2020.

- *Séptimo:* Ahora se agrupa las tareas de mantenimiento, puede ser por frecuencia de ejecución o por responsable. Luego se revisa y analiza los resultados para definir los recursos necesarios que aseguren que las políticas se encuentren alineadas a los objetivos de mantenimiento, en conjunto con otras funciones como por ejemplo con producción.
- *Octavo:* Realizar la aprobación del personal indicado. En caso de necesitar más recursos, se realizan las recomendaciones necesarias para su implementación y así poder completar el proceso de implementación.
- *Noveno:* Elaborar un programa dinámico para asegurar que el plan de mantenimiento que se ha revisado se complete a tiempo, introducir herramientas de ingeniería de confiabilidad para lograr mejoras.

3.3.1.18 Procedimiento para la retirada de activos

La norma EN-16646 menciona que la etapa de retirada no tiene relación directa con la etapa o proceso de modernización de los activos ya que no está incluida en dicho proceso. Esta etapa se refiere netamente a cuando el activo ha cumplido con su vida útil, debido a que los costos por reparaciones se incrementan en comparación con los costos de adquisición de un activo nuevo, concluyendo así que el activo debe ser dado de baja. Dicho esto, para facilitar el retiro se propone el siguiente procedimiento.



Gráfico 14. Procedimiento de retiro de activos físicos

Fuente: Capelo, R. 2017

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Solicitud de retiro: el departamento de mantenimiento es el encargado de notificar sobre la decisión de retirada o sustitución de un activo previamente analizada por medio de una solicitud a ser aprobada.

Aprobación del retiro: la dirección ejecutiva es la encargada de analizar, evaluar y dar paso a la retirada del activo

Retirada: el departamento de mantenimiento receipta la aprobación de la retirada por parte de la dirección ejecutiva y se procede al retiro o desmantelamiento del activo

Selección de piezas y repuestos: Cuando se retira el activo algunos de los componentes pueden restaurarse o reutilizarse. Durante el período de retirada es posible buscar piezas de repuesto que pueden ser útiles es por ello que el personal de mantenimiento debe manipular de correcta manera los componentes a retirarse. Los componentes o piezas de repuesto que pueden ser útiles son enviados al almacén o bodega.

Disposición final: esta etapa comprende la venta del activo como chatarra o a la vez al almacenamiento en bodega conforme a lo estipulado en la orden de retirada.

3.3.1.19 Modelo de reemplazo de activos por horizonte infinito o tiempo discreto.

En la etapa de retirada de un activo físico, la norma EN 16646 menciona que Mantenimiento debe intervenir en la toma de decisiones de dicho proceso, para lo cual se ha establecido un modelo de reemplazo de activos físicos por horizonte infinito.

El modelo consiste en determinar cada que tiempo es óptimo reemplazar el equipo, comparando los costos medios por periodos actualizados, siendo el periodo óptimo el que arroje el menor costo medio por periodo. (Arata & Furlanetto, 2005, p. 182)

A continuación, se detalla el procedimiento para determinar el periodo óptimo de reemplazo de un activo físico.

Primero: se indica los periodos y los costos anuales $C(t)$ para cada uno de los periodos (t) , aconsejablemente en una pequeña tabla

Segundo: se encuentra el factor de utilización para todos los periodos con la siguiente expresión, donde (i) equivale a la tasa de actualización de la organización y, (n) corresponde a cada año o periodo.

$$(17) \quad f(t) = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Tercero: se calculan los costos anuales a valor presente mediante la siguiente expresión

$$(18) \quad \text{Costo anual} = C(t) * f(t)$$

Cuarto: se encuentran los costos anuales acumulados hasta el periodo determinado con la siguiente expresión

$$(19) \quad \text{Costo anual acum.} = \sum_{i=1}^t C(i) * f(i)$$

Quinto: se obtiene la inversión inicial con los valores presentes acumulados, obteniendo los costos totales actualizados $Q(t)$ mediante la siguiente expresión:

$$(20) \quad Q(t) = \text{costo de adquisición del ítem} + \text{costo anual acumulado por periodo}$$

Sexto: se calcula el FRC para cada periodo por medio de la siguiente expresión

$$(21) \quad \text{FRC}(t) = \frac{i \cdot (1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$$

Séptimo: se encuentra el costo medio periódico $C_{me}(t)$ mediante la expresión dada a continuación

$$(22) \quad C_{me}(t) = Q(t) \cdot \text{FRC}(t)$$

Octavo: por último, se selecciona el menor costo medio por periodo. Dicho valor es el periodo óptimo de reemplazo.

Los pasos mencionados anteriormente deben ser recolectados de manera secuencial de preferencia en un formato estilo tabla (ver tabla 44-3).

Tabla 44. Modelo de reemplazo de activos físicos

Año	C(t)	f(t)	Costo anual	Costo anual acumulado	Q(t)	FRC	C _{me} (t)

Fuente: Arata, A; Furlanetto, L. 2005

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.1.20 Elaboración de un Checklist de actividades de mantenimiento.

Con el fin de que Mantenimiento cumpla con el proceso A15, se ha elaborado la siguiente propuesta para realizar actividades de mantenimiento posteriores a la retirada de un activo físico mediante el uso de checklist, de tal manera que se encuentre documentada la información respecto al proceso que menciona la norma.

Tabla 45. Checklist posterior a la retirada de un activo físico

CHECKLIST PARA ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO POSTERIORES A LA RETIRADA DE UN ACTIVO FISICO		No		
FECHA				
NOMBRE ACTIVO/SISTEMA				
NOMBRE DEL RESPONSABLE				
UBICACIÓN DE ACTIVO/SISTEMA				
DEPARTAMENTO				
ITEM	Especificaciones generales	SI	NO	NA
1	El área se encuentra libre de escombros y/o estructuras metálicas.			
2	Se clasifica los equipos, componentes y partes residuales			
3	Los desechos y escombros se trasladan apropiadamente a una zona segura			
4	Las zonas de circulación están libres de obstáculos			
5	Existe contaminación por sustancias nocivas o peligrosas (líquidos químicos, aceites, ácidos derramados, entre otros).			
6	La cimentación se encuentra en buen estado			
7	La nivelación de la cimentación es la correcta			
8	El área se encuentra limpia en su totalidad			
9	Las vías de circulación de personas y vehículos se encuentran diferenciadas y señalizadas.			
10	La señalización del área se encuentra en buenas condiciones			
11	Existe una disposición final de residuos y desechos realizará según su naturaleza con la finalidad de no afectar al ecosistema			

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.2 *Desarrollo de propuestas a nivel de sistema de activos*

A continuación, se detalla cómo implementar y desarrollar cada acción propuesta para los procesos correspondientes a nivel de sistema de activos. Es necesario aclarar que algunos de los procesos junto con las acciones propuestas son semejantes a los procesos a nivel de activos. Para lo cual, en la tabla anterior por ejemplo se ha sombreado con color verde para identificar dichos procesos. Por lo tanto, el desarrollo de las acciones propuestas en color verde, ya no se incluye en este apartado.

3.3.2.1 *Análisis Estratégico para el impacto sobre: los costos, seguridad y riesgos ambientales*

Mantenimiento debe participar en la etapa de adquisición o creación de un sistema de activos físicos, ya que será el encargado de realizar un análisis de las necesidades que requiere el sistema y como éstas tendrán un impacto sobre los costos de mantenimiento, la seguridad, y los riesgos ambientales.

Es por eso que se propone realizar un análisis estratégico el cual incluye analizar: estrategias organizacionales, los requisitos del activo físico, políticas, estrategias y objetivos de mantenimiento, mismos que ayudaran a la discusión de los impactos que se necesita analizar e informar posteriormente para la toma de decisiones. A continuación, se detalla cómo elaborar dicho análisis.

Primero: Se definen las estrategias organizacionales, este aspecto es indispensable debido a que es el punto de partida en donde decidimos a donde debemos apuntar. A continuación, se mencionan dos ejemplos aleatorios de estrategias organizacionales.

- Disminución de costos de operación
- Disminución de costos de mantenimiento

Segundo: Se define los requisitos del sistema de activos físicos. Los requisitos del sistema son las diferentes características técnicas que se requiere además de dimensiones y medidas, esto se realiza con el fin de analizar y comparar con diferentes opciones de sistemas, y el impacto en los costos de mantenimiento que podrían generarse. A continuación, en la tabla se pueden notar un ejemplo de algunos requisitos y características generales para el siguiente sistema de activos físicos “Extrusora MSL-400”.

Tabla 46. Requisitos de un sistema de activos físicos

Requisitos de un sistema de activos físicos	
Producción (t/h; unidades/h; entre otras)	
Potencia instalada (CV; HP)	
Presión de extracción (Kg/cm ²)	
Cantidad de martillos	
Medidas de salida del embudo (mm)	
Medidas de soporte de la boquilla (mm)	
Peso neto (Kg)	
Volumen (m ³)	
Modelo	
Serie	

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Tercero: Se definen las políticas de mantenimiento. Éstas se refieren a las normas, reglas, procedimientos y comportamientos que se deben cumplir en la organización. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de políticas de gestión de mantenimiento.

- El personal de mantenimiento deberá usar el uniforme adecuado y autorizado para la realización de sus actividades
- El personal de mantenimiento al final de cada semana deberá entregar un informe de las actividades desarrolladas durante la semana
- El departamento de mantenimiento está encargado de brindar eficientemente sus servicios cuando la empresa lo requiera.
- Elaborar el programa anual de mantenimiento preventivo programado de las instalaciones civiles e industriales

Cuarto: Se definen las estrategias de mantenimiento. Éstas se refieren a la forma por la cual la organización trabajara para cumplir los objetivos trazados. Las estrategias más frecuentes están orientadas al mercado o el producto, a continuación, se detalla algunos ejemplos.

- Planeación anual de actividades
- Elaboración de reportes de actividades
- Proponer nuevos enfoques de trabajo
- Medición y evaluación del desempeño de los trabajadores
- Capacitación de acuerdo a las necesidades de los trabajadores

Quinto: Se definen los objetivos de mantenimiento. Éstos se refieren a las metas y propósitos que la organización se proyecta en un determinado tiempo. A continuación, se menciona algunos ejemplos.

- Aumentar la disponibilidad de los equipos
- Optimizar con criterios de eficacia, eficiencia y calidad total en el mantenimiento de los activos físicos de la empresa

Una vez definido los aspectos anteriores se debe realizar un análisis referente sobre el impacto al mantenimiento y los costos, impactos ambientales, e impactos a la seguridad.

Impacto a los costos: Se discute y analiza sobre el impacto y consecuencias que se tendrían una vez definidos los requisitos y requerimientos del sistema y como éstos ayudan a reducir o a su vez a aumentar los costos de mantenimiento.

Impacto a la seguridad: Se discute y analiza sobre el impacto y consecuencias que se tendrían una vez definidos los requisitos y requerimientos del sistema y como éstos ayudan a reducir o a su vez a aumentar aspectos de seguridad.

Impacto ambiental: Se discute y analiza sobre el impacto y consecuencias que se tendrían una vez definidos los requisitos y requerimientos del sistema y como éstos ayudan a reducir o a su vez a aumentar el impacto ambiental.

3.3.2.2 *Procedimiento para elaborar un análisis causa efecto en la fase de creación o adquisición de un sistema de activos.*

En la fase de adquisición o creación de un sistema de activos físicos, el trabajo de Mantenimiento debe consistir en analizar los factores y causas internas de la organización, que influyen en la selección de un sistema de activos físicos, por lo que se propone implementar el diagrama causa efecto para analizar los impactos sobre la disponibilidad, la fiabilidad, costos, entre otros, dichos factores pueden variar según las necesidades de la organización (Ver figura 5-3). A continuación, se detalla los factores internos de una organización que deben ser analizados.

Recursos financieros: son aquellos recursos vinculados directamente con el capital de la organización, un mal manejo de este factor podría desencadenar el descarte del proyecto

Mano de obra: en este factor se debe tomar en cuenta el personal idóneo para el manejo adecuado del proyecto durante todas las etapas del ciclo de vida de un ítem.

Gestión: este factor relaciona las actividades de gestión que se deben tomar en cuenta durante el proyecto

Métodos: se analizan las causas surgidas de los procedimientos, métodos y estrategias que se utilizan durante el proyecto.

Entorno: este factor relaciona todos los aspectos referentes al lugar, el contexto operacional, los riesgos ambientales, a los que será expuesto el sistema de activos.

Efecto: en este apartado se describe los problemas o aspectos a analizar relacionados a los costos de mantenimiento, fiabilidad, mantenibilidad y logística de mantenimiento.

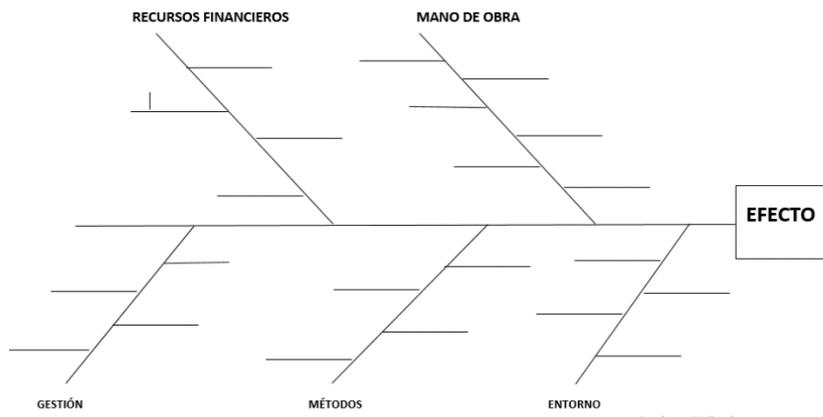


Figura 15. Diagrama causa efecto

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.2.3 Elaboración del Inventario Técnico de los sistemas de activos

La siguiente propuesta para el desarrollo del inventario de activos físicos a mantener, ayudará a la especificación correcta y estandarizada de los sistemas de activos físicos, misma que servirá para ser aplicada en cualquier tipo de organización. La metodología propuesta está basada en la taxonomía definida en la norma internacional ISO 14224. A continuación, se detalla el procedimiento a seguir.

Primero: identificar los sistemas de activos a los cuales se realizará el inventario técnico.

Segundo: definir los niveles o categorías en los cuales posteriormente los sistemas de activos serán clasificados o divididos jerárquicamente. La norma ISO 14224 nos brinda la siguiente estructura jerárquica, que se puede observar en la figura 6-3, de la cual se utilizará los 4 primeros niveles.

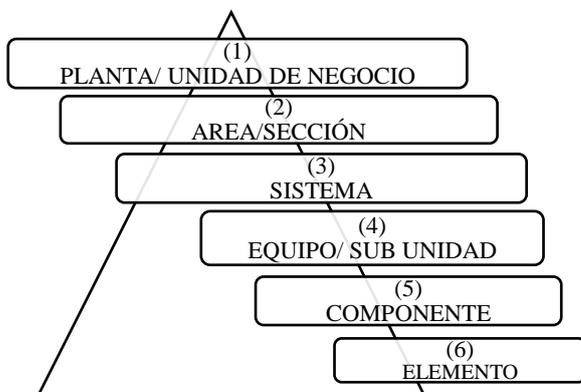


Figura 16. Taxonomía ISO 14224

Fuente: ISO 14224. 2016

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Tercero: recolectar toda la información necesaria de cada uno de los sistemas. La información mínima que debe ser recolectada para cada nivel es la siguiente:

Nivel 1 = Planta

- Código de planta
- Descripción
- Dirección
- Responsable
- Teléfono

Nivel 2 = Área

- Código de área
- Descripción
- Centro de costos
- Supervisor

Nivel 3 = Máquina o sistema

- Código de sistema o maquina
- Descripción
- Centro de costos
- Código vein (si existe)
- Código de activo fijo
- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Valor de adquisición
- Foto

Nivel 4 = Equipo

- Código de equipo
- Descripción
- Centro de costos

- Activo fijo
- Marca
- Modelo
- Número de serie
- Valor de adquisición
- Foto

Cuarto: una vez definida la taxonomía, procedemos a definir la estructura de codificación. A continuación, se propone el siguiente sistema para cada nivel.

- **Nivel 1.- Planta (XX):** Formado por dos dígitos, uno alfabético y otro numérico.
- **Nivel 2.- Área (X):** Formado por un dígito alfabético.
- **Nivel 3.- Máquina (XX):** Formado por dos dígitos numéricos secuenciales.
- **Nivel 4.- Equipo (XXXXX):** Formado por cinco dígitos, un dígito alfabético para la familia de equipos, dos dígitos alfabéticos que describen el nombre del equipo, y dos dígitos numéricos secuenciales.

La familia de equipos se refiere al tipo de equipo al que pertenece, entre las familias más grandes se encuentren los siguientes:

- M: mecánicos
- E: eléctricos
- C: civiles

Quinto: realizar el etiquetado a los sistemas de activos., siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Si los sistemas de activos se encuentran en áreas cerradas deben utilizar stickers o adhesivos.
- Si los sistemas de activos se encuentran en campo abierto, procederemos a utilizar letras grabadas mediante el uso de sprays o pinturas de color claro para mejor visibilidad.
- Los adhesivos deben ser de dimensión 4 cm x 3 cm para una mejor visibilidad y colocados en lugares visibles para el personal técnico.
- Para las letras grabadas se utilizará las dimensiones de 5 cm x 4 cm y colocadas en lugares visibles para el personal técnico.
- Las etiquetas no se pondrán en lugares donde cubra información de los activos como por ejemplo sobre la placa del activo.

- Si el etiquetado empieza a deteriorarse debe ser cambiado de manera inmediata para evitar posibles confusiones en el futuro.

Por último, para entender de mejor manera la metodología mencionada anteriormente, en la siguiente tabla se muestra un ejemplo sencillo para el caso de una planta de trituración de caliza.

Tabla 47. Ejemplo de un inventario de activos a mantener

INVENTARIO DE ACTIVOS A MANTENER					
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3		NIVEL 4	
Código	Código	Código	SISTEMA	Código	EQUIPOS
PT Planta de Trituración de Caliza	A Área de trituración	01	Recepción de piedra caliza	MDP 01	Tolva
				MCP 01	Compuerta
	02	Transporte de caliza hacia el triturador	EME 01	Motor eléctrico	
			MRD 01	Reductor	
			MST 01	Transmisión por cadena	
			MTT 01	Transportadora de placas	
			ETA 01	Tablero eléctrico	

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.2.4 Determinación de la eficacia global del equipo (OEE)

La gran importancia de determinar el nivel de desempeño de los sistemas durante las etapas de operación, mantenimiento y modernización es mucha, ya que hay que satisfacer la necesidad de saber y poder medir la productividad y eficacia de los procesos productivos, también para poder identificar y corregir ineficiencias que se produzcan durante las etapas mencionadas. El indicador que nos permite realizar dicha cuantificación es el OEE, es por eso que debemos tener definido con claridad este indicador. En la tabla siguiente se plantea dicha definición para el indicador.

Tabla 48. Indicador de la eficacia global del equipo

Nombre	Eficacia global OEE
Objetivo	Aumentar la eficacia global del sistema
Método de cálculo	Disponibilidad x Eficacia del desempeño x Tasa de calidad
Unidad	Porcentaje %
Sentido	Creciente
Fuente de información	Documentos de Mantenimiento
Frecuencia de toma de datos	Semanal
Valor actual	N.A
Meta	95%
Frecuencia de análisis	Mensual
Responsable del análisis	Gerente de Mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.2.5 *Elaboración de un modelo de sistema de gestión de activos físicos*

El departamento de Mantenimiento con el fin de ser eficaz y eficiente en la gestión de los activos físicos de la organización, tiene la responsabilidad de crear y mantener un sistema de gestión de los activos físicos, para lo cual se propone el siguiente modelo (Ver anexo H). De esta manera se cumple con el proceso N.º 08 que menciona la norma EN-16646. A continuación, se describen los pasos a seguir para la implementación de un modelo de Gestión de activos físicos.

Como primer paso se define el “Assessment” o evaluación, en donde se define una persona a cargo o responsable la misma que deberá empezar por conocer la norma, la organización y el contexto de la empresa. Seguidamente, el segundo paso es “Alinear”, en donde se realiza el diseño del sistema de Gestión de activos físicos en el cual deben participar todos y cada uno de los departamentos en conjunto para poder llevar a cabo un correcto diseño.

Posteriormente se procede al tercer paso “Implementar”, en esta etapa se tendrá lugar a un entrenamiento por competencias que permita fortalecer el sistema, el cual debe ir corrigiendo y mejorando con el tiempo, a su vez se desarrollaran acciones correctivas y preventivas, además de auditorías internas y una revisión general del sistema de gestión de activos, por ello se debe definir lo que se va a medir y como se lo va hacer.

Alcanzando al cuarto paso “Sustentar”, en este paso se debe seleccionar una certificadora la cual nos va a dar el visto bueno o malo de lo que hemos venidos realizando paso a paso en lo que refiere a la implementación y puesta en marcha del sistema de Gestión de activos físicos, vale mencionar que antes de aquello se recomienda hacer una pre auditoría con el objeto de mejorar algunos aspectos antes de la certificación. (Campos, 2014, p. 74)

En “Validar” se debe adoptar un criterio del Mantenimiento Productivo Total (TPM), el cual es la certificación Kick-off, a partir de aquello es posible mencionar que se tiene un sistema de gestión de activos físicos de acuerdo a la normativa internacional, cuyo resultado deberá ser comunicado a toda la empresa con la finalidad de incentivar. (Campos, 2014, p. 74)

“Perdurar y Crecer”, hace relación a la generación de una estructura de sostenimiento, donde a pesar de estar certificados como ISO 55000, no deben descuidarse o mantenerse estáticos en lo que respecta a medidas y acciones a tomar; por el ende, se tiene que proseguir con la búsqueda de la mejora continua, a fin de lograr un estado óptimo. (Campos, 2014, p. 74)

3.3.2.6 *Elaboración de un Modelo de Gestión de Mantenimiento*

Un modelo de Gestión de Mantenimiento contempla las actividades que llevan a desarrollar los objetivos, las prioridades, las responsabilidades y las estrategias de mantenimiento facilitando de cierta manera la planificación, el control y la programación del mantenimiento, es por eso que la Gestión del Mantenimiento no es Gestión de activos físicos, sino forma parte del mismo.

Por lo tanto, es responsabilidad del Departamento de Mantenimiento crear y revisar su sistema de gestión. Para lo cual se propone implementar el siguiente modelo (Ver figura 7-3), que ayudara a mejorar de manera eficaz y eficiente el departamento.

De la figura 7-3 se puede decir que es un modelo mejorado de gestión de mantenimiento el mismo que contiene una recolección de innovaciones desarrolladas a lo largo del tiempo por diferentes autores. De manera concreta el resultado de la relación de dichas innovaciones nos da a notar sobre la aparición de nuevos elementos tales como:

- Enfoque de nuevos procesos
- Propuestas innovadoras en aspectos técnicos, por ejemplo, la orientación a la reingeniería del mantenimiento
- El desarrollo de modelos en un lenguaje estándar de intercambio de información, con miras a ser usado en aplicaciones GMAO
- La cantidad y calidad de información de mantenimiento requerida (datos operacionales y financieros) han conducido a la incorporación sucesiva de técnicas cuantitativas e instrumentos informáticos, principalmente para tratar con cuestiones de eficiencia en la gestión del mantenimiento.
- Las herramientas informáticas han hecho posible que la función de mantenimiento sea evaluada y mejorada continuamente. Esto debido a la calidad y cantidad de indicadores y métodos desarrollados para estudiar la eficacia y eficiencia de sus operaciones
- El modelo de dirección de mantenimiento comienza a incluir la evaluación del ciclo de vida de activo físico, además de la evaluación de la función de mantenimiento. (López & Crespo, 2015, p. 5)

El modelo representado a continuación se estructura de manera que clasifica sus procesos en cuatro categorías como lo son: planificación, procesos de soporte, ejecución del mantenimiento y control y mejora, las mismas han sido incluidas en el modelo propuesto por la norma ISO 9001: 2000 para la gestión de la calidad para dar sentido a la agrupación de términos.

De esta forma, se cuenta con un modelo que contiene en su interior las herramientas que se deben utilizar para cumplir cada una de sus etapas. La forma en que el presente modelo está estructurado hace posible la existencia de un vínculo entre la función de mantenimiento y las demás funciones organizacionales. (López & Crespo, 2015, p. 6)

En este modelo se puede evidenciar algunas características como el contexto cíclico abierto hacia las demás funciones, referenciando claramente la ejecución de las acciones estratégicas y operativas que involucra a la dirección, al control y a la mejora de la eficacia y eficiencia del mantenimiento.

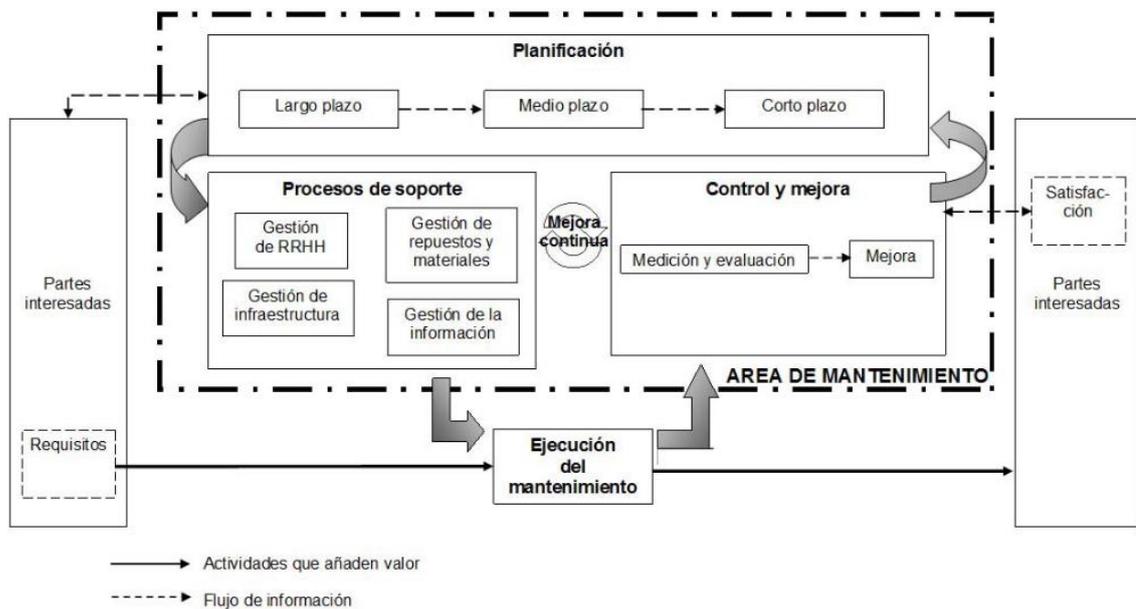


Figura 17. Modelo de gestión de mantenimiento

Fuente: López, C; Crespo, A. 2015

3.3.2.7 Implementación de un Software de Mantenimiento (GMAO).

Como Mantenimiento es el responsable de crear el sistema de la gestión de la información y mantenimiento de datos, así como preparar la documentación técnica, entre otras actividades que menciona el proceso S12 de la norma EN-16646, la mejor manera de cumplir con este proceso es mediante la implementación de un software de mantenimiento (GMAO).

Definición de GMAO: Su significado es “Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador” y se trata de un programa informático (Software), que permite desarrollar una adecuada gestión del mantenimiento de los equipos y/o instalaciones, como mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo, basado en la condición, mejorativo, entre otros. (Guarín, 2010, p. 31)

La implementación de un software (GMAO) permite de manera concreta desarrollar un control exhausto de las actividades y tareas del departamento, de tal forma que se puede controlar incidencias y averías desarrollando un historial de cada activo físico o sistema de activos físicos, además de tener un control de la programación de las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo, limpieza y lubricación.

También mediante el GMAO se puede tener un control de stocks de repuestos, materiales e insumos y recambios necesarios para la realización del mantenimiento. Por consiguiente, también se puede dar un seguimiento de las ordenes de trabajo para todo el personal del departamento principalmente a los técnicos de mantenimiento. (Guarín, 2010, p. 31)

Beneficios de instalar un sistema GMAO: Un sistema “GMAO” es sinónimo de una adecuada planificación y control de mantenimiento de todos los activos e instalaciones de la organización, de manera que si contamos con un adecuado software todo encajará de buena manera. Es importante mencionar que para que el software sea eficaz se deberá contar con personal capacitado para el manejo del mismo. De esta manera los beneficios son:

- Reducción de tiempo de inactividad de un activo físico.
- Disminución de costes en lo referente al stock de repuestos e insumos.
- Ajuste del personal en lo que refiere a la adecuada distribución de carga laboral.
- Automatización de procesos.
- Creación y adopción de programas preventivos y predictivos.
- Formación de un historial de fallas y averías fiables.
- Control adecuado y centralización de la documentación.
- Toma de decisiones acertadas.
- Toma de decisiones a tiempo.
- Relación confortable entre departamentos
- Ayuda a la gestión de órdenes de mantenimiento.
- Generación de indicadores claves de desempeño.

3.3.2.8 *Elaboración de un Cuadro de Mando Integral orientado a mejorar las estrategias del mantenimiento*

El siguiente cuadro de mando integral, beneficiará la mejora de las estrategias utilizadas para las actividades de mantenimiento como lo son: el mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, cumpliendo así el proceso N.º 14 que dicta la norma EN-16646.

A continuación, en la figura se puede observar el mapa estratégico del cuadro de mando integral en el cual se detalla la visión de la estrategia que se utilizara para mejorar las estrategias de mantenimiento, antes de elegir los indicadores adecuados para evaluar el desempeño.

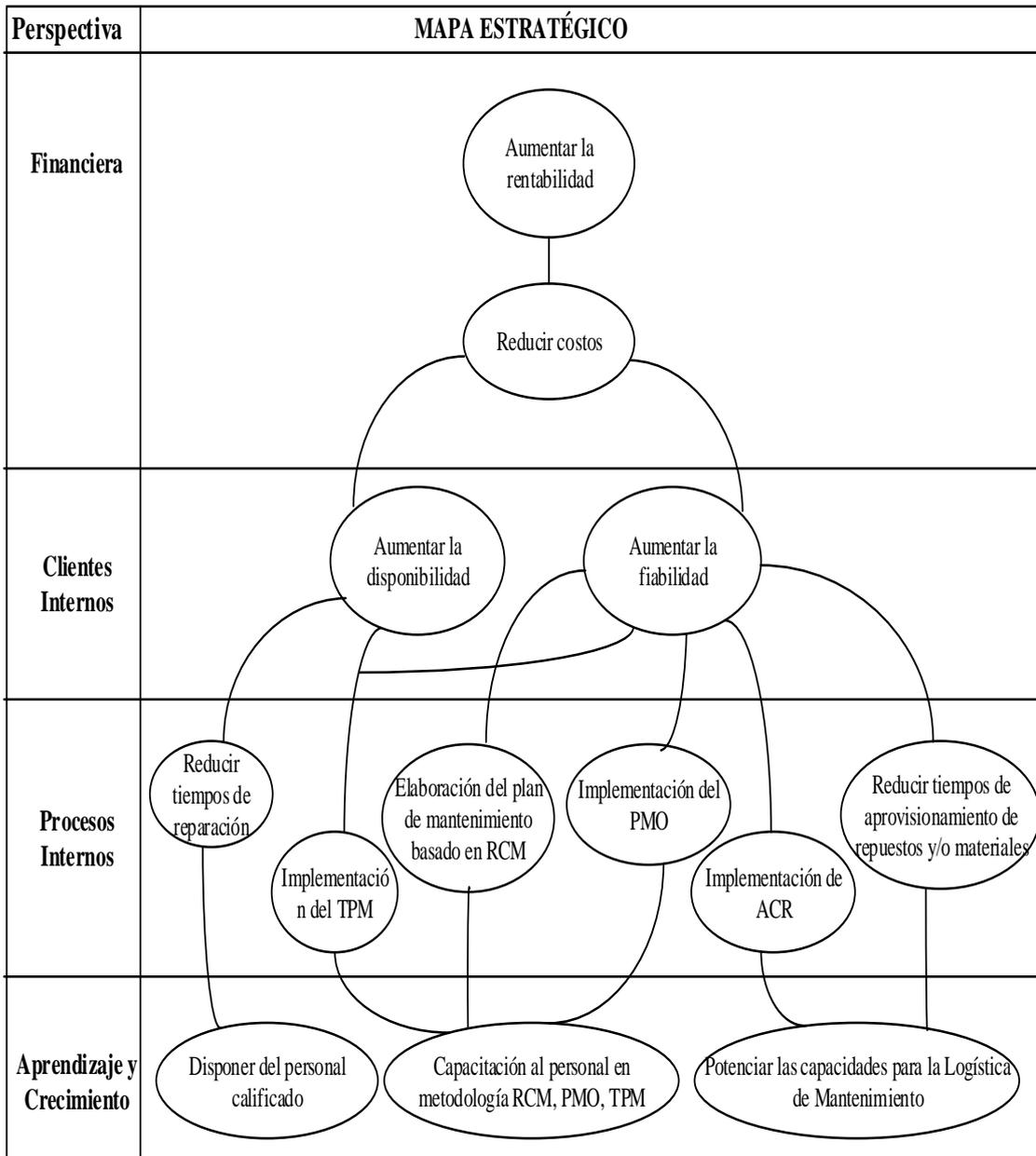


Figura 18. Mapa estratégico para mejorar las estrategias de mantenimiento

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Una vez definido el mapa estratégico, se detalla el cuadro de mando integral, mismo que se observa en la siguiente tabla. En él se contempla la perspectiva, los objetivos y los indicadores que ayudaran a medir el desempeño de cada objetivo propuesto, junto con sus metas a alcanzar.

Tabla 49. Cuadro de mando integral para mejorar las estrategias de mantenimiento

CUADRO DE MANDO INTEGRAL			
Perspectiva	Objetivos	Indicadores	Metas
Perspectiva Financiera	Aumentar la rentabilidad	Rentabilidad	30%
	Reducir costos	$\frac{\text{ventas totales} - \text{utilidades}}{\text{ventas totales}}$	>15%
Perspectiva Clientes	Aumentar la disponibilidad	$\frac{\text{Tiempo disponible} \times 100}{\text{Tiempo requerido}}$	>95%
	Aumentar la fiabilidad	$R = e^{-\frac{t}{MTBF}}$	>98%
Procesos Internos	Reducir los tiempos de reparación	$\frac{\text{Tiempo total de recuperación}}{\text{Número total de fallos}}$	Reducir 1h
	Implementación de un plan de mantenimiento basado en RCM	$\frac{\text{Tareas de mantenimiento ejecutadas} \times 100}{\text{Tareas de mantenimiento planificadas}}$	>90%
	Implementación del PMO	% avance real-% avance planificado	< 5%
	Implementación del TPM	% avance real-% avance planificad	< 5%
	Implementación de ACR	Porcentaje de análisis efectuados	>60%
	Reducir tiempos de aprovisionamiento de materiales y repuestos	Tiempo de entrega de repuestos	Reducir < 24 h
Aprendizaje y Crecimiento	Capacitación al personal en metodología RCM, PMO Y TPM	Horas invertidas en capacitación	100 h
	Disponer del personal calificado	Número de personal calificado en Mantenimiento Industrial	100% del personal
	Potenciar las capacidades para la Logística de Mantenimiento	Número de personal formado eficazmente en Logística	Mínimo 3

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.2.9 Elaboración de un formato para el reporte de retirada de sistemas de activos

Cuando un sistema de activos físicos llega a su etapa de retirada, el Departamento de Mantenimiento tiene la responsabilidad de proporcionar toda la información relevante que se generó sobre el mantenimiento de dicho sistema, así lo estipula el último proceso en la norma EN-16646.

Para lo cual se ha propuesto elaborar reportes de retirada, con el fin de dar a conocer toda la información necesaria relativa al mantenimiento, tal como: costos de mantenimiento generados, estado del sistema en que se retira, y el desempeño que obtuvo durante su ciclo de vida. En la siguiente tabla se puede observar el formato propuesto.

Tabla 50. Reporte de retirada para sistemas de activos físicos.

REPORTE DE RETIRADA PARA SISTEMAS DE ACTIVOS FISICOS			
Datos Generales:			
Sistema / Activo		Área	
Marca		Código equipo	
Modelo		Fecha última falla	
Serie		Estado	
Costo de Adquisición		Tiempo de vida útil	
Desempeño:			
Tiempo de operación		Número de fallas	
Costos Operacionales		Disponibilidad	
Costo Total de Mantenimiento		Fiabilidad	
Costos Mantenimiento Preventivo		Tiempo medio entre fallas	
Costos Mantenimiento Correctivo		Tiempo medio entre reparaciones	
Número de trabajos de Mantenimiento ejecutados			
Observaciones y/o Recomendaciones			
Nombre y cargo de quien realiza el reporte		Firma del responsable de Mantenimiento	

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

3.3.3 *Desarrollo de propuestas a nivel de cartera de activos*

Las carteras de activos físicos son una combinación de sistemas de activos físicos, por lo que los procesos entre estos dos niveles resultan ser semejantes. Por esta razón, las acciones propuestas definidas a nivel de sistema de activos servirán para aplicarse a nivel de cartera de activos. En consecuencia, el desarrollo de las propuestas para este nivel se encuentra ya desarrolladas desde el apartado 3.3.1 al 3.3.2.9.

La gestión a nivel de cartera de activos físicos resulta ser muy compleja, debido a que no se puede identificar claramente las etapas del ciclo de vida, por ello la mayor parte de las actividades de gestión de los activos físicos se realizan a nivel de sistemas de activos físicos o a nivel de activos individuales. No por ello, se debe dejar a un lado la gestión a nivel de cartera de activos. (UNE-EN 16646, 2014, p. 15)

Por lo que la norma EN-16646 menciona algunas de las actividades que siempre deben realizarse para la gestión de los activos físicos a nivel de cartera, las cuales son:

- Determinar las estrategias, toma de decisiones, planes, políticas y objetivos para cada sistema de activos de la cartera.
- Planificar y programar tareas de mantenimiento dirigidas a escala empresarial como, por ejemplo, cuando se realizan las grandes paradas para el conjunto total de los sistemas de activos.
- Debería crear y desarrollar requisitos, expectativas de ciclo de vida para cada sistema de activos de la cartera.
- También debería asistir y sistematizar la cooperación, el aprendizaje y la mejora continua. (UNE-EN 16646, 2014, p. 15)

3.4 Metodología del programa de auditoría

La realización de la auditoría se basa en la gestión de un programa de auditoría que establece la norma ISO 19001:2011. El proceso para la gestión del programa de auditoría está enfocado con el ciclo de calidad “PHVA”. Cada etapa del ciclo (ver figura 7-3) está conformado por una serie de actividades necesarias e importantes para cumplir con el programa de auditoría. (ISO 19011, 2011, p. 15)

3.4.1 *Objetivos y programa de la auditoría*

Es necesario definir los objetivos del programa de auditoría ya que permitirán dirigir la planeación del mismo, conducirla de manera adecuada para asegurar la efectividad de implementar el programa de auditoría. Un ejemplo de objetivo puede detallarse de la siguiente forma:

- Identificar las oportunidades de mejora de la gestión del departamento de Mantenimiento.

3.4.2 *Establecer el programa de la auditoría*

Esta etapa en conjunto con la etapa anterior forma la fase de planear del ciclo PHVA, donde se planifica o establece aspectos como:

- Roles y responsabilidades de la persona que gestiona el programa de auditoría.
- Las competencias de la persona que gestiona el programa de auditoría.
- Los límites y alcance de la auditoría.

- Identificación de los riesgos que no permitan que se desarrolle y ejecute el programa de auditoría.
- Establecer los recursos necesarios como: recursos financieros, métodos de auditoría, tiempo, costos, disponibilidad de la información. (ISO 19011, 2011, pp. 17–19)

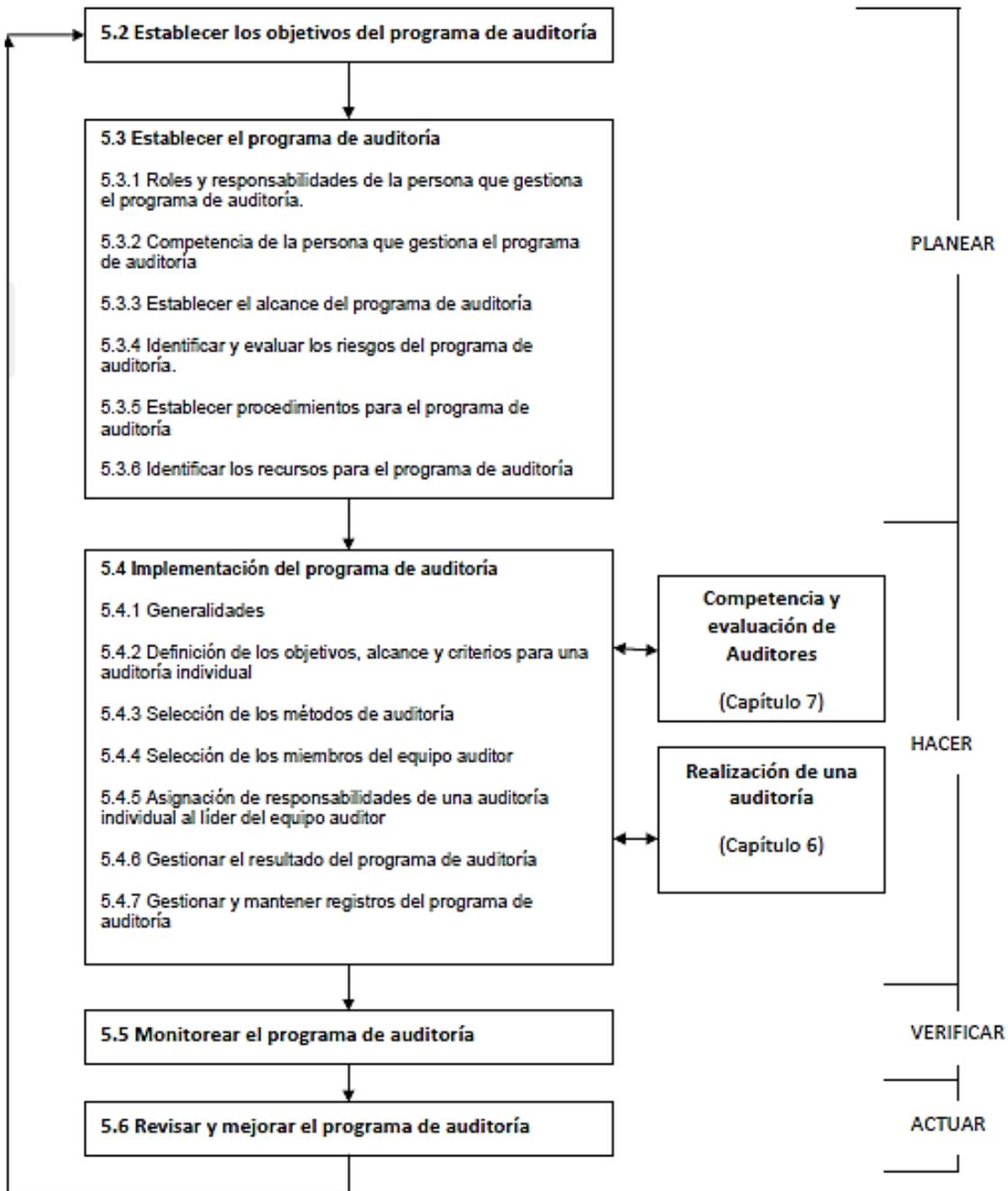


Gráfico 19. Programa de auditoría ISO 19011

Fuente: ISO 19011. 2011

3.4.3 Implementación del programa de auditoría

La persona a cargo de la auditoria debe considerar los siguientes aspectos para poder implementar de manera adecuada el programa de auditoria.

- Seleccionar el método a emplearse para la realización de la auditoría. Puede ser en sitio a través de entrevistas, completar listas de verificación, revisión documental, entre otras o puede ser remota por medios de comunicación interactivos.
- Comunicar el avance de las partes pertinentes del programa a las partes interesadas
- Seleccionar el equipo auditor con la competencia necesaria.
- Proveer los recursos necesarios a los miembros del equipo auditor.
- Registrar, manejar y mantener las actividades del programa de auditoria de manera adecuada.

(ISO 19011, 2011, pp. 19–20)

3.4.4 Monitorear el programa de auditoría

El equipo auditor debe monitorear el programa de auditoria con el siguiente fin:

- Evaluar las conformidades con los programas de auditoria.
- Evaluar el rendimiento de los miembros del equipo auditor.
- Evaluar las habilidades y competencias del equipo auditor.
- Evaluar la retroalimentación. (ISO 19011, 2011, p. 24)

3.4.5 Revisar y mejorar el programa de auditoría

La persona encargada del programa de auditoria debe realizar las revisiones necesarias con el fin de garantizar el alcance de los objetivos, identificar áreas de mejora, corregir el programa si es necesario. (ISO 19011, 2011, pp. 24–25)

CAPÍTULO IV

4 APLICACIÓN Y RESULTADOS

4.1 Descripción de la empresa EP. EMAPAR de la Ciudad de Riobamba

La organización donde se aplicó el instrumento de evaluación de gestión de activos físicos fue: La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP. EMAPAR). La empresa nace el 24 de septiembre del 2004 y tiene como misión dotar de servicio de agua potable y saneamiento ambiental, con responsabilidad social, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Cantón Riobamba, fomentando en sus trabajadores una excelente Gestión de Seguridad, Salud y Ambiente.

Los datos informativos del caso de estudio del presente trabajo de integración curricular se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 51. Datos informativos de la organización.

TEMA	DESCRIPCIÓN
Organización a auditar:	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR).
Dirección:	Londres y Av. Juan Félix Proaño, Riobamba
Ciudad:	Riobamba
Localización geográfica:	
Horario de trabajo:	Horario normal: lunes a viernes de 8:00-17:00
Teléfono:	(03) 373-0800; 1700 – EMAPAR
Página web:	http://www.epemapar.gob.ec

Fuente: EP-EMAPAR. 2020

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

4.1.1 Misión

Somos una empresa pública municipal que suministra los servicios de Agua Potable y Alcantarillado para mejorar el nivel de vida de los habitantes del cantón Riobamba.

4.1.2 Visión

En el año 2025 será una empresa eficiente en la dotación permanente de agua potable y el servicio de alcantarillado, con talento humano comprometido, orientados por la responsabilidad social y ambiental bajo los principios de calidad.

4.1.3 Principios y valores corporativos

El desarrollo de la gestión de la EP EMAPAR debe ser guiado de conducta y actitud que, en forma general, se debe encontrar en cada uno de los que integran la Empresa. Estos acuerdos de conducta y procedimiento permitirán que el clima organizacional se eleve y que exista una mejor convivencia al interior de la empresa.

Principios:

- Comunicación
- Compromiso con el cliente
- Solidaridad
- Sentido de pertenencia
- Calidad
- Eficiencia y eficacia

Valores:

- *Calidez*
- *Responsabilidad social*
- *Integridad*
- *Creatividad*
- *Lealtad*
- *Respeto y tolerancia*

4.2 Ejecución de la auditoría

4.2.1 Inicio de la auditoría

Para la realización de la auditoría se debe seguir un procedimiento de ejecución. El proceso comienza con un contacto inicial con la organización involucrada, con el fin de obtener la autorización para la ejecución de la auditoría. A la vez se comunicó que el instrumento de evaluación será contestado mediante la herramienta Google Forms, para precautelar la salud de las partes interesadas, debido a la crisis sanitaria por la que atraviesa el mundo.

En la siguiente figura se observa el comunicado emitido para dar inicio el programa de auditoría en la EP-EMAPAR.

MEMORÁNDUM DE COMUNICACIÓN DEL EQUIPO AUDITOR	
Para: EMPRESA MUNICIPAL DE ALCANTARRILLADO Y AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA "EP-EMAPAR".	
De: Grupo Auditor	
Asunto: Comunicado del proceso de auditoría de gestión de mantenimiento	
Fecha: 14-04-2021	
<p>De acuerdo a las responsabilidades que debe cumplir el grupo auditor, nos dirigimos a usted para informarle que se va a llevar a cabo un proceso de auditoría de evaluación de los procesos de mantenimiento en la gestión de activos físicos, bajo normas internacionales del mantenimiento.</p> <p>Por lo que esperamos contar con todo el apoyo. Sin más a que hacer referencia nos despedimos.</p>	
Sr. Brayan Inca	Sr. Henry Morales
Auditor	Auditor

Figura 20. Contacto inicial con la organización auditada

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

4.2.2 Preparación de las actividades de la auditoría

En este apartado se efectuó una revisión previa de los procesos que fueron evaluados durante la auditoría. Se detalló un plan de auditoría con el fin de establecer las actividades y los recursos necesarios para el desarrollo de la evaluación. La documentación que se preparó para llevar a cabo la auditoría fue:

- Plan de auditoría (tabla 2-4)
- Instrumento de evaluación. (Anexo D)

Tabla 52. Plan de auditoría

PLAN DE AUDITORÍA		
Objetivos de la auditoría	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar el cumplimiento de los procesos establecidos en la norma europea EN-16646 para la gestión de activos físicos. • Determinar las oportunidades de mejora para el Departamento de Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos. 	
Alcance	Activos físicos de la organización EP-EMAPAR	
Composición	2 auditores	
DETALLE DE ACTIVIDADES		
No	Actividad	Recursos
1	Reunión previa: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión del instrumento de evaluación • Autorización del plan de auditoría 	Equipo auditor
		Personal EP-EMAPAR
		Instrumento de Evaluación
2	Reunión de apertura: <ul style="list-style-type: none"> • Emisión del instrumento de evaluación por Google -Forms • Presentación del equipo auditor 	Laptop
3	Evaluación de los procesos: <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del instrumento de evaluación a nivel de activos físicos individuales 	
4	Reunión de cierre: <ul style="list-style-type: none"> • Exposición de los hallazgos de la auditoría • Entrega del plan de mejora • Conclusiones de la auditoría 	

Fuente: ISO 19011. 2011

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

4.2.3 Evaluación de los procesos de gestión de activos físicos

La aplicación del instrumento de evaluación a nivel de activos físicos de la EP-EMAPAR, se llevó a cabo el día martes 04 de mayo de 2021, mediante la plataforma Google Forms. Los resultados de la calificación obtenidos para cada proceso se indican en la siguiente tabla, además, en el (Anexo I) se puede evidenciar el instrumento de evaluación contestado por la EP EMAPAR.

Tabla 53. Resultados del instrumento de la evaluación.

Resultados del instrumento de evaluación		
Código de proceso	Cuestionario	Respuesta
A01	¿La empresa realiza una estimación de la vida útil que requieren los activos para su concepto y definición?	NO
A01	¿La empresa tiene realizado un análisis de criticidad a sus sistemas de activos?	NO
A02	¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?	NO
A02	¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?	NO
A02	¿Se calcula la capacidad requerida de un activo en el proceso de la compra o creación?	SI
A02	¿Están documentados los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida?	NO
A03	¿Se calcula y analiza las capacidades de carga en la compra o creación de un sistema de activos?	SI
A04	¿La empresa calcula y analiza el costo de ciclo de vida de sus activos?	NO
A05	¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un activo?	NO
A05	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?	NO
A05	¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?	NO
A06	¿El departamento contribuye de alguna manera en la fabricación de un activo?	NO
A07	¿Cuándo se adquiere un sistema de activos el departamento verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas del sistema durante la entrega del mismo?	SI
A07	¿Se realizan pruebas antes de la puesta en marcha para verificar que los nuevos activos funcionen correctamente?	SI
A07	¿Durante la instalación de un sistema de activos el departamento verifica que se cumplan los requerimientos de instalación?	SI
A08	¿Existe una política de gestión de documentos de los activos?	NO
A08	¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de mantenimiento al proveedor?	SI
A08	¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de operación al proveedor?	SI
A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se pide los manuales de partes al proveedor?	NO
A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos eléctricos al proveedor?	NO
A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos mecánicos al proveedor?	NO
A08	¿La empresa tiene un plano P&ID?	NO
A08	¿Los manuales están debidamente codificados?	NO
A08	¿Los planos están debidamente codificados?	NO
A08	¿Existe una base de datos de los manuales?	NO
A08	¿Existe una base de datos de los planos?	NO
A08	¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los manuales?	NO
A08	¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los planos?	NO
A08	¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los manuales digitales?	NO
A08	¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los planos digitales?	NO
A08	¿Existe un formato de órdenes de trabajo?	SI
A08	¿Existe un formato de requisición de materiales?	SI
A08	¿Existe un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo?	NO
A08	¿Existe un formato de ficha técnica para cada activo?	NO
A08	¿Existe alguna de las siguientes soluciones informáticas para el manejo de la información: GMAO/CMMS, EAM, ERP?	NO
A09	¿Existen estrategias definidas para cada activo?	NO

Tabla 3-4 (Continúa). Resultados del instrumento de la evaluación

A09	¿El departamento tiene un plan de mantenimiento preventivo en el que constan claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento?	NO
A09	¿El plan de mantenimiento preventivo está elaborado bajo alguna norma o metodología?	NO
A10	¿El departamento cuenta con un maestro de ítems?	NO
A10	¿Los ítems cuentan con una adecuada estructura de codificación?	NO
A10	¿El departamento realiza una estimación de los ítems más críticos?	NO
A10	¿El departamento selecciona adecuadamente los proveedores más idóneos de sus materiales y repuestos?	SI
A10	¿Se verifica las especificaciones técnicas de cada orden de compra?	SI
A10	¿El departamento cuenta con un procedimiento de compras de repuestos y materiales?	NO
A10	¿Existe una metodología para el cálculo de stock de materiales y repuestos?	NO
A10	¿Existen indicadores de gestión de repuestos?	NO
A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los materiales y repuestos?	NO
A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento el especialista?	NO
A10	¿Se tiene determinado el número de horas hombre (especialistas) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO
A10	¿Se utilizó alguna metodología para determinar el número de horas hombre (especialista) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO
A10	¿Se tiene determinado las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO
A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los equipos de apoyo necesarios para ejecutar la tarea?	NO
A10	¿Se tiene un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento?	NO
A10	¿Existe un indicador para medir la gestión de la formación del personal de mantenimiento?	NO
A10	¿Existe un formato de requisición de materiales?	NO
A11	¿El departamento tiene una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento?	NO
A11	¿El departamento prepara documentos para la realización de tareas de mantenimiento?	SI
A11	¿El departamento prepara los materiales y repuestos para la realización de tareas de mantenimiento?	NO
A11	¿El departamento prepara los equipos de apoyo para la realización de tareas de mantenimiento?	NO
A11	¿El departamento tiene un procedimiento para la ejecución de los trabajos de mantenimiento?	NO
A11	¿El departamento tiene elaborado un cronograma de mantenimiento?	NO
A11	¿El departamento programa las actividades de mantenimiento con un mínimo de una semana de anticipación?	NO
A11	¿El departamento programa las actividades de mantenimiento asignando las horas hombre, los materiales, los repuestos, el personal responsable y sus procedimientos de ejecución?	NO
A11	¿El departamento cuenta con informes de ejecución de órdenes de trabajo para asegurar la correcta planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento preventivo"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "horas hombre en trabajo de mantenimiento preventivo"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador de "horas hombre en trabajo de mantenimiento correctivo"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "backlog"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)?	NO
A12	¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)?	NO
A12	¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades?	NO

Tabla 3-4 (Continúa). Resultados del instrumento de la evaluación

A12	¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores?	NO
A12	¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo?	NO
A13	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?	NO
A13	¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras?	NO
A13	¿El departamento utiliza alguna estrategia de mejora para optimizar y mejorar el mantenimiento de los activos?	NO
A14	¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de activos?	NO
A14	¿Existen modelos de cálculo para analizar y tomar decisiones sobre la retirada o sustitución de activos?	NO
A15	¿El departamento programa la fecha de retirada?	NO
A15	¿El departamento durante la retirada realiza una selección de piezas y repuestos que puedan ser reutilizados o restaurados?	NO
A15	¿El departamento realiza tareas de mantenimiento posterior a la retirada de un activo?	NO

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

4.2.4 Resumen de los procesos evaluados

Una vez aplicado el instrumento de evaluación al Departamento de Mantenimiento de la EP-EMAPAR, se tabuló los resultados, donde se evidenció como se encuentra el Departamento de Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos. En la tabla 4-4 y en el gráfico 1-4 se puede observar un resumen de los 15 procesos evaluados para determinar las oportunidades de mejora, las cuales serán corregidas mediante la implementación de las acciones propuestas.

Tabla 54. Resumen de la auditoría

CÓDIGO PROCESO	CUALIFICACIÓN		OPORTUNIDADES DE MEJORA
	SI CUMPLE	NO CUMPLE	
A01	0	2	2
A02	1	3	3
A03	1	0	0
A04	0	1	1
A05	0	3	3
A06	0	1	1
A07	3	0	0
A08	4	16	16
A09	0	3	3
A10	2	15	15
A11	1	8	8
A12	0	13	13
A13	0	3	3
A14	0	2	2
A15	0	3	3
CANTIDAD	12	73	-----
TOTAL		85	73

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

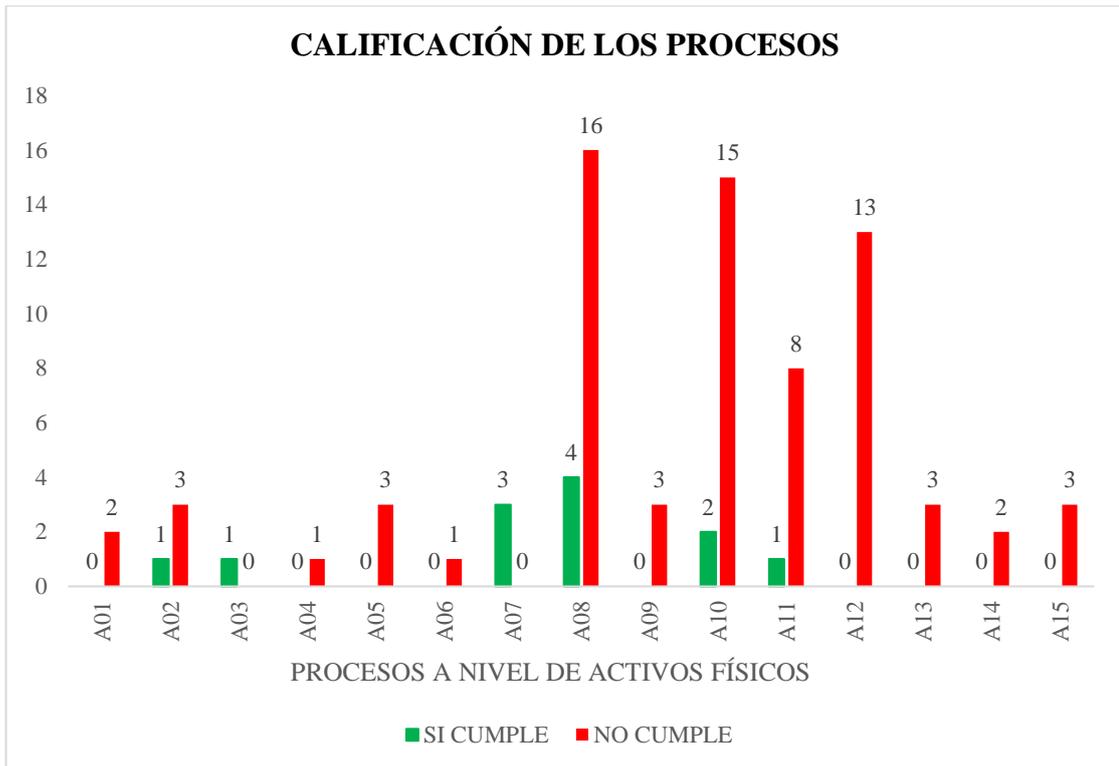


Gráfico 1-4. Calificación de los procesos

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

En el gráfico 2-4, se representa en forma global los resultados obtenidos para las 85 preguntas del instrumento de evaluación durante la auditoría.



Gráfico 2-4. Resumen de la auditoría

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Análisis: Mediante el resumen realizado de la auditoría, podemos observar y deducir que el Departamento de Mantenimiento presenta muchas oportunidades de mejora, ya que solo el 14% cumple con parte de los procesos.

Las fortalezas encontradas pertenecen a los procesos A03 y A07, los cuales tratan sobre el análisis de cargas y la instalación de un activo físico correspondientemente, siendo los únicos que si cumplen con lo que menciona la norma EN-16646. Mientras que el 86% representa las debilidades del Departamento de Mantenimiento en la gestión de activos físicos, los cuales deben ser corregidos.

4.2.5 *Resumen de los hallazgos de la auditoría*

En la siguiente tabla se muestran todos los hallazgos calificados como “no cumple”, para los cuales se han planteado acciones propuestas que permitirán corregir la no conformidad.

Tabla 55. Resumen de los hallazgos de auditoría

Código de proceso	Cuestionario	Respuesta	Acción propuesta
A01	¿La empresa realiza una estimación de la vida útil que requieren los activos para su concepto y definición?	NO	Valorar y documentar el tiempo de vida útil requerido del sistema de activos
A01	¿La empresa tiene realizado un análisis de criticidad a sus sistemas de activos?	NO	Calcular la criticidad de los activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)
A02	¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?	NO	Calcular la fiabilidad del activo durante el proceso de compra o creación
A02	¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?	NO	Calcular la mantenibilidad del activo durante el proceso de compra o creación
A02	¿Están documentados los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida?	NO	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida del activo
A04	¿La empresa calcula y analiza el costo de ciclo de vida de sus activos?	NO	Calcular y analizar el costo del ciclo de vida del activo (LCC)
A05	¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un activo?	NO	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
A05	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?	NO	Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
A05	¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?	NO	Elaborar un procedimiento para la adquisición de equipos nuevos
A06	¿El departamento contribuye de alguna manera en la fabricación de un activo?	NO	Elaborar un reporte de fallas para el fabricante
A08	¿Existe una política de gestión de documentos de los activos?	NO	Elaboración de políticas de gestión de la documentación
A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se pide los manuales de partes al proveedor?	NO	Solicitar manuales de partes cuando se adquiera un activo
A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos eléctricos al proveedor?	NO	Solicitar los planos eléctricos cuando se adquiera un activo

Tabla 5-4 (Continúa). Resumen de los hallazgos de auditoría

A08	¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos mecánicos al proveedor?	NO	Solicitar los planos mecánicos cuando se adquiera un activo
A08	¿La empresa tiene un plano P&ID?	NO	Desarrollar un plano P&ID de la empresa
A08	¿Los manuales están debidamente codificados?	NO	Elaborar una estructura de codificación para los manuales
A08	¿Los planos están debidamente codificados?	NO	Elaborar una estructura de codificación para los planos
A08	¿Existe una base de datos de los manuales?	NO	Elaborar el inventario de los manuales
A08	¿Existe una base de datos de los planos?	NO	Elaborar el inventario de los planos
A08	¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los manuales?	NO	Gestionar la compra de muebles para el almacenamiento de manuales
A08	¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los planos?	NO	Gestionar la compra de muebles para el almacenamiento de planos
A08	¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los manuales digitales?	NO	Elaborar una base de datos en la nube para manuales digitales
A08	¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los planos digitales?	NO	Elaborar una base de datos en la nube para planos digitales
A08	¿Existe un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo?	NO	Elaborar un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo
A08	¿Existe un formato de ficha técnica para cada activo?	NO	Elaborar un formato de ficha técnica
A08	¿Existe alguna de las siguientes soluciones informáticas para el manejo de la información: GMAO/CMMS, EAM, ERP?	NO	Adquirir la licencia de un software de mantenimiento: GMAO/CMMS, EAM, ERP.
A09	¿Existen estrategias definidas para cada activo?	NO	Calcular la criticidad del activo
			Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del activo
A09	¿El departamento tiene un plan de mantenimiento preventivo en el que consta claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento?	NO	Incluir en el plan de mantenimiento las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento
A09	¿El plan de mantenimiento preventivo está elaborado bajo alguna norma o metodología?	NO	Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM), análisis modos de falla, etc.
A10	¿El departamento cuenta con un maestro de ítems?	NO	Elaborar el maestro/inventario de ítems
A10	¿Los ítems cuentan con una adecuada estructura de codificación?	NO	Elaborar una estructura de codificación para los ítems
A10	¿El departamento realiza una estimación de los ítems más críticos?	NO	Realizar un análisis de criticidad de los repuestos y materiales
A10	¿El departamento cuenta con un procedimiento de compras de repuestos y materiales?	NO	Elaborar un procedimiento para la compra de repuestos y materiales
A10	¿Existe una metodología para el cálculo de stock de materiales y repuestos?	NO	Aplicar un modelo determinístico para ítems con demanda constante
			Aplicar un modelo probabilístico para ítems con demanda variable
A10	¿Existen indicadores de gestión de repuestos?	NO	Implementar el indicador "costo total de los artículos de mantenimiento"
			Implementar el indicador "calidad de servicio"
			Implementar el indicador "Índice de rotación de existencias"

Tabla 5-4 (Continúa). Resumen de los hallazgos de auditoría

A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los materiales y repuestos?	NO	Determinar los materiales y repuestos necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento
A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento el especialista?	NO	Asignar el especialista idóneo para ejecutar cada tarea de mantenimiento
A10	¿Se tiene determinado el número de horas hombre (especialistas) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO	Calcular el número de horas hombre necesarias para ejecutar la tarea de mantenimiento
A10	¿Se utilizo alguna metodología para determinar el número de horas hombre (especialista) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO	Utilizar la metodología de tiempos y movimientos para determinar el número de horas hombre necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento
A10	¿Se tiene determinado las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento?	NO	Asignar las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento
A10	¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los equipos de apoyo necesarios para ejecutar la tarea?	NO	Determinar los equipos de apoyo (EPPs, equipos de medición, etc.) necesarios en cada tarea de mantenimiento e incluir en el plan de mantenimiento
A10	¿Se tiene un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento?	NO	Elaborar un plan de capacitaciones para el personal interno de mantenimiento
A10	¿Existe un indicador para medir la gestión de la formación del personal de mantenimiento?	NO	Implementar el indicador "número de horas hombre para formación del personal interno de mantenimiento"
A10	¿Existe un formato de requisición de materiales?	NO	Elaborar un formato de requisición de materiales
A11	¿El departamento tiene una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento?	NO	Elaborar una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento
A11	¿El departamento prepara los materiales y repuestos para la realización de tareas de mantenimiento?	NO	Preparar los materiales y repuestos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento
A11	¿El departamento prepara los equipos de apoyo para la realización de tareas de mantenimiento?	NO	Preparar los equipos de apoyo necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento
A11	¿El departamento tiene un procedimiento para la ejecución de los trabajos de mantenimiento?	NO	Elaborar un procedimiento para la ejecución y verificación de los trabajos de mantenimiento
A11	¿El departamento tiene elaborado un cronograma de mantenimiento?	NO	Elaborar el cronograma de mantenimiento
A11	¿El departamento programa las actividades de mantenimiento con un mínimo de una semana de anticipación?	NO	Planificar las tareas de mantenimiento con anticipación
A11	¿El departamento programa las actividades de mantenimiento asignando las horas hombre, los materiales, los repuestos, el personal responsable y sus procedimientos de ejecución?	NO	Asignar los recursos de logística necesarios en la programación de las actividades de mantenimiento
A11	¿El departamento cuenta con informes de ejecución de órdenes de trabajo para asegurar la correcta planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento?	NO	Elaborar un programa de informes de órdenes de trabajo
A12	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento preventivo"?	NO	Calcular el indicador costo del mantenimiento preventivo
A12	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"?	NO	Calcular el indicador costo del mantenimiento correctivo
A12	¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"?	NO	Calcular el indicador sustitución de activos físicos
A12	¿El departamento calcula el indicador "horas hombre en trabajo de mantenimiento preventivo"?	NO	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento preventivo

Tabla 5-4 (Continúa). Resumen de los hallazgos de auditoría

A12	¿El departamento calcula el indicador de "horas hombre en trabajo de mantenimiento correctivo"?	NO	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento correctivo
A12	¿El departamento calcula el indicador "backlog"?	NO	Calcular el indicador backlog
A12	¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"?	NO	Calcular el indicador cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo
A12	¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"?	NO	Calcular el indicador de disponibilidad
A12	¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)?	NO	Calcular el indicador tiempo medio entre fallos (MTBF)
A12	¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)?	NO	Calcular el indicador tiempo medio para reparar (MTTR)
A12	¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades?	NO	Establecer las definiciones de los indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades
A12	¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores?	NO	Definir los objetivos y metas para cada indicador propuesto
A12	¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo?	NO	Informar con frecuencia el resultado de los indicadores a todo el personal de Mantenimiento
A13	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?	NO	Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
A13	¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras?	NO	Incluir el análisis de los resultados de los indicadores como parte del procedimiento para tomar decisiones y realizar mejoras
A13	¿El departamento utiliza alguna estrategia de mejora para optimizar y mejorar el mantenimiento de los activos?	NO	Implementar el PMO como herramienta de mejora continua
A14	¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de activos?	NO	Elaborar un procedimiento para la retirada o sustitución de activos
A14	¿Existen modelos de cálculo para analizar y tomar decisiones sobre la retirada o sustitución de activos?	NO	Establecer un modelo de cálculo para la retirada o sustitución de activos como por ejemplo modelos de reemplazo por horizonte.
A15	¿El departamento programa la fecha de retirada?	NO	Planificar y programar la fecha de retirada de un activo
A15	¿El departamento durante la retirada realiza una selección de piezas y repuestos que puedan ser reutilizados o restaurados?	NO	Seleccionar piezas y repuestos que puedan ser reutilizados
A15	¿El departamento realiza tareas de mantenimiento posterior a la retirada de un activo?	NO	Elaborar un Checklist de actividades de mantenimiento posteriores a la retirada de un activo

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

Luego de realizar el resumen de los hallazgos, se procedió a llevar a cabo la reunión de cierre, en la cual se expuso al responsable del Departamento de Mantenimiento los hallazgos de la auditoría, así como las conclusiones de la misma. A la vez se realizó la entrega del plan de mejora para brindar solución a las no conformidades encontradas durante la auditoría, esto con el fin de mejorar eficaz y eficientemente la gestión de Mantenimiento en la gestión de activos físicos.

En la tabla se puede observar el acta entregada al departamento, donde consta todo lo mencionado anteriormente, el cual sirve de evidencia para ambas partes involucradas.

Tabla 56. Acta de cierre de auditoría

	Acta de cierre de auditoría de gestión de mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos	Fecha de elaboración	11/5/2021
		Elaborado por	Equipo auditor
<p>En la ciudad de Riobamba, el día 10 de marzo de 2021, se realizó la reunión de cierre de la auditoría con el fin de comunicar los hallazgos encontrados durante la auditoría de los procesos de gestión de mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos, aplicado a los activos físicos de la empresa EP-EMAPAR. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:</p> <p>-N° de conformidades: 12 -N° de no conformidades: 73</p> <p>Conclusiones de la auditoría:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Se conoció que el Departamento de Mantenimiento de la empresa EP-EMAPAR presenta 12 conformidades las cuales representan el 14%, siendo las fortalezas de la empresa los procesos durante la etapa de instalación de un activo físico2. El 86% representa las oportunidades de mejora del Departamento de Mantenimiento en la gestión óptima del ciclo de vida de activos físicos, los cuales deben ser corregidos mediante el plan de mejora.3. El Departamento de Mantenimiento carece de estrategias para la gestión de activos físicos por lo que la gestión del ciclo de vida es poco eficiente <p style="text-align: center;">Responsable de Mantenimiento</p>			

Realizado por: Morales H., Inca B. 2020

CONCLUSIONES

Mediante la investigación y el análisis del contenido de la norma europea EN-16646, se logró identificar los procesos o requisitos de cumplimiento que plantea la norma, los cuales ayudan a establecer el rol que debe tener el Departamento de Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos.

Se desarrollo el instrumento de evaluación para la gestión de activos físicos, el cual detalla los diferentes procesos para cada etapa del ciclo de vida de un activo físico, la explicación de dichos procesos, las preguntas de evaluación y por último se añadió varias acciones propuestas para corregir las no conformidades.

Se elaboró un plan de acción que servirá como guía de implementación para cada acción propuesta, mismo que mediante su aplicación contribuirá a mejorar el desempeño del Departamento de Mantenimiento dentro de la gestión de activos físicos.

Mediante la aplicación del instrumento de evaluación, para los procesos de la gestión de activos físicos aplicado al caso de estudio, se detectaron un total de 85 hallazgos, correspondientes a 12 conformidades y 73 no conformidades. El análisis de los resultados demostró que el Departamento de Mantenimiento alcanzó el 86% de no conformidades, indicando que no cumple en su mayoría con los procesos de gestión de activos físicos recomendados en la norma europea EN-16646.

RECOMENDACIONES

La gestión de activos tiene como propósito gestionar las etapas del ciclo de vida de un activo físico, por lo que, para realizar una evaluación de los procesos de mantenimiento en cualquier organización, se recomienda aplicar el instrumento de evaluación a nivel de activos físicos o a nivel de sistema de activos físicos, por dos razones; La primera es debido a que en estos niveles los procesos de gestión de activos físicos se encuentran detallados por etapas del ciclo de vida, y la segunda se debe a que la mayor parte de los procesos de la gestión de los activos físicos son realizados a estos niveles.

Se sugiere implementar el plan de acción de mejora elaborado para las no conformidades encontradas durante la auditoria, con el fin de corregir, fortalecer y mejorar de manera eficaz los procesos que recomienda la norma europea EN-16646 para la gestión de activos físicos dentro de la organización.

Socializar con las autoridades superiores de la organización, sobre las oportunidades de mejora encontradas en el Departamento de Mantenimiento, y los beneficios que aporta la gestión de activos físicos, con el fin de buscar el apoyo logístico, económico y la cooperación de todos los departamentos, para implementar de manera óptima el plan de acción de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

Amendola, L. *Organización y Gestión del Mantenimiento. Mantenimiento como Negocio “Balanced Scorecard”*. Madrid-España: PMM Institute for Learning, 2007, pp. 19-22.

Arata, A.; & Arata, A. *Ingeniería de la confiabilidad. Teoría y aplicación en proyectos de capital y en la operación de instalaciones industriales a través del enfoque R-MES*. Santiago de Chile: RIL Editores, 2013, pp. 107-182

Arata, A.; & Furlanetto, L. *Manual de Gestión de activos y mantenimiento*. Santiago de Chile-Providencia: RIL. Editores, 2005, pp. 1-46.

Barroso, A. Diseño de un sistema completo de evaluación o auditoría en una organización de mantenimiento en base a la Norma ISO 55000. (Trabajo de titulación). [Offline]. Universidad de Cádiz. Cádiz-España. 2014, pp. 1-37. [Consulta: 2020-03-19]. Disponible en: <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16705/PFC1927.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BS EN 60812:2006. *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*.

Campos, L. Diseño de Propuesta de Modelo de Gestión de Activos basado en la Norma ISO 55000 y un Sistema Integrado de Gestión del Espacio de Trabajo (IWMS). (Trabajo de titulación). [En línea]. Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Electromecánica. Cartago. 2014, pp. 23-74. [Consulta: 2020-03-19]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3345/modelo_activos_integrado_gestion_espacio.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Capelo, R. Elaboración de un modelo de gestión de mantenimiento mediante la norma EN 16646”, para mejorar la eficiencia del departamento de mantenimiento en la unidad oncológica Solca-Chimborazo. (Trabajo de titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2017, pp. 7-200. [Consulta: 2021-05-13]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6490/3/25T00290.pdf>

Chang, M. Elaboración de un modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos en base a normativa internacional aplicado al caso de estudio: Unión Cementera Nacional (UCEM) Planta Chimborazo. (Trabajo de titulación). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 201, pp. 1-2. [Consulta: 2021-05-13]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11472/1/25T00351.pdf>

Duran, J.; & Sojo, L. “Implementando un Plan de Gestión de Activos en el tiempo de vida con estándar PAS 55”. *The Woodhouse Partnership Ltd.* [En línea], 2008, (Inglaterra). vol. 1, pp. 1–4.

García, S. *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento.* Madrid-España: Ediciones Días de Santos S.A., 2003, pp. 19-23.

Guarín, J. Implementación del Programa Informático GMAO como Herramienta Integrada de Planificación Avanzada, indispensable en la Gestión de la Cadena de Suministros para el Centro de Servicios Marina Real Juan Carlos de la Empresa Fulton Servicios Integrales S.A., (Trabajo de titulación) [En línea]. Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad Ingeniería Industrial, Escuela de Ingenierías y Administración. Bucaramanga-España. 2010. pp. 1-31. [Consulta: 2021-05-15]. Disponible en: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1070/digital_19096.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Gestión de Activos; & Instituto de Estándares Británicos. *PAS 55-1. Gestión de Activos.* Londres-Inglaterra. The Woddhouse Partnership Limited, 2008. ISBN 978-0-956-3934-0-1, pp. 1-2.

Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. *La Gestión de Activos en el contexto de la Red Eléctrica Inteligente* [blog]. [Consulta: 2020-08-04] Disponible en: https://www2.ineel.mx/taller_redes/documentos/pdf/mesa6/rei_gestion_de_activos.pdf

ISO 19011. *Directrices para la auditoría de Sistemas de Gestión.*

ISO 55000. *Gestión de Activos.*

López, M.; & Crespo, A. “Un Modelo de Referencia para la Gestión del Mantenimiento”. *ResearchGate.* [En línea], 2015, (España), pp. 1-6. [Consulta: 2021-01-29]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264854253_UN_MODELO_DE_REFERENCIA_PARA_LA_GESTION_DEL_MANTENIMIENTO

Mora, A. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* Ciudad de México-México: Alfaomega Grupo Editor, 2013. ISBN 9788578110796, pp. 1-37.

Moubray, J. *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. RCM II.* 3ª ed. Gran Bretaña: Biddles Ltd, 2004. ISBN 09539603-2-3, pp. 23-214.

NB-12017. *Sistemas de gestión de mantenimiento-Requisitos.*

NTE-INEN-EN-13460. *Documentos para Mantenimiento.*

Ortiz, Alexis; et al. “Gestión de mantenimiento en pymes industriales”. *Revista Venezolana de Gerencia* [En línea], 2013, (Venezuela) 18(61), pp. 86-104. [Consulta: 2020-08-29]. ISSN 1315-9984. Disponible en: <https://doi.org/10.31876/revista.v18i61.11005>

Parra, C.; & Crespo, A. *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos*. [En línea]. 2ª ed. Sevilla-España: Ingeman, 2015. [Consulta: 2021-08-08]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8xsnQ1aMg2gC&oi=fnd&pg=PR20&dq=mantenimiento+y+gestion+de+activos&ots=lZX0ge_051&sig=mIIVvUrk2f2ujVVdeAhchW5JGII#v=onepage&q&f=false

Plazas, N.; & Rodríguez, F. Propuesta de un Sistema de Gestión de Activos, basados en la PAS 55, para la Generación de valor en las empresas de servicios públicos domiciliarios del Municipio de Duitama (Trabajo de titulación). (Maestría). [En línea] Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Colombia. 2015. pp. 1-33. [Consulta: 2020-08-10]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6052/65815P723.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sandoval, Hugo. *Introducción a la Auditoría*. Estado de México: Red Tercer Milenio, 2012. ISBN 978-607-733-137-7, pp. 28-32.

Uceda, K.; et al. *Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)* [blog]. Bogotá-Colombia, 2018. [Consulta: 2020-07-31]. Disponible en: http://www.educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Trabajos/2018-045%20TRA_PER_K_UCEDA_CIMGA2018.pdf

UNE-EN 13306. *Terminología del Mantenimiento*.

UNE-EN 15341. *Indicadores Clave del Rendimiento del Mantenimiento*.

UNE-EN 16646. *Mantenimiento en la gestión de activos físicos*.

UNE-EN 60300-3-14. *Gestión de la confiabilidad. Mantenimiento y logística de mantenimiento*.

UNE-EN 60300-3-3. *Gestión de la confiabilidad. Cálculo del coste del ciclo de vida*.

ANEXOS

ANEXO A: PROCESOS Y ACCIONES PROPUESTAS A NIVEL DE ACTIVOS FÍSICOS

N°	CÓDIGO	ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE ACTIVOS FÍSICOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	A01	Concepto y definición	El departamento debe realizar un análisis de criticidad y determinación de la vida útil planificada (efectuado a nivel de sistema de activos)	Calcular la criticidad de los activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)
				Valorar y documentar el tiempo de vida útil requerido del sistema de activos
2	A02	Concepto y definición	El departamento debe participar activamente en la definición de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de prueba requerida (efectuado a nivel de sistema de activos)	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida del activo
3	A03	Concepto y definición	El departamento debe participar en el análisis de carga (efectuado a nivel de sistema de activos)	Calcular y analizar las capacidades de carga del sistema de activos
4	A04	Concepto y definición	El departamento debe participar activamente en la definición conceptual, especificación y análisis del coste del ciclo de vida en cuestión, cuando se necesite y sea posible	Calcular y analizar el costo del ciclo de vida (LCC)
5	A05	Diseño y desarrollo	Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del activo	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
				Elaboración de un procedimiento para la modificación de activos
				Elaboración de un procedimiento para la adquisición de activos nuevos
6	A06	Fabricación	El departamento debe participar en la fabricación del activo en caso de ser necesario	Elaborar un reporte de fallas para el fabricante
7	A07	Instalación	El departamento debe participar en la instalación y puesta en servicio del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)	Desarrollo de un Checklist para verificación del procedimiento de instalación y puesta en servicio
8	A08	Diseño y desarrollo, fabricación, instalación, operación mantenimiento y modernización	El departamento debe llevar una gestión de la documentación del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)	Elaboración de políticas para la gestión de la documentación

9	A09	Diseño y desarrollo, operación mantenimiento y modernización	Se debe definir el entorno de mantenimiento, las estrategias y las tareas de mantenimiento	Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del activo
				Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM), análisis modos de falla, etc.
10	A10	Diseño y desarrollo, fabricación, instalación, operación mantenimiento y modernización	El departamento debe llevar a cabo la planificación de la logística de mantenimiento y los recursos de mantenimiento, gestión de la formación, gestión de las piezas de repuesto, las herramientas y los equipos de apoyo, gestión de la información relativa al mantenimiento	Elaborar políticas para la gestión de la Logística de Mantenimiento
11	A11	Operación mantenimiento y modernización	El departamento debe planificar la preparación y ejecución de las tareas de mantenimiento del activo	Procedimiento aplicando el ciclo PHVA para la ejecución y verificación de los trabajos de mantenimiento
				Elaborar políticas para la programación de las tareas de mantenimiento
12	A12	Operación mantenimiento y modernización	El departamento debe evaluar el desempeño con la finalidad de mejorar el mantenimiento del activo en cuestión	Diseñar un sistema de control de indicadores claves de desempeño
13	A13	Operación mantenimiento y modernización	El departamento debe participar activamente en la realización de mejoras/modificaciones en cuanto al mantenimiento del activo en cuestión	Elaborar un procedimiento para la modificación de activos
				Optimizar el plan de mantenimiento preventivo (PMO)
14	A14	Retirada	El departamento debe participar en la decisión de la retirada o sustitución del activo	Desarrollar un modelo de estimación para la retirada o sustitución de un activo
15	A15	Retirada	Mantenimiento debe realizar actividades de mantenimiento relativas a la retirada	Elaborar un Checklist de actividades de mantenimiento posteriores a la retirada de un activo

ANEXO B: PROCESOS Y ACCIONES PROPUESTAS A NIVEL DE SISTEMA DE ACTIVOS FÍSICOS

Nº	CÓDIGO	ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE SISTEMA DE ACTIVOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	S01	Concepto y definición	El departamento debe realizar una estrategia de negocio de la organización para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre la actuación de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales.	Análisis Estratégico orientado a analizar el impacto sobre: los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales
2	S02	Concepto y definición	Mantenimiento debe realizar análisis de los factores internos de la organización que influyen en la elección de la solución de activos tales como el costo, la disponibilidad, la fiabilidad, la mantenibilidad y la logística de mantenimiento.	Elaborar un análisis causa efecto en la fase de creación o adquisición de un sistema de activos
3	S03	Concepto y definición operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe identificar y/o determinar los factores clave de éxito para el sistema de activos, así como sus requisitos y restricciones orientados al mantenimiento como son: Fiabilidad, Disponibilidad, entre otros.	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos
4	S04	Concepto y definición, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar la especificación de los sistemas de activos.	Elaborar el Inventario Técnico de los sistemas de activos
5	S05	Concepto y definición Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe participar en la determinación de la solución de activos para el sistema de activos, el análisis de criticidad y la determinación de niveles de desempeño (por ejemplo, eficacia global del equipo OEE,)	Calcular la criticidad de los sistemas de activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR) Determinar la eficacia global del equipo (OEE)
6	S06	Diseño y Desarrollo Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del sistema de activos	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF) Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
7	S07	Fabricación, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Cuando se necesite Mantenimiento debería realizar el control de y ensayo durante la instalación, puesta en marcha del sistema de activos	Desarrollo de un Checklist para verificación del procedimiento de instalación y puesta en servicio

8	S08	Diseño y desarrollo, Fabricación, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe realizar la creación y el mantenimiento de un sistema de gestión de los activos físicos	Elaboración de un modelo de sistema de gestión de activos físicos
9	S09	Diseño y desarrollo, Fabricación, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Creación y revisión del sistema de gestión del mantenimiento	Elaboración de un Modelo de Gestión de Mantenimiento
10	S10	Diseño y desarrollo, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe ser el responsable de la definición de la estrategia de mantenimiento, del plan de mantenimiento y la planificación de los recursos de logística de mantenimiento	Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del sistema de activos Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM), análisis modos de falla, etc.
11	S11	Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe ser el responsable de realizar la verificación de las actividades de mantenimiento y logística de mantenimiento en cooperación con otras funciones técnicas tales como operación	Procedimiento aplicando el ciclo PHVA para la ejecución y verificación de los trabajos de mantenimiento
12	S12	Diseño y desarrollo, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización, Retirada	Mantenimiento debe ser el responsable de preparar la documentación técnica, preparación e impartición de formación, provisión de piezas de repuesto, herramientas, sistema de equipo de apoyo y creación de la gestión de la información y mantenimiento de datos.	Implementación de un Software de Mantenimiento (GMAO)
13	S13	Operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe evaluar el desempeño y la mejora en cooperación con otras funciones técnicas	Diseñar un sistema de control de indicadores claves de desempeño
14	S14	Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar la mejora del sistema de activos y de las estrategias de mantenimiento	Desarrollar un Cuadro de Mando Integral orientado a mejorar las estrategias de mantenimiento
15	S15	Retirada	El departamento debe contribuir en la decisión de la retirada; gestión económica y ambiental de la retirada	Desarrollar un modelo de estimación para la retirada o sustitución de un sistema de activos
16	S16	Retirada	Mantenimiento debe proporcionar la información necesaria relativa al mantenimiento	Elaborar un formato para el reporte de la retirada de un sistema de activos

ANEXO C: PROCESOS Y ACCIONES PROPUESTAS A NIVEL DE SISTEMA DE ACTIVOS FÍSICOS

Nº	CÓDIGO	PROCESOS A NIVEL DE CARTERA DE ACTIVOS	PROPUESTA/ESTRATEGIA
1	C01	El departamento debe realizar una estrategia comercial de la organización incluyendo análisis de mercado y análisis del ambiente de negocio para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre el desempeño de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales	Análisis Estratégico orientado a analizar el impacto sobre: los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales
2	C02	El departamento debe identificar y/o determinar los factores clave de éxito orientados al mantenimiento	Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos
3	C03	El departamento debe identificar y/o determinar los requisitos para los activos físicos orientados al mantenimiento como son: Mantenibilidad, especificaciones técnicas, Fiabilidad entre otros.	
4	C04	El departamento debe participar en la elaboración de las estrategias y políticas de los activos como, por ejemplo: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Basado en condición entre otras.	Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del activo y definición de políticas de mantenimiento
5	C05	El departamento debe colaborar en la asignación de tareas y roles a los diferentes sistemas de activos	Asignar la función requerida para los sistemas de activos
6	C06	El departamento debe realizar el análisis del costo del ciclo de vida de cada sistema de activos.	Calcular y analizar el costo del ciclo de vida (LCC)
7	C07	El departamento debe colaborar en el diseño de los sistemas de activos dentro de la cartera de activos.	Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
			Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
8	C08	El departamento debe participar en la creación de un sistema de gestión de los activos físicos para la cartera de activos	Elaborar un modelo de Sistema de gestión de activos físicos
9	C09	El departamento debe participar en la creación de un sistema de gestión del mantenimiento para la cartera de activos	Elaborar un Modelo de Gestión de Mantenimiento
10	C10	El departamento debe colaborar en la Planificación de los recursos de logística de mantenimiento a nivel de cartera general	Elaborar políticas para la gestión de la Logística de Mantenimiento
11	C11	El departamento debe desarrollar su planificación del mantenimiento a nivel de cartera en conjunto con otras funciones técnicas	Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM), análisis modos de falla, etc.
12	C12	El departamento debe evaluar, analizar y mejorar la ejecución del mantenimiento a nivel de cartera en cooperación con otras funciones técnicas	Diseñar un sistema de control de indicadores claves de desempeño
13	C13	El departamento debe realizar las consultas respectivas para la retirada y adquisición de sistemas de activos	Elaborar un procedimiento para la adquisición de equipos nuevos
			Elaborar un procedimiento para la retirada o sustitución de activos
			Elaborar un formato para el reporte de la retirada de un sistema de activos

ANEXO D: INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN A NIVEL DE ACTIVOS FÍSICOS INDIVIDUALES

ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE ACTIVOS	EXPLICACIÓN	EVALUACIÓN DE PROCESOS	SÍ	NO	ACCIONES PROPUESTAS
Concepto y definición	La empresa debe realizar un análisis de criticidad y determinación de la vida útil planificada (efectuado a nivel de sistema de activos)	A01: La empresa debe contribuir en la estimación del tiempo de vida útil durante la creación o adquisición del activo, con el fin de alcanzar las metas que se establecerán en las estrategias de mantenimiento	¿La empresa tiene realizado un análisis de criticidad a sus sistemas de activos?			Calcular la criticidad de los activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)
			¿La empresa realiza una estimación de la vida útil que requieren los activos para su concepto y definición?			Valorar y documentar el tiempo de vida útil requerido del sistema de activos
	La empresa debe participar activamente en la definición de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de prueba requerida (efectuado a nivel de sistema de activos)	A02: Las características de confiabilidad y especialmente de disponibilidad del sistema de activos o de los activos, son la base para la atribución de requisitos de fiabilidad y mantenibilidad de los componentes del activo, es por eso que mantenimiento debe contribuir en la definición de estos requisitos	¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la fiabilidad del activo durante el proceso de compra o creación
			¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la mantenibilidad del activo durante el proceso de compra o creación
			¿Se calcula la capacidad requerida de un activo en el proceso de la compra o creación?			Calcular la capacidad del activo durante el proceso de compra o creación
			¿Están documentados los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida?			Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida del activo
La empresa debe participar en el análisis de carga (efectuado a nivel de sistema de activos)	A03: El proceso se refiere a que durante la creación o compra de un sistema de activos se debe calcular y analizar las capacidades de carga, con el fin de determinar si el sistema puede cumplir con los objetivos de producción.	¿Se calcula y analiza las capacidades de carga en la compra o creación de un sistema de activos?			Calcular y analizar las capacidades de carga del sistema de activos con el fin que pueda cumplir con las necesidades de producción	
La empresa debe participar activamente en la definición conceptual, especificación y análisis del coste del ciclo de vida en cuestión, cuando se necesite y sea posible	A04: Este análisis se utiliza como proyección para tener una estimación de cuál será el costo del ciclo de vida de sus activos antes de su materialización, además, nos permite evaluar y comparar diseños alternativos y realizar estudios de factibilidad económica	¿La empresa calcula y analiza el costo de ciclo de vida de sus activos?			Calcular y analizar el costo del ciclo de vida del activo (LCC)	
Diseño y desarrollo (de un activo)	Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del activo	A05: En la etapa de diseño y desarrollo del activo, el departamento de mantenimiento debe involucrarse con el fin de saber; como puede fallar el activo, y como se puede mitigar las consecuencias de los modos de falla, aplicando estrategias como el AMEF. Otra manera en que el departamento influye en esta etapa es cuando un activo requiere de modificaciones en su diseño, ya sea por algún aspecto de seguridad u operacional. Por tal motivo para tener evidenciado estos aspectos es necesario contar con los procedimientos adecuados.	¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un activo?			Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
			¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?			Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
			¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?			Elaborar un procedimiento para la adquisición de equipos nuevos
Fabricación	El departamento debe participar en la fabricación del activo en caso de ser necesario	A06: Para que mantenimiento contribuya en la etapa de fabricación de un activo, debe participar conjuntamente con el fabricante mediante el uso de reportes con la finalidad de aportar con mejoras durante la fabricación de los activos. Por ejemplo, mediante un reporte de fallas, para que el fabricante pueda analizar las fallas producidas y realizar modificaciones en el activo.	¿El departamento contribuye de alguna manera en la fabricación de un activo?			Elaborar un reporte de fallas para el fabricante
Instalación	El departamento debe participar en la instalación y puesta en servicio del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)	A07: Este proceso nos menciona que mantenimiento debe participar como un fiscalizador verificando que los requerimientos de instalación como: nivelación, montaje, anclaje, entre otros sean los adecuados	¿Cuándo se adquiere un sistema de activos el departamento verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas del sistema durante la entrega del mismo?			Verificar el estado del sistema de activos en su recepción mediante checklist
			¿Durante la instalación de un sistema de activos el departamento verifica que se cumplan los requerimientos de instalación?			Verificar que se cumplan los requerimientos de instalación del sistema de activos mediante checklist
			¿Se realizan pruebas antes de la puesta en marcha para verificar que los nuevos activos funcionen correctamente?			Guardar las pruebas de puesta a punto del servicio de instalación Solicitar las pruebas de puesto a punto al proveedor del servicio de instalación
Diseño y desarrollo, operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe llevar una gestión de la documentación del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)	A08: Se refiere al manejo y control de la documentación procedente de cada etapa del ciclo de vida de sus activos, en lo que refiere a la codificación, al almacenamiento, entre otros aspectos.	¿Existe una política de gestión de documentos de los activos?			Elaboración de políticas de gestión de la documentación
			¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de mantenimiento al proveedor?			Solicitar manuales de mantenimiento cuando se adquiera un activo
			¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de operación al proveedor?			Solicitar manuales de operación cuando se adquiera un activo
			¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se pide los manuales de partes al proveedor?			Solicitar manuales de partes cuando se adquiera un activo
			¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos eléctricos al proveedor?			Solicitar los planos eléctricos cuando se adquiera un activo
			¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos mecánicos al proveedor?			Solicitar los planos mecánicos cuando se adquiera un activo

			¿La empresa tiene un plano P&ID? ¿Los manuales están debidamente codificados? ¿Los planos están debidamente codificados? ¿Existe una base de datos de los manuales? ¿Existe una base de datos de los planos? ¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los manuales? ¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los planos? ¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los manuales digitales? ¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los planos digitales? ¿Existe un formato de órdenes de trabajo? ¿Existe un formato de requisición de materiales? ¿Existe un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo? ¿Existe un formato de ficha técnica para cada activo? ¿Existe alguna de las siguientes soluciones informáticas para el manejo de la información: GMAO/CMMMS, EAM, ERP?	Desarrollar un plano P&ID de la empresa Elaborar una estructura de codificación para los manuales Elaborar una estructura de codificación para los planos Elaborar el inventario de los manuales Elaborar el inventario de los manuales Gestionar la compra de muebles para el almacenamiento de manuales Gestionar la compra de muebles para el almacenamiento de planos Elaborar una base de datos en la nube para manuales digitales Elaborar una base de datos en la nube para planos digitales Elaborar un formato de órdenes de trabajo Elaborar un formato de requisición de materiales Elaborar un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo Elaborar un formato de ficha técnica Adquirir la licencia de un software de mantenimiento: GMAO/CMMMS, EAM, ERP.
	Se debe definir el entorno de mantenimiento, las estrategias y las tareas de mantenimiento	A09: El proceso nos menciona que en primer lugar se debe definir las estrategias de mantenimiento a aplicar en cada activo, ya que todos los activos no se manejarán bajo la misma estrategia debido a su criticidad y otros factores, las mismas tienen que estar integrado con los objetivos de la organización. Una vez definido las estrategias se procede a definir las tareas de mantenimiento correspondientes para cada activo según su estrategia. Esta definición se la puede hacer bajo normativas o metodologías, por ejemplo, aplicando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad "RCM"	¿Existen estrategias definidas para cada activo? ¿El departamento tiene un plan de mantenimiento preventivo en el que constan claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento? ¿El plan de mantenimiento preventivo está elaborado bajo alguna norma o metodología?	Calcular la criticidad del activo Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del activo Incluir en el plan de mantenimiento las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM), análisis modos de falla, etc.
Diseño y desarrollo, fabricación, instalación, operación mantenimiento y modernización	El departamento debe llevar a cabo la planificación de la logística de mantenimiento y los recursos de mantenimiento, gestión de la formación, gestión de las piezas de repuesto, las herramientas y los equipos de apoyo, gestión de la información relativa al mantenimiento	A10: Este proceso trata sobre el correcto manejo y control de los materiales, repuestos y equipos de apoyo como: equipos de medición, EPP, etc., necesarios para realizar las actividades de mantenimiento. La formación del personal de mantenimiento es de vital importancia ya que permite mejorar las destrezas del personal por lo que Mantenimiento debe planificar la capacitación de su personal, de manera que ayuden a alcanzar los objetivos de Mantenimiento.	¿El departamento cuenta con un maestro de ítems? ¿Los ítems cuentan con una adecuada estructura de codificación? ¿El departamento realiza una estimación de los ítems más críticos? ¿El departamento selecciona adecuadamente los proveedores más idóneos de sus materiales y repuestos? ¿Se verifica las especificaciones técnicas de cada orden de compra? ¿El departamento cuenta con un procedimiento de compras de repuestos y materiales? ¿Existe una metodología para el cálculo de stock de materiales y repuestos? ¿Existen indicadores de gestión de repuestos? ¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los materiales y repuestos? ¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento el especialista? ¿Se tiene determinado el número de horas hombre (especialistas) para ejecutar cada tarea de mantenimiento? ¿Se utilizó alguna metodología para determinar el número de horas hombre (especialista) para ejecutar cada tarea de mantenimiento? ¿Se tiene determinado las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento? ¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los equipos de apoyo necesarios para ejecutar la tarea? ¿Se tiene un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento? ¿Existe un indicador para medir la gestión de la formación del personal de mantenimiento? ¿Existe un formato de requisición de materiales?	Elaborar el maestro/inventario de ítems Elaborar una estructura de codificación para los ítems Realizar un análisis de criticidad de los repuestos y materiales Seleccionar el proveedor más idóneo para compra de materiales y repuestos Verificar las especificaciones técnicas de cada repuesto y material que se adquiera Elaborar un procedimiento para la compra de repuestos y materiales Aplicar un modelo determinístico para ítems con demanda constante Aplicar un modelo probabilístico para ítems con demanda variable Implementar el indicador "costo total de los artículos de mantenimiento" Implementar el indicador "calidad de servicio" Implementar el indicador "Índice de rotación de existencias" Determinar los materiales y repuestos necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento Asignar el especialista idóneo para ejecutar cada tarea de mantenimiento Calcular el número de horas hombre necesarias para ejecutar la tarea de mantenimiento Utilizar la metodología de tiempos y movimientos para determinar el número de horas hombre necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento Asignar las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento Determinar los equipos de apoyo (EPPs, equipos de medición, etc.) necesarios en cada tarea de mantenimiento e incluir en el plan de mantenimiento Elaborar un plan de capacitaciones para el personal interno de mantenimiento Implementar el indicador "número de horas hombre para formación del personal interno de mantenimiento" Elaborar un formato de requisición de materiales
Operación mantenimiento y modernización	El departamento debe planificar la preparación y ejecución de las tareas de mantenimiento del activo	A11: En este proceso se organiza la ejecución de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo de manera oportuna, además se establecen todos los recursos necesarios para su ejecución.	¿El departamento tiene una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento? ¿El departamento prepara documentos para la realización de tareas de mantenimiento? ¿El departamento prepara los materiales y repuestos para la realización de tareas de mantenimiento? ¿El departamento prepara los equipos de apoyo para la realización de tareas de mantenimiento?	Elaborar una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento Preparar los documentos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento Preparar los materiales y repuestos necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento Preparar los equipos de apoyo necesarios para la ejecución de las tareas de mantenimiento

			¿El departamento tiene un procedimiento para la ejecución de los trabajos de mantenimiento?	Elaborar un procedimiento para la ejecución y verificación de los trabajos de mantenimiento
			¿El departamento tiene elaborado un cronograma de mantenimiento?	Elaborar el cronograma de mantenimiento
			¿El departamento programa las actividades de mantenimiento con un mínimo de una semana de anticipación?	Planificar las tareas de mantenimiento con anticipación
			¿El departamento programa las actividades de mantenimiento asignando las horas hombre, los materiales, los repuestos, el personal responsable y sus procedimientos de ejecución?	Asignar los recursos de logística necesarios en la programación de las actividades de mantenimiento
			¿El departamento cuenta con informes de ejecución de órdenes de trabajo para asegurar la correcta planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento?	Elaborar un programa de informes de órdenes de trabajo
	El departamento debe evaluar el desempeño con la finalidad de mejorar el mantenimiento del activo en cuestión	A12: Para poder cumplir con este proceso, una manera de evaluar el desempeño de un activo es mediante la definición y cálculo de indicadores claves del rendimiento, los cuales posteriormente ayudarán a tomar decisiones basándonos en los resultados obtenidos	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador costo del mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"?	Calcular el indicador costo del mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"?	Calcular el indicador sustitución de activos físicos
			¿El departamento calcula el indicador "horas hombre en trabajo de mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "horas hombre en trabajo de mantenimiento correctivo"?	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "backlog"?	Calcular el indicador backlog
			¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"?	Calcular el indicador de disponibilidad
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)?	Calcular el indicador tiempo medio entre fallos (MTBF)
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)?	Calcular el indicador tiempo medio para reparar (MTTR)
El departamento debe participar activamente en la realización de mejoras/modificaciones en cuanto al mantenimiento del activo en cuestión	A13: Se refiere a la forma en que el departamento actúa y toma acciones de mejora, después de haber analizado los resultados obtenidos en los indicadores claves del desempeño	¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades?	Establecer las definiciones de los indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades	
		¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores?	Definir los objetivos y metas para cada indicador propuesto	
		¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo?	Informar con frecuencia el resultado de los indicadores a todo el personal de Mantenimiento	
Retirada	El departamento debe participar en la decisión de la retirada o sustitución del activo	A14: Se refiere a la forma en como mantenimiento interviene en el proceso de retirada y sustitución de los activos	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?	Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
			¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras?	Incluir el análisis de los resultados de los indicadores como parte del procedimiento para tomar decisiones y realizar mejoras
			¿El departamento utiliza alguna estrategia de mejora para optimizar y mejorar el mantenimiento de los activos?	Implementar el PMO como herramienta de mejora continua
Retirada	Mantenimiento debe realizar actividades de mantenimiento relativas a la retirada	A15: El proceso menciona que departamento debe ser el responsable de ejecutar tareas de mantenimiento antes, durante y posterior a la retirada de un activo	¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de activos?	Elaborar un procedimiento para la retirada o sustitución de activos
			¿Existen modelos de cálculo para analizar y tomar decisiones sobre la retirada o sustitución de activos?	Establecer un modelo de cálculo para la retirada o sustitución de activos como por ejemplo modelos de reemplazo por horizonte.
			¿El departamento programa la fecha de retirada?	Planificar y programar la fecha de retirada de un activo
			¿El departamento durante la retirada realiza una selección de piezas y repuestos que puedan ser reutilizados o restaurados?	Seleccionar piezas y repuestos que puedan ser reutilizados
			¿El departamento realiza tareas de mantenimiento posterior a la retirada de un activo?	Elaborar un Checklist de actividades de mantenimiento posteriores a la retirada de un activo

INSTRUMENTO DE EVALUACION A NIVEL DE SISTEMA DE SISTEMAS DE ACTIVOS FÍSICOS

ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE SISTEMA DE ACTIVOS	EXPLICACIÓN	EVALUACIÓN DE PROCESOS	SÍ	NO	ACCIONES PROPUESTAS	
Concepto y definición	El departamento debe realizar una estrategia de negocio de la organización para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre la actuación de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales.	S01: Durante la fase de adquisición o creación del sistema de activos, el trabajo de mantenimiento debe desempeñar un papel de consultoría, ya que será responsable de analizar los requisitos del sistema y cómo estos requisitos afectarán los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales.	¿Durante la fase de adquisición o creación el departamento analiza las necesidades del sistema de activos e informa los impactos sobre los costos de mantenimiento?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en los costos de mantenimiento	
			¿Durante la fase de adquisición el departamento analiza las necesidades del sistema de activos e informa los impactos sobre la seguridad del personal?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en la seguridad	
			¿Durante la fase de adquisición o creación el departamento analiza las necesidades del sistema de activos e informa los impactos sobre el medio ambiente?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en el medio ambiente	
Concepto y definición, operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar un análisis de los factores internos de la organización que influyen en la elección de la solución de activos	S02: En la fase de adquisición o creación del sistema de activos, el trabajo de mantenimiento debe consistir en analizar los factores internos de la organización, tales como: recursos financieros, recursos humanos, procedimientos, entre otros, los cuales limitan la selección y toma de decisiones del sistema de activos.	¿Durante la fase de adquisición o creación el departamento analiza las causas y efectos de los factores internos que influyen en la selección de un sistema de activos?			Elaborar un análisis causa efecto en la fase de creación o adquisición de un sistema de activos	
			¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la fiabilidad del activo durante el proceso de compra o creación	
			¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la mantenibilidad del activo durante el proceso de compra o creación	
Concepto y definición, operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar la especificación de los sistemas de activos.	S03: La confiabilidad del sistema de activos, especialmente las características de disponibilidad, es la base para la atribución de los requisitos de confiabilidad y mantenibilidad de los sistemas de activos, por lo que el mantenimiento debe ayudar a definir estos requisitos. La solución a este proceso, es fundamental para resolver el proceso posterior	¿Se calcula el nivel de disponibilidad requerida de un sistema de activos en el proceso de la compra o creación?			Calcular la disponibilidad del sistema durante el proceso de compra o creación	
			¿Están documentados los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad?			Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos	
			¿Está definido la jerarquía de los activos físicos; a nivel de cartera, sistema y activos individuales?			Jerarquizar los activos físicos en: cartera de activos, sistema de activos y activos individuales	
			¿Tiene el departamento una lista jerárquica y codificada de todos los sistemas de activos de la empresa?			Elaborar el inventario de los sistemas de activos	
			¿El departamento tiene etiquetado el código técnico del inventario en todos los sistemas de activos de la empresa?			Etiquetar los sistemas de activos	
			¿El departamento tiene realizado un análisis de criticidad a sus sistemas de activos?			Calcular la criticidad de los activos basado en la metodología Matriz de Criticidad Total por Riesgo (CTR)	
Diseño y desarrollo Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe participar en la determinación de la solución de activos para el sistema de activos, el análisis de criticidad y la determinación de niveles de desempeño (por ejemplo, eficacia global del equipo OEE.)	S04: Este proceso para la etapa de operación, mantenimiento y modernización, significa que el departamento necesita establecer una taxonomía de activos a mantener. En otras palabras, debe haber un nivel de jerarquía para la cartera de activos, el sistema de activos y el nivel de activos	En la determinación del desempeño, ¿El departamento calcula la eficacia global de sus sistemas de activos?			Determinar la eficacia global del equipo (OEE)	
			S06: En la etapa de diseño y desarrollo del activo, el departamento de mantenimiento debe involucrarse con el fin de saber; como puede fallar el activo, y como se puede mitigar las consecuencias de los modos de falla, aplicando estrategias como el AMEF. Otra manera en que el departamento influye en esta etapa es cuando un activo requiere de modificaciones en su diseño, ya sea por algún aspecto de seguridad u operacional. Por tal motivo para tener evidenciado estos aspectos es necesario contar con los procedimientos adecuados.	¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un sistema de activos?			Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
				¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?			Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
Instalación Operación, mantenimiento y modernización	Cuando se necesite Mantenimiento debería realizar el control de ensayo durante la instalación y puesta en marcha del sistema de activos	S07: Este proceso nos menciona que mantenimiento debe participar como un fiscalizador verificando que los requerimientos de instalación como: nivelación, montaje, anclaje, entre otros sean los adecuados	¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?			Incluir a mantenimiento en el proceso de selección de equipos nuevos y proceso de adquisición	
			¿Cuándo se adquiere un sistema de activos el departamento verifica el cumplimiento de las especificaciones del sistema durante la entrega del mismo?			Verificar el estado del sistema de activos en la recepción	
			¿Durante la instalación de un sistema de activos el departamento verifica que se cumplan los requerimientos de instalación?			Verificar que se cumplan los requerimientos de instalación del sistema de activos	
Diseño y desarrollo Fabricación Instalación Operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe realizar la creación y el mantenimiento de un sistema de gestión de los activos físicos	S08: Este proceso nos hace saber que se debe crear un sistema de información en el que se establezcan políticas, objetivos y estrategias para la gestión de los activos físicos que ayuden a administrar cada etapa del ciclo de vida de los mismos	¿Se realizan pruebas antes de la puesta en marcha para verificar que los nuevos activos funcionen correctamente?			Guardar las pruebas de puesta a punto del servicio de instalación Solicitar las pruebas de puesto a punto al proveedor del servicio de instalación	
			El departamento ha establecido, implementado, mantenido y continuamente mejorado un sistema de gestión de activos físicos			Elaborar un modelo de gestión para el sistema de gestión de activos físicos	
			¿El departamento tiene definido políticas para la gestión de los activos físicos?			Establecer políticas para la gestión de los activos físicos	
			¿El departamento tiene definido objetivos para la gestión de activos físicos?			Establecer objetivos para la gestión de los activos físicos	
			¿Se ha establecido el alcance para el sistema de gestión de activos físicos?			Establecer el alcance del sistema de gestión de activos físicos	
			¿El departamento cuenta con un Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)?			Elaborar un modelo de un Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)	
			¿El departamento tiene establecido la misión, la visión y los objetivos de mantenimiento?			Establecer la misión, visión y objetivos para la gestión del mantenimiento	
			¿El departamento tiene establecido políticas para la gestión del mantenimiento?			Establecer políticas para la gestión del mantenimiento	
			¿El departamento tiene establecido un organigrama de su estructura organizacional?			Establecer la estructura organizacional del Departamento de Mantenimiento	
Creación y revisión del sistema de gestión del mantenimiento	S09: La creación de un sistema de gestión para el mantenimiento tiene entre algunas funciones establecer: políticas, objetivos y estrategias de mantenimiento que ayuden a administrar los diferentes procesos que requiere el mantenimiento	¿El departamento realiza una revisión de su sistema de gestión de mantenimiento por lo mínimo una vez al año?			Realizar la revisión del sistema de gestión de mantenimiento		

Diseño y desarrollo, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe ser el responsable de la definición de la estrategia de mantenimiento, del plan de mantenimiento y la planificación de los recursos de logística de mantenimiento	S10: Este proceso trata sobre la elaboración de un adecuado plan de mantenimiento preventivo, para reducir la probabilidad de falla y la degradación de los activos, asignando y planificando los materiales, repuestos y el personal responsable necesarios para realizar las actividades de mantenimiento.	¿El departamento tiene determinado las estrategias que se utilizarán para las actividades de mantenimiento?	Definir la estrategia adecuada en base a la criticidad del sistema de activos
			¿El departamento maneja un plan de mantenimiento preventivo en el que consta claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento?	Incluir en el plan de mantenimiento las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento
			¿El plan de mantenimiento preventivo está elaborado bajo alguna norma o metodología?	Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM)
			¿El departamento prepara documentos, materiales y repuestos para la realización de tareas de mantenimiento?	Elaborar un procedimiento para la ejecución de las tareas de mantenimiento
			¿El departamento programa las actividades de mantenimiento con un mínimo de una semana de anticipación?	Planificar las tareas de mantenimiento con anticipación
			¿El departamento programa las actividades de mantenimiento asignando la hora hombre, los materiales, los repuestos, el personal responsable y sus procedimientos de ejecución?	Asignar los recursos de logística necesarios en la programación de las actividades de mantenimiento
Instalación, Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe ser el responsable de realizar la verificación de las actividades de mantenimiento y logística de mantenimiento en cooperación con otras funciones técnicas tales como operación	S11: La función de mantenimiento en este proceso es verificar que se cumplan las actividades de mantenimiento y logística, es decir el departamento debe contar con un procedimiento para llevar a cabo este proceso	¿El departamento cuenta con un procedimiento de verificación de las tareas de mantenimiento y logística?	Elaborar un procedimiento para la verificación de las tareas de mantenimiento
			¿El departamento mide los trabajos ejecutados sobre los planificados?	Medir los trabajos de mantenimiento ejecutados mediante un indicador
			¿El departamento realiza informes sobre la ejecución de los trabajos de mantenimiento?	Elaborar informes sobre los trabajos de mantenimiento
Diseño y desarrollo, Instalación, Operación, mantenimiento y modernización, Retirada	Mantenimiento debe ser el responsable de preparar la documentación técnica, preparación e impartición de formación, provisión de piezas de repuesto, herramientas, sistema de equipo de apoyo y creación de la gestión de la información y mantenimiento de datos.	S12: El proceso nos menciona sobre la creación de una base de datos que nos permitirá gestionar, almacenar, respaldar y actualizar toda la información generada por mantenimiento de manera ágil y oportuna, para asegurar una administración eficiente, por lo que se recomienda implementar un sistema de mantenimiento asistido por computadora.	¿El departamento dispone de un sistema informático (GMAO) para la gestión de los activos físicos?	Adquirir la licencia de un software de mantenimiento: GMAO/CMMS, EAM, ERP.
			¿El departamento utiliza el GMAO para registrar la documentación técnica como: manuales, planos, planes de mantenimiento, fichas técnicas?	Emplear el GMAO para llevar el registro de la documentación técnica
			¿El departamento utiliza el GMAO para la distribución de horas de trabajo?	Emplear el GMAO para la distribución de horas de trabajo
			¿El departamento utiliza el GMAO para la planificación de trabajos y control de la logística de piezas, repuestos y herramientas?	Emplear el GMAO para la planificación de trabajos y control de la logística de piezas, repuestos y herramientas
Operación, mantenimiento y modernización	El departamento debe evaluar el desempeño y la mejora en cooperación con otras funciones técnicas	S13: Para poder cumplir con este proceso, una manera de evaluar el desempeño de un activo es mediante la definición y cálculo de indicadores claves del rendimiento, los cuales posteriormente ayudarán a tomar decisiones basándonos en los resultados obtenidos	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador costo del mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"?	Calcular el indicador costo del mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"?	Calcular el indicador sustitución de activos físicos
			¿El departamento calcula el indicador "trabajo de mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "trabajo de mantenimiento correctivo"?	Calcular el indicador trabajo de mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "backlog"?	Calcular el indicador backlog
			¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"?	Calcular el indicador cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"?	Calcular el indicador de disponibilidad
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)?	Calcular el indicador tiempo medio entre fallos (MTBF)
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)?	Calcular el indicador tiempo medio para reparar (MTTR)
			¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades?	Establecer las definiciones de los indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades
			¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores?	Definir los objetivos y metas para cada indicador propuesto
			¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo?	Informar con frecuencia el resultado de los indicadores a todo el personal de Mantenimiento
Operación, mantenimiento y modernización	Mantenimiento debe realizar la mejora de las estrategias de mantenimiento	S14: Este proceso menciona que mantenimiento debe realizar mejoras sobre las estrategias establecidas, como mejorar el mantenimiento preventivo y correctivo. Una manera de conseguir estas mejoras es por medio de herramientas de gestión como cuadros de mando integral que permitirán tener una visión integral de la estrategia de mantenimiento, permitiendo su adecuación a los requerimientos de los clientes internos, mejorando u optimizando los resultados del proceso de mantenimiento y la comunicación de los progresos a todos los involucrados.	¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación y mejora de las instalaciones o equipos?	Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
			¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras?	Incluir el análisis de los resultados de los indicadores como parte del procedimiento para tomar decisiones y realizar mejoras
			¿El departamento dispone de una herramienta de gestión para mejorar las estrategias de mantenimiento?	Desarrollar un Cuadro de Mando Integral orientado a mejorar las estrategias de mantenimiento
			¿El departamento mide la efectividad de las acciones de mejora planteadas?	Medir la efectividad de las acciones de mejora mediante indicadores
Operación, mantenimiento y modernización, Retirada	Decisión de la retirada; gestión económica y ambiental de la retirada	S15: Se refiere a la forma en como mantenimiento interviene en el proceso de retirada y sustitución de los activos	¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de activos?	Elaborar un procedimiento para la retirada o sustitución de activos
			¿Existe en el departamento modelos de cálculo para tomar decisiones sobre la retirada o sustitución de activos?	Desarrollar un modelo de estimación para la retirada o sustitución de un activo
Retirada	Mantenimiento debe proporcionar la información necesaria relativa al mantenimiento	S16: El rol de mantenimiento en este proceso debe ser el proporcionar toda la información generada del mantenimiento de todo el ciclo de vida del sistema	¿El departamento tiene un documento para proporcionar la información relevante que se generó durante todo el ciclo de vida del sistema de activos posterior a su retirada?	Elaborar un formato para el reporte de la retirada de un sistema de activos

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN A NIVEL DE CARTERA DE ACTIVOS FÍSICOS

ETAPA	PROCESOS A NIVEL DE CARTERA DE ACTIVOS	EXPLICACIÓN	EVALUACIÓN DE PROCESOS	SI	NO	ACCIONES PROPUESTAS
1	C01: El departamento debe realizar una estrategia de negocio de la organización para determinar el impacto de varias soluciones de activos sobre la actuación de los activos, costes de mantenimiento, seguridad y riesgos ambientales.	Durante la fase de adquisición o creación del sistema de activos, el trabajo de mantenimiento debe desempeñar un papel de consultoría, ya que será responsable de analizar los requisitos del sistema y cómo estos requisitos afectarán los costos de mantenimiento, la seguridad y los riesgos ambientales.	¿Durante la fase de adquisición o creación el departamento analiza las necesidades de los sistemas de activos e informa los impactos sobre los costos de mantenimiento?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en los costos de mantenimiento
			¿Durante la fase de adquisición el departamento analiza las necesidades de los sistemas de activos e informa los impactos sobre la seguridad del personal?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en la seguridad
			¿Durante la fase de adquisición o creación el departamento analiza las necesidades de los sistemas de activos informa los impactos sobre el medio ambiente?			Realizar un análisis estratégico sobre las necesidades del sistema y los impactos en el medio ambiente
2	C02: El departamento debe identificar y/o determinar los factores clave de éxito orientados al mantenimiento	A nivel de cartera de activos la confiabilidad de los sistemas de activos especialmente las características de disponibilidad, son la base para la atribución de los requisitos de confiabilidad y mantenibilidad de los sistemas de activos, por lo que el mantenimiento debe ayudar a identificar para luego poder determinar los requisitos para los activos físicos	¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la fiabilidad del activo durante el proceso de compra o creación
3	C03: El departamento debe identificar y/o determinar los requisitos para los activos físicos orientados al mantenimiento como son: Mantenibilidad, especificaciones técnicas, Fiabilidad entre otros.		¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo?			Calcular la mantenibilidad del activo durante el proceso de compra o creación
			¿Se calcula el nivel de disponibilidad requerida de un sistema de activos en el proceso de la compra o creación?			Calcular la disponibilidad del sistema durante el proceso de compra o creación
4	C04: El departamento debe participar en la elaboración de las estrategias y políticas de los activos como, por ejemplo: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Basado en Condición entre otras.	El departamento debe desarrollar estrategias y políticas las mismas que deben ser llevadas a consulta a la organización	¿El departamento tiene determinado las estrategias que se utilizarán para las actividades de mantenimiento?			Elaborar un formato de conceptualización para documentar los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad del sistema de activos
			¿El departamento cuenta con un listado de políticas de mantenimiento?			Establecer las estrategias óptimas de mantenimiento
5	C05: Asignación de tareas y roles a los diferentes sistemas de activos	El proceso nos quiere decir que de debe contar con un listado de las funciones específicas que van a realizar cada sistema de activos, mismos que deben ser llevados a consulta a la organización	¿El departamento tiene detallada de forma clara y específica las funciones de cada sistema de activos?			Establecer políticas de Mantenimiento
6	C06: El departamento debe realizar el análisis del costo del ciclo de vida de cada sistema de activo.	Este análisis se utilizará como proyección, para tener una estimación de cuál será el costo del ciclo de vida de sus activos, con la información adquirida se puede tomar decisiones de compra de equipos, optimización y rediseño, o sustitución de un equipo	¿El departamento identifica las necesidades o especificaciones técnicas en la compra o creación de un sistema de activos?			Asignar la función requerida para los sistemas de activos
7	C07: El departamento debe colaborar en el diseño de los sistemas de activos de acuerdo al plan estratégico dentro de la cartera de activos.	En la etapa de diseño y desarrollo del activo, el departamento de mantenimiento debe involucrarse con el fin de saber, como puede fallar el activo, y como se puede mitigar las consecuencias de los modos de falla, aplicando estrategias como el AMEF. Otra manera en que el departamento influye en esta etapa es cuando un activo requiere de modificaciones en su diseño, ya sea por algún aspecto de seguridad u operacional. Por tal motivo para tener evidenciado estos aspectos es necesario contar con los procedimientos adecuados.	¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un sistema de activo?			Identificar las especificaciones técnicas del activo en la compra o creación de un sistema de activos
			¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos?			Aplicar la metodología de Análisis de modos de falla y sus efectos (AMEF)
			¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?			Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
8	C08: El departamento debe participar en la creación de un sistema de gestión de los activos físicos para la cartera de activos	Este proceso nos hace saber que se debe crear un sistema de información en el que se establezcan políticas, objetivos y estrategias para la gestión de los activos físicos que ayuden a administrar cada etapa del ciclo de vida de los mismos	El departamento ha establecido, implementado, mantenido y continuamente mejorado un sistema de gestión de activos físicos			Incluir a mantenimiento en el proceso de selección de equipos nuevos y proceso de adquisición
			¿El departamento tiene definido políticas para la gestión de los activos físicos?			Elaborar un modelo de gestión para el sistema de gestión de activos físicos
			¿El departamento tiene definido objetivos para la gestión de activos físicos?			Establecer políticas para la gestión de los activos físicos
			¿Se ha establecido el alcance para el sistema de gestión de activos físicos?			Establecer objetivos para la gestión de los activos físicos
9	C09: El departamento debe participar en la creación de un sistema de gestión del mantenimiento para la cartera de activos	La creación de un sistema de gestión para el mantenimiento tiene entre algunas funciones establecer, políticas, objetivos y estrategias de mantenimiento que ayuden a administrar los diferentes procesos que requiere el mantenimiento	¿El departamento cuenta con un Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)?			Establecer el alcance del sistema de gestión de activos físicos
			¿El departamento tiene establecido la misión, la visión y los objetivos de mantenimiento?			Elaborar un modelo de un Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA)
			¿El departamento tiene establecido políticas para la gestión del mantenimiento?			Establecer la misión, visión y objetivos para la gestión del mantenimiento
			¿El departamento tiene establecido un organigrama de la estructura organizacional de su departamento?			Establecer políticas para la gestión del mantenimiento
			¿El departamento realiza una revisión de su sistema de gestión de mantenimiento por lo mínimo una vez al año?			Establecer la estructura organizacional del Departamento de Mantenimiento
10	C10: El departamento debe colaborar en la planificación de los recursos de logística de mantenimiento a nivel de cartera general	Este proceso trata sobre el correcto manejo y control de materiales y repuestos, necesarios para realizar las actividades de mantenimiento de la cartera en general	¿El departamento realiza una estimación de los ítems más críticos?			Realizar la revisión del sistema de gestión de mantenimiento
			¿El departamento cuenta con un maestro de ítems?			Elaborar el maestro/inventario de ítems
			¿Los ítems cuentan con una adecuada estructura de codificación?			Elaborar una estructura de codificación para los ítems
			¿El departamento realiza una estimación de los ítems más críticos?			Realizar un análisis de criticidad de los repuestos y materiales
			¿El departamento selecciona adecuadamente los proveedores más idóneos de sus materiales y repuestos?			Seleccionar el proveedor más idóneo para compra de materiales y repuestos
			¿Se verifica las especificaciones técnicas de cada orden de compra?			Verificar las especificaciones técnicas de cada repuesto y material que se adquiere
			¿El departamento cuenta con un procedimiento de compras de repuestos y materiales?			Elaborar un procedimiento para la compra de repuestos y materiales

			¿Existe una metodología para el cálculo de stock de materiales y repuestos?		Aplicar un modelo determinístico para ítems con demanda constante
					Aplicar un modelo probabilístico para ítems con demanda variable
			¿Existen indicadores de gestión de repuestos?		Implementar el indicador "costo total de los artículos de mantenimiento"
					Implementar el indicador "calidad de servicio"
					Implementar el indicador "Índice de rotación de existencias"
			¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los materiales y repuestos?		Determinar los materiales y repuestos necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento
			¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento el especialista?		Asignar el especialista idóneo para ejecutar cada tarea de mantenimiento
			¿Se tiene determinado el número de horas hombre (especialistas) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?		Calcular el número de horas hombre necesarias para ejecutar la tarea de mantenimiento
			¿Se utilizó alguna metodología para determinar el número de horas hombre (especialista) para ejecutar cada tarea de mantenimiento?		Utilizar la metodología de tiempos y movimientos para determinar el número de horas hombre necesarios para ejecutar cada tarea de mantenimiento
			¿Se tiene determinado las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento?		Asignar las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento
			¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los equipos de apoyo necesarios para ejecutar la tarea?		Determinar los equipos de apoyo (EPPs, equipos de medición, etc.) necesarios en cada tarea de mantenimiento e incluir en el plan de mantenimiento
			¿Se tiene un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento?		Elaborar un plan de capacitaciones para el personal interno de mantenimiento
			¿Existe un indicador para medir la gestión de la formación del personal de mantenimiento?		Implementar el indicador " número de horas hombre para formación del personal interno de mantenimiento"
			¿Existe un formato de requisición de materiales?		Elaborar un formato de requisición de materiales
11	C11: El departamento debe desarrollar su planificación del mantenimiento a nivel de cartera en conjunto con otras funciones técnicas	Este proceso trata sobre la elaboración de un adecuado plan de mantenimiento preventivo, para reducir la probabilidad de falla y la degradación de los activos, mismo que tiene que estar integrado con los objetivos de la organización.	¿El departamento maneja un plan de mantenimiento preventivo en el que consta claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento?		Incluir en el plan de mantenimiento las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento
			¿El plan de mantenimiento preventivo está elaborado bajo alguna norma o metodología?		Desarrollar el plan de mantenimiento utilizando la metodología de "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad" (RCM)
12	C12: El departamento debe evaluar, analizar y mejorar la ejecución del mantenimiento a nivel de cartera	Para poder cumplir con este proceso, una manera de evaluar el desempeño de un activo es mediante la definición y cálculo de indicadores claves del rendimiento, los cuales posteriormente ayudarán a tomar decisiones para implementar acciones de mejora basándonos en los resultados obtenidos	¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento preventivo"?		Calcular el indicador costo del mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"?		Calcular el indicador costo del mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"?		Calcular el indicador sustitución de activos físicos
			¿El departamento calcula el indicador "trabajo de mantenimiento preventivo"?		Calcular el indicador trabajo de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador de "trabajo de mantenimiento correctivo"?		Calcular el indicador trabajo de mantenimiento correctivo
			¿El departamento calcula el indicador "backlog"?		Calcular el indicador backlog
			¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"?		Calcular el indicador cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo
			¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"?		Calcular el indicador de disponibilidad
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)?		Calcular el indicador tiempo medio entre fallos (MTBF)
			¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)?		Calcular el indicador tiempo medio para reparar (MTTR)
			¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades?		Establecer las definiciones de los indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades
			¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores?		Definir los objetivos y metas para cada indicador propuesto
			¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo?		Informar con frecuencia el resultado de los indicadores a todo el personal de Mantenimiento
			¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación y mejora de las instalaciones o equipos?		Elaborar un procedimiento para la modificación de las instalaciones o equipos
			¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras?		Incluir el análisis de los resultados de los indicadores como parte del procedimiento para tomar decisiones y realizar mejoras
			¿El departamento utiliza alguna estrategia de mejora para optimizar y mejorar el mantenimiento de los sistemas de activos?		Implementar el PMO como herramienta de mejora continua
			¿El departamento dispone de una herramienta de gestión para mejorar las estrategias de mantenimiento?		Implementar el Balanced Scorecard como herramienta de mejora de las estrategias de mantenimiento
			¿El departamento mide la efectividad de las acciones de mejora planteadas?		Medir la efectividad de las acciones de mejora mediante indicadores
13	C13: El departamento debe realizar las consultas respectivas para la retirada y adquisición de sistemas de activos	Este proceso nos menciona, que el departamento debe contar con procedimientos de compra, sustitución y retirada de sus sistemas de activos, los mismos que deben ser consultados a la organización para posteriormente ser aprobados o rechazados	¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición?		Elaborar un procedimiento para la adquisición de equipos nuevos
			¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de sus sistemas de activos?		Elaborar un procedimiento para la retirada o sustitución de activos
			¿El departamento tiene un documento para proporcionar la información relevante que se generó durante todo el ciclo de vida del sistema de activos posterior a su retirada?		Elaborar un formato para el reporte de la retirada de un sistema de activos

ANEXO E: ORDEN DE TRABAJO

LOGO		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO											
		ORDEN DE TRABAJO											
Técnico Responsable:						Especialidad:			N° OT				
Estado de la orden	abierto planificada:		cerrada terminada:		en ejecución o desarrollo:		aplazada o postergada:		Nombre Equipo				
Estado funcional del equipo	en operación:		función a media capacidad:		fuera de servicio:		en bypass paralelo		Marca:				
Tipo de actividad de mantenimiento	preventivo:		correctivo:		monitoreo de		mejorativo:		Modelo:				
	mayor programada:		menor programada:		imprevista solicitada:		Sugeridas por el fabricante		Serie:				
Diagnóstico de reporte de falla o solicitud de mantenimiento:			"para orden correctiva"				Hora y Fecha de la falla reportada:		Código del equipo				
Año de planificación:			Actividad o estrategia de mantenimiento:					Tiempo entre intervenciones:					
Protocolo o tareas de mantenimiento:						Descripción de Materiales, repuestos e insumos		CANT.	P. unita	P. parcial			
Herramientas, dispositivos y equipos:						Descripción y detalle en costo de mano de obra:				Suman			
										Descuento			
										Subtotal			
										IVA 12%			
										TOTAL			
Tiempo estimado estándar de realización de la actividad:					Hora y fecha de emisión de la OT:				Costo total OT mas mano de obra:				
Tiempo real medido:					Hora y fecha de cierre:								
Observaciones:													
Nombre y Firma del responsable del equipo o encargado				Nombre y Firma del Coordinador de Mantenimiento o Líder de grupo				Nombre y Firma del Técnico responsable					

ANEXO F: FICHA TÉCNICA

Nombre de la empresa	FICHA DE DATOS TÉCNICOS	Fecha de elaboración:	
		Área:	
Nombre del sistema/activo		Foto del activo	
Función requerida			
Criticidad			
Código Técnico			
Código contable			
DATOS DE FABRICACIÓN			
FABRICANTE	.	PAÍS PRODUCTOR	.
MARCA	.	N.º SERIE	.
MODELO	.	AÑO DE FABRICACIÓN	.
CÓDIGO	.	COSTO DE ADQUISICIÓN	.
INFORMACIÓN GENERAL			
DESCRIPCIÓN	MEDIDAS	DESCRIPCIÓN	MEDIDAS
DIÁMETRO	-	NIVEL DE RUIDO	-
ALTURA	-	PESO	-
VOLTAJE	-	COMBUSTIBLE UTILIZADO	-
CAPACIDADES DE CARGA			
Capacidad máxima:	-		
Capacidad mínima:	-		
Otros:	-		
Subsistemas	Componentes		

ANEXO G: EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS Y TAREAS DE MANTENIMIENTO “RCM”

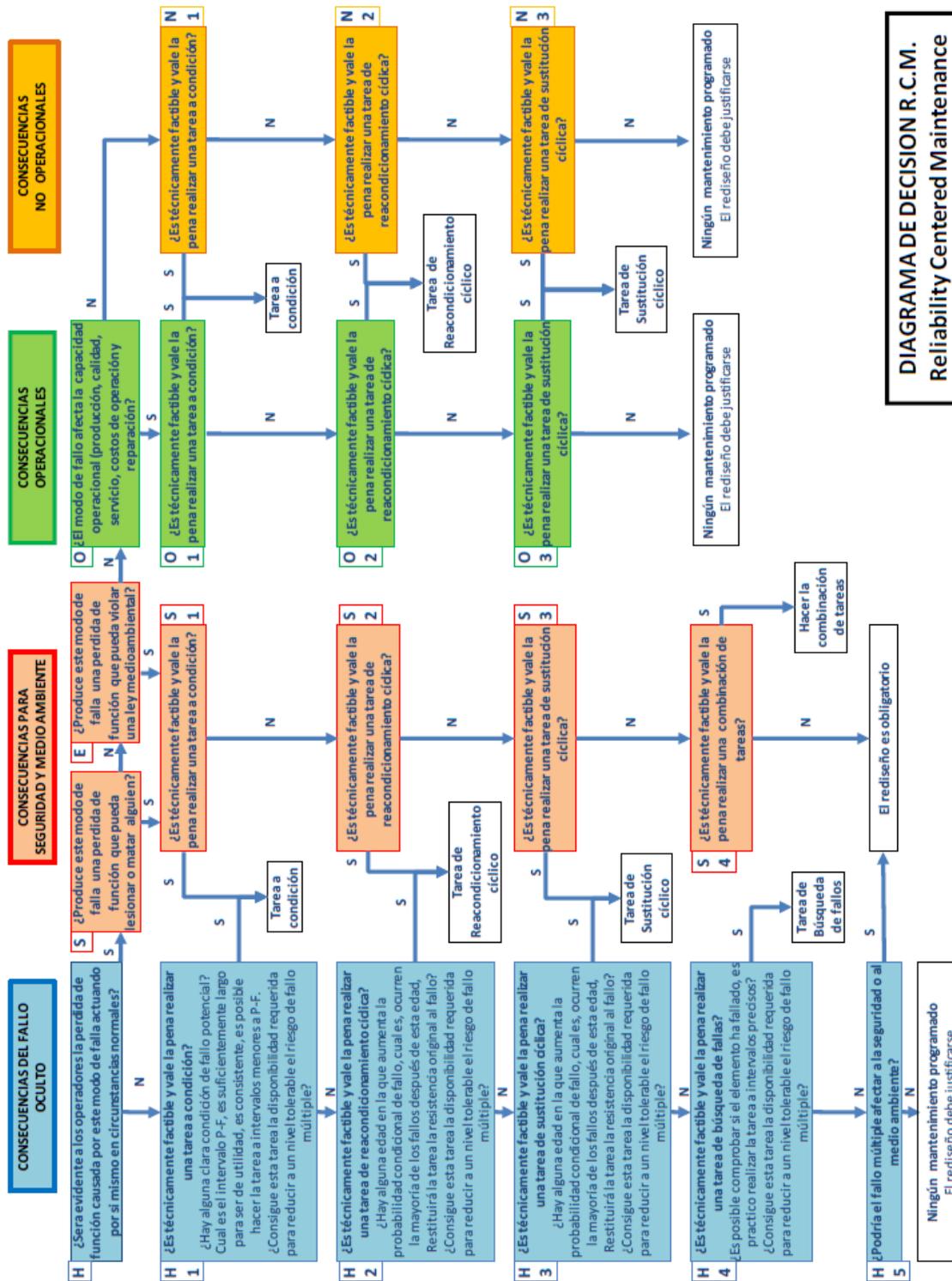


DIAGRAMA DE DECISION R.C.M.
Reliability Centered Maintenance

ANEXO H: MODELO DE GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS

PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5	PASO 6
Assessment	Alinear	Implementar	Sustentar	Validar	Perdurar y Crecer
Identificación del GAP entre el estado actual y el deseado	Establecimiento, Dirección, Construcción, estrategia y Formación	Aprendiendo y Ejecución y Aprendizaje “Desarrollo Competencias Claves”	Operacionalizando la Estrategia y Sostenibilidad	Certificación Kick-off	Mejoramiento continuo
Gestión de Activo – Análisis del GAP		Implementación de las Estrategias y Soluciones	Gestión de activos y Crecimiento		
Entrenamiento de Gestión de Activos				ISO 55000 Análisis del GAP	
Metodología de Evaluación PAS 55 - ISO 55000 - Business	Línea Base & Plan de Trabajo				Gestión de Activos, crecimiento y mejoramiento continuo
	Desarrollo de la Estrategia				
	Habilitar la Tecnología de Gestión de Activos			ISO 55000 Auditoría de Certificación	
RIO-ROE-ROA-RAV	Habilitar A LA organización “Estructuras y Competencias”				
1.Dar a conocer la Norma 2.Nombrar un responsable 3.Assessment 4.La organización y su contexto	5.Primer Diseño SGA 6.Involucrar – Helicóptero 7.Poner en marcha el SGA	8.Acciones correctivas y preventivas 9.Auditorías internas 10.Revisión General 11.Entrenamiento en competencias 12.Identificar que pedir	13.Elegir certificados 14.Pre – auditoría	15.Certificación Kick-off	16.Generación de la estructura de sostenimiento

ANEXO I: APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE EVALUACION A NIVEL DE ACTIVOS FISICOS

No se pueden editar las respuestas

MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS

*Obligatorio



TEMA: DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA DETERMINAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS RECOMENDACIONES DE LA NORMA EN 16646:2014 EN LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA

El siguiente instrumento de evaluación permitirá verificar si la organización cumple con los diferentes procesos enfocados a la Gestión de activos físicos recomendados y establecidos en la norma UNE EN-16646. El cuestionario está dividido por las diferentes etapas del ciclo de vida de un activo físico las cuales son: Concepto y Definición, Diseño y Desarrollo, Fabricación, Instalación, Operación-Mantenimiento y Modernización y la Retirada, conteniendo cada etapa uno o más procesos que serán evaluados. Es necesario aclarar que las 3 primeras etapas mencionadas anteriormente pueden ser sustituidas por la etapa o proceso de Adquisición de los activos físicos.

PROCESOS PARA LA ETAPA DE CONCEPTO Y DEFINICIÓN DE LOS ACTIVOS.

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento de los procesos que se deben llevar a cabo en la etapa de concepto y definición de un activo físico.

PROCESO N°01: La empresa debe realizar un análisis de criticidad y determinación de la vida útil planificada (efectuado a nivel de sistema de activos).

EXPLICACIÓN: La empresa debe contribuir en la estimación del tiempo de vida útil durante la creación o adquisición del activo, con el fin de alcanzar las metas que se establecerán en las estrategias de mantenimiento.

¿La empresa realiza una estimación de la vida útil que requieren los activos para su concepto y definición? *

- SI
 NO

¿La empresa tiene realizado un análisis de criticidad a sus sistemas de activos? *

- SI
 NO

PROCESO N°02: La empresa debe participar activamente en la definición de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad de prueba requerida (efectuado a nivel de sistema de activos)

EXPLICACIÓN: Las características de confiabilidad y especialmente de disponibilidad del sistema de activos o de los activos, son la base para la atribución de requisitos de fiabilidad y mantenibilidad de los componentes del activo, es por eso que mantenimiento debe contribuir en la definición de estos requisitos.

¿Se calcula el nivel requerido de fiabilidad en el proceso de la compra o creación de un activo? *

- SI
 No

¿Se calcula y toman en cuenta los niveles requeridos de mantenibilidad en el proceso de la compra o creación de un activo? *

- SI
 NO

¿Se calcula la capacidad requerida de un activo en el proceso de la compra o creación? *

- SI
 NO

¿Están documentados los niveles requeridos de fiabilidad, mantenibilidad y capacidad requerida? *

- SI
 NO

PROCESO N°03: La empresa debe participar en el análisis de carga (efectuado a nivel de sistema de activos)

EXPLICACIÓN: El proceso se refiere a que durante la creación o compra de un sistema de activos se debe calcular y analizar las capacidades de carga, con el fin de determinar si el sistema puede cumplir con los objetivos de producción.

¿Se calcula y analiza las capacidades de carga en la compra o creación de un sistema de activos? *

- SI
 NO

PROCESO N°04: La empresa debe participar activamente en la definición conceptual, especificación y análisis del coste del ciclo de vida en cuestión, cuando se necesite y sea posible .

EXPLICACIÓN: Este análisis se utiliza como proyección para tener una estimación de cual será el costo del ciclo de vida de sus activos antes de su materialización. además nos permite evaluar y comparar diseños alternativos y realizar estudios de factibilidad económica.

¿La empresa calcula y analiza el costo de ciclo de vida de sus activos? *

- SI
 NO

PROCESOS PARA LA ETAPA DE DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS ACTIVOS

En la etapa de diseño y desarrollo del activo, el departamento de mantenimiento debe involucrarse con el fin de saber; como puede fallar el activo, y como se puede mitigar las consecuencias de los modos de falla, aplicando estrategias como el AMEF. Otra manera en que el departamento influye en esta etapa es cuando un activo requiere de modificaciones en su diseño, ya sea por algún aspecto de seguridad u operacional. Por tal motivo para tener evidenciado estos aspectos es necesario contar con los procedimientos adecuados.

PROCESO N°01: Mantenimiento debe participar de forma activa cuando se necesite y sea posible durante el diseño y desarrollo del activo

En la etapa de diseño y desarrollo del activo, el departamento de mantenimiento debe involucrarse con el fin de saber; como puede fallar el activo, y como se puede mitigar las consecuencias de los modos de falla, aplicando estrategias como el AMEF. Otra manera en que el departamento influye en esta etapa es cuando un activo requiere de modificaciones en su diseño, ya sea por algún aspecto de seguridad u operacional. Por tal motivo para tener evidenciado estos aspectos es necesario contar con los procedimientos adecuados.

¿El departamento participa en el análisis AMEF utilizado en la etapa de diseño y desarrollo de un activo? *

- SI
 NO

¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos? *

- SI
 NO

¿Participa mantenimiento en la selección de equipos nuevos y proceso de adquisición? *

- SI
 NO

PROCESOS PARA LA ETAPA DE FABRICACIÓN

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento y como la organización puede intervenir durante la etapa de fabricación de un activo.

PROCESO N°01: El departamento debe participar en la fabricación del activo en caso de ser necesario

EXPLICACIÓN: Para que mantenimiento contribuya en la etapa de fabricación de un activo, debe participar conjuntamente con el fabricante mediante el uso de reportes con la finalidad de aportar con mejoras durante la fabricación de los activos. Por ejemplo mediante un reporte de fallas, para que el fabricante pueda analizar las fallas producidas y realizar modificaciones en el activo.

¿El departamento contribuye de alguna manera en la fabricación de un activo? *

- SI
 NO

PROCESOS EN LA ETAPA DE INSTALACIÓN

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento y participación del departamento durante la instalación de un activo.

PROCESO N°01: El departamento debe participar en la instalación y puesta en servicio del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)

EXPLICACIÓN: Este proceso nos menciona que mantenimiento debe participar como un fiscalizador, verificando que los requerimientos de instalación como: nivelación, montaje, anclaje, entre otros sean los adecuados.

¿Cuándo se adquiere un sistema de activos el departamento verifica el cumplimiento de las especificaciones técnicas del sistema durante la entrega del mismo? *

- SI
 NO

¿Se realizan pruebas antes de la puesta en marcha para verificar que los nuevos activos funcionen correctamente? *

- SI
 NO

¿Durante la instalación de un sistema de activos el departamento verifica que se cumplan los requerimientos de instalación? *

- SI
 NO

PROCESOS PARA LAS ETAPAS DE: DISEÑO Y DESARROLLO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y MODERNIZACIÓN

Los siguientes procesos establecen lo que la organización debe documentar durante las etapas siguientes: diseño y desarrollo, operación, mantenimiento y modernización.

PROCESO N°01: El departamento debe llevar una gestión de la documentación del activo en cooperación con otras funciones técnicas (tales como operación)

EXPLICACIÓN: Se refiere al manejo y control de la documentación procedente de cada etapa del ciclo de vida de sus activos, en lo que refiere a la codificación, al almacenamiento, entre otros aspectos.

¿Existe una política de gestión de documentos de los activos? *

- SI
 NO

¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de mantenimiento al proveedor? *

- SI
 NO

¿Cada vez que se adquiere un activo nuevo se pide los manuales de operación al proveedor? *

- SI
 NO

¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se pide los manuales de partes al proveedor? *

- SI
 NO

¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos eléctricos al proveedor? *

- SI
 NO

¿Cada vez que se adquiere un equipo nuevo se solicita los planos mecánicos al proveedor? *

- SI
 NO

¿La empresa tiene un plano P&ID? *

- SI
 NO

¿Los manuales están debidamente codificados? *

- SI
 NO

¿Los planos están debidamente codificados? *

- SI
 NO

¿Existe un formato de órdenes de trabajo? *

- SI
 NO

¿Existe una base de datos de los manuales? *

- SI
 NO

¿Existe un formato de requisición de materiales? *

- SI
 NO

¿Existe una base de datos de los planos? *

- SI
 NO

¿Existe un formato de reporte de fallas-solicitud de trabajo? *

- SI
 NO

¿Existen muebles (archivadores, armarios, cajoneras, entre otros) para el almacenamiento de los manuales? *

- SI
 NO

¿Existe un formato de ficha técnica para cada activo? *

- SI
 NO

¿Existe una solución informática para almacenar los archivos de los manuales digitales? *

- SI
 NO

¿Existe alguna de las siguientes soluciones informáticas para el manejo de la información: GMAO/CMMS, EAM, ERP? *

- SI
 NO

Proceso N°02: Se debe definir el entorno de mantenimiento, las estrategias y las tareas de mantenimiento

Explicación: El proceso nos menciona que en primer lugar se debe definir las estrategias de mantenimiento a aplicar en cada activo, ya que todos los activos no se manejan bajo la misma estrategia debido a su criticidad y otros factores, las mismas tienen que estar integrado con los objetivos de la organización. Una vez definido las estrategias se procede a definir las tareas de mantenimiento correspondientes para cada activo según su estrategia. Esta definición se la puede hacer bajo normativas o metodologías, por ejemplo aplicando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad "RCM".

¿Existen estrategias definidas para cada activo? *

- SI
 NO

¿El departamento tiene un plan de mantenimiento preventivo en el que consta claramente las tareas, frecuencias, materiales, horas hombre, repuestos, próxima fecha de ejecución de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El plan de mantenimiento preventivo esta elaborado bajo alguna norma o metodología? *

- SI
 NO

Diseño y desarrollo, fabricación, instalación, operación, mantenimiento y modernización

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento y participación del departamento en la correcta planificación y gestión de los materiales, piezas de repuesto, equipos de apoyo, gestión de la formación entre otros.

Proceso N°01: El departamento debe llevar a cabo la planificación de la logística de mantenimiento y los recursos de mantenimiento, gestión de la formación, gestión de las piezas de repuesto, las herramientas y los equipos de apoyo, gestión de la información relativa al mantenimiento

Este proceso trata sobre el correcto manejo y control de los materiales, repuestos y equipos de apoyo como: equipos de medición, EPP, etc., necesarios para realizar las actividades de mantenimiento. La formación del personal de mantenimiento es de vital importancia ya que permite mejorar las destrezas del personal por lo que Mantenimiento debe planificar la capacitación de su personal, de manera que ayuden a alcanzar los objetivos de Mantenimiento.

¿Se verifica las especificaciones técnicas de cada orden de compra? *

- SI
 NO

¿El departamento cuenta con un procedimiento de compras de repuestos y materiales? *

- SI
 NO

¿Existe una metodología para el calculo de stock de materiales y repuestos? *

- SI
 NO

¿Existen indicadores de gestión de repuestos? *

- SI
 NO

¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los materiales y repuestos? *

- SI
 NO

¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento el especialista? *

- SI
 NO

¿Se tiene determinado el número de horas hombre (especialistas) para ejecutar cada tarea de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿Se utilizo alguna metodología para determinar el número de horas hombre (especialista) para ejecutar cada tarea de mantenimiento? *

- Sí
 No

¿Se tiene determinado las herramientas necesarias para ejecutar cada tarea de mantenimiento? *

- Sí
 No

¿Se tiene determinado para cada tarea de mantenimiento los equipos de apoyo necesarios para ejecutar la tarea? *

- SI
 NO

¿Se tiene un plan de capacitaciones para el personal de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿Existe un indicador para medir la gestión de la formación del personal de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿Existe un formato de requisición de materiales? *

- SI
 NO

Operación, mantenimiento y modernización

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento de las responsabilidades en los procesos que mantenimiento debe llevar a cabo en la etapas de: operación, mantenimiento y modernización de los activos.

Proceso N°01: El departamento debe planificar la preparación y ejecución de las tareas de mantenimiento del activo.

En este proceso se organiza la ejecución de las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo y correctivo de manera oportuna, además se establecen todos los recursos necesarios para su ejecución.

¿El departamento tiene un procedimiento para la ejecución de los trabajos de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento tiene una política para la preparación y ejecución de los trabajos de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento tiene elaborado un cronograma de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento prepara documentos para la realización de tareas de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento programa las actividades de mantenimiento con un mínimo de una semana de anticipación? *

- SI
 NO

¿El departamento prepara los materiales y repuestos para la realización de tareas de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento programa las actividades de mantenimiento asignando las horas hombre, los materiales, los repuestos, el personal responsable y sus procedimientos de ejecución? *

- SI
 NO

¿El departamento prepara los equipos de apoyo para la realización de tareas de mantenimiento? *

- SI
 NO

¿El departamento cuenta con informes de ejecución de órdenes de trabajo para asegurar la correcta planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento? *

- SI
 NO

Proceso N°02: El departamento debe evaluar el desempeño con la finalidad de mejorar el mantenimiento del activo en cuestión

Para poder cumplir con éste proceso, una manera de evaluar el desempeño de un activo es mediante la definición y cálculo de indicadores claves del rendimiento, los cuales posteriormente ayudarán a tomar decisiones basándose en los resultados obtenidos.

¿El departamento calcula el indicador de "costo del mantenimiento correctivo"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "sustitución de activos físicos"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "horas hombre en trabajo de mantenimiento preventivo"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador de "horas hombre en trabajo de mantenimiento correctivo"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "backlog"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "disponibilidad"? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio entre fallos" (MTBF)? *

- SI
 NO

¿El departamento calcula el indicador "tiempo medio para reparar" (MTTR)? *

- SI
 NO

¿El departamento tiene especificado las definiciones de estos indicadores, métodos de cálculo, fuentes de información, frecuencia y responsabilidades? *

- SI
 NO

¿El departamento ha establecido objetivos y metas para cada uno de los indicadores? *

- SI
 NO

¿El departamento comunica los indicadores alcanzados con frecuencia a su personal técnico y administrativo? *

- SI
 NO

Proceso N°03: El departamento debe participar activamente en la realización de mejoras/modificaciones en cuanto al mantenimiento del activo en cuestión.

Se refiere a la forma en que el departamento actúa y toma acciones de mejora, después de haber analizado los resultados obtenidos en los indicadores claves del desempeño.

¿El departamento de mantenimiento cuenta con un procedimiento para la modificación de instalaciones o equipos? *

- SI
 No

¿El departamento analiza los resultados de los indicadores como base para tomar decisiones y realizar mejoras? *

- SI
 NO

¿El departamento utiliza alguna estrategia de mejora para optimizar y mejorar el mantenimiento de los activos? *

- SI
 No

PROCESO PARA LA ETAPA DE RETIRADA.

Las siguientes preguntas permitirán verificar el cumplimiento de las responsabilidades del departamento durante el proceso de retirada.

Proceso N°01: El departamento debe participar en la decisión de la retirada o sustitución del activo

Se refiere a la forma en como mantenimiento interviene en el proceso de retirada y sustitución de los activos

¿El departamento cuenta con procedimientos para la retirada o sustitución de activos? *

- SI
 No

¿Existen modelos de cálculo para analizar y tomar decisiones sobre la retirada o sustitución de activos? *

- Sí
- No

Proceso N°02: Mantenimiento debe realizar actividades de mantenimiento relativas a la retirada.

El proceso menciona que departamento debe ser el responsable de ejecutar tareas de mantenimiento antes, durante y posterior a la retirada de un activo.

¿El departamento programa la fecha de retirada? *

- Sí
- No

¿El departamento durante la retirada realiza una selección de piezas y repuestos que puedan ser reutilizados o restaurados? *

- Sí
- No

¿El departamento realiza tareas de mantenimiento posterior a la retirada de un activo? *

- Sí
- No

Este contenido no ha sido
creado ni aprobado por
Google.

Google Formularios