Artículos

Metodología para administración de falla, desgaste y obsolescencia en gestión de activos industriales

Methodology for Management of Failure, Wear and Obsolescence in Industrial Asset Management

Víctor Martín Pérez Moreno
Universidad de Oriente, Venezuela
vmperezm@gmail.com

Revista Tecnológica ESPOL - RTE
vol. 34, núm. 4, p. 99 - 119, 2022
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
ISSN: 0257-1749
ISSN-E: 1390-3659
Periodicidad: Semestral
rte@espol.edu.ec

Recepción: 15 Marzo 2022
Aprobación: 13 Diciembre 2022

DOI: https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.925

URL: https://portal.amelica.org/ameli/journal/844/8445081006/

Resumen: Este estudio permite instrumentar técnicas para administrar fallas, evaluar el desgaste y parametrizar la obsolescencia de equipos industriales, con el fin de disminuir la incertidumbre y garantizar el acompañamiento guiado del equipo natural de trabajo con el propósito de aportar confiabilidad en el ciclo de vida, mitigar las averías y remplazos, y promover el complimiento de la gestión de activos, asociando la integridad mecánica y la formulación de aleaciones. Según el análisis de resultados, se fortalecen las conceptualizaciones de estudios en tribología e ingeniería, además de establecer mejoras para no conducir a diagnósticos errados y malas decisiones. Se concluye que el estudio permite garantizar mayor utilidad y eficiencia productiva y económica en operaciones industriales en el cumplimiento de las órdenes de trabajo, además de instrumentar procedimientos rutinarios con las herramientas formuladas, tanto cuantitativas como cualitativas, que permitan pronosticar mejoras en la vida remanente de las máquinas y en los sistemas de producción, con miras a la sostenibilidad.

Palabras clave: fallas, desgaste, obsolescencia, gestión de activos, producción.

Abstract: This study allows the implementation of techniques to manage failures, evaluate wear and parameterize the obsolescence of industrial equipment to reduce uncertainty and guarantee the guided monitoring of the natural work team to provide reliability in the life cycle, reduce breakdowns and replacements, and promote asset management compliance, associate mechanical integrity and alloy formulation. According to the analysis of results, the conceptualizations of

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

studies in tribology and engineering are strengthened, in addition to establishing improvements so as not to lead to wrong diagnoses and bad decisions. It is concluded that the study allows to guarantee greater usefulness and productive and economic efficiency in industrial operations in the fulfillment of work orders, in addition to implementing routine procedures with the formulated tools, both quantitative and qualitative, that permit forecasting improvements in the remaining life of machines and production systems with a view to sustainability.

Keywords: failures, wear, obsolescence, asset management, production.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Introducción

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo – OIT (2006), la Ingeniería en general tiene entre sus funciones construir, reparar y mantener objetos y productos que son empleados en estudios y aplicaciones industriales. Desde esa perspectiva, Francés (2006) establece la formulación de estrategias como garantía del éxito en la planeación, ejecución y control. En ese sentido, el presente estudio expone un planteamiento que concibe garantizar la vida remanente de los activos a través de ilustraciones, que permitan formular instrumentaciones para tomar decisiones en relación con el deterioro involuntario a que están sometidos los activos industriales, tanto estáticos como dinámicos (Pérez, 2020), y que en términos productivos afecta los estándares de una gestión, que exige generar habilidad para fundamentar la toma de decisiones acertadas.

Considerando estas premisas, en este artículo se propone una visión moderna para minimizar las fallas, el desgaste y la obsolescencia de equipos industriales. Dicha propuesta se expone a través de ámbitos mecánicos, metalúrgicos, estadísticos e industriales, y con fundamento en la mejora continua del proceso Gestionar Activos, permitiendo un estudio cualitativo y cuantitativo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012) a fin de estimular una producción de clase mundial y con base en la Tribología y en sus mecanismos de desgaste, fricción, adhesión, lubricación, abrasión y corrosión (Bustamante y Restrepo, 2005).

Ello se justifica ya que se establece un esquema investigativo de la tasa y probabilidad de fallas, causas y efectos sobre el sistema y mantenimiento de dichos equipos, propiciando aplicaciones para mitigar desgastes y estudiar aleaciones con diferente tenacidad y aumento de la resistencia y dureza de los metales, de acuerdo con los planteamientos de Suárez (2011), la Norma Española UNE-EN 16646 (2015), Sydney (1976), American Society for Metals (1948 y 1961), American Society for Testing Materials (1937) y Zum (1987).

El desgaste y los rasgos destructivos de los metales y superficies sólidas, en contacto y sin ningún tipo de lubricación, van a depender del tipo de irregularidades superficiales que compongan la pieza (Zum, 1987). En tal sentido, se destaca en este esquema metodológico argumentativo un enfoque donde la gestión de activos se realiza bajo estudios de análisis de fallas y la Ley de Archard, lo que permite predecir la variación de las áreas desgastadas de componentes mecánicos, además de valorar desde esta óptica su vida útil y mantenibilidad (Bustamante & Restrepo, 2005), facilitando la mitigación de la falla como un tópico especial en un estado de uso (o abuso) en índices de mantenibilidad y aplicaciones predictivas, a

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

condición de reducir tiempos para el reparo (Duffuao, 2002 y Ávila, 1992).

En esta indagatoria se destacan criterios de obsolescencia investigados por el autor para instituir reemplazos y conjugar componentes principales como: el cumplimiento de la vida útil, la incapacidad de producción, la indisponibilidad de repuestos, el avance tecnológico, el ambiente y seguridad; en estos factores se consideran las orientaciones de autores como Beichelt (2001). Así mismo, se considera la última etapa del ciclo de vida del activo (ISO 55000, 2014) y se propone una mayor atención a las máquinas; al respecto, se enfatiza en el mantenimiento, considerando a Mora (2009) y Mullor (2009).

Tomando en cuenta estas deducciones, la metodología planteada en este artículo se fundamenta en la premisa de que la principal función del mantenimiento es trabajar (actividades y frecuencias) para que los activos no se dañen. Desde ese enfoque, y desde el punto de vista filosófico, se destaca el Mantenimiento Productivo Total, según Nakajima (1991), como una corriente utilizada en muchos países, que involucra métodos eficaces.

En otra vertiente, este estudio considera enérgicamente la preservación del ambiente y la seguridad de la gente, destacando el criterio de dar espacio a futuras investigaciones, en correspondencia a lo que pudiera ser la Terotecnología y sus componentes principales, que se pueden medir estadísticamente y relacionarlos con otros elementos que potencien la calidad de la Gestión de activos, fortaleciendo así los cimientos filosóficos y conceptuales sujetos a estudios, tal como se plantea en Pérez (2018) y en Pérez (2020).

Cabe destacar ciertas ilustraciones innovadoras que impulsen la confiabilidad operacional y a factores como los desarrollados por Guillen (2018), sobre la gestión de activos y el ciclo de vida de los activos físicos, así como la confiabilidad, tasas de fallas y modelos matemáticos (Suárez, 2011), lo que permite establecer elementos fundamentales para la calidad del mantenimiento.

En este artículo también se persigue estudiar sobre los aspectos tecnológicos en ciencias de los materiales en determinadas aleaciones, lo que se perfila como una contribución para la toma de decisiones en el diseño de componentes para equipos en procesos industriales, relacionados a mantener la continuidad de la producción (Villanueva, Pérez-Tagle & De León, 1989), y minimizar fallas, así como en la creación para mantener equipos con miras a la productividad operacional.

Ante tal fin, se plantea en esta indagatoria que el tiempo de vida útil y la confiabilidad de los activos están relacionados a la calidad de los mismos luego de revisiones de estudios en tribología, que experimentan enseñanzas planteadas por Vite, et. Al (1994).

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Considerando el momento en que se da inicio a la construcción de los primeros mecanismos, se presenta el desgaste de los elementos que los conforman (Tristancho, Higuera, & Flórez, 2007), obteniendo de estas argumentaciones como objetivo central el fortalecimiento moderno para la ingeniería de la gestión de activos (Guillen, 2018), lo que permite innovar a través de una composición en este estudio del desgaste, fallas y obsolescencias de manera práctica y conceptual, para así proporcionar conocimientos que maximicen la eficiencia en el acompañamiento del ciclo de vida del activo (Tristancho, Higuera, & Flórez, 2007), facilitando la disminución del impacto al administrar fallas y adecuar el modelo a la magnitud del desgaste y sus distintas variables estudiadas, como lo son velocidad y la naturaleza de las superficies en contacto, y la eficacia de técnicas de mitigación destacadas por Sydney (1976). En tal sentido, se hace énfasis en el artículo de la posibilidad de generar mediciones y evaluar el desempeño en cada tópico objeto de estudio, así como promover un esquema modelado para alcanzar las metas empresariales dentro del contexto de la Ingeniería Industrial (El-Akruti, Dwight, Zhang & Al-Marsumi, 2015).

La formulación de este estudio tiene como propósito acompañar, a través del equipo natural de trabajo, y apoyado en la Familia de Normas Británicas (ISO 55000, 2014), lo relativo a la gestión de activos desde un esbozo operativo de políticas de remplazo y desgastes, además de caracterizar las fallas según la Normas COVENIN 3049-93 (1993) y OREDA(2012), de manera de garantizar el éxito de la gestión de activos con aplicaciones industriales y mecánicas de amplio valor práctico y en la búsqueda de mejoras en la producción y aumento de los tiempos de buen funcionamiento, siempre apegados a la Norma Española UNE-EN 16646 (2015) de los activos, y sin descuidar el ambiente y seguridad, así como a la Norma Internacional ISO 14001 (2015) y la Norma Internacional ISO 45001 (2018) para la gestión de operaciones en la dirección de activos, tal como lo establece Malavé (2015) en su tesis doctoral referida a la posible mejora de la gestión de activos físicos. Agregándose desde otro punto de vista la inventiva y la evolución y el manejo de activos de mucho uso, como es caso de estudio del Departamento de Transporte del Estado de New York (2013). Sin embargo, cabe destacar que aún hay vacíos en la ciencia para definir e instrumentar la gestión de activos como un proceso sistemático y multidisciplinario, aplicable para el manejo beneficioso de un buen número de procesos industriales y sus relaciones multivariantes, base para próximas investigaciones.

Para los dedicados a la gestión de activos, se plantea la siguiente metodología compuesta por parámetros, procedimientos, técnicas y herramientas notables para mejorar el impacto en el desempeño

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

satisfactorio, bajo una visión de administración de fallas con atención de manera especial en el estudio del desgaste, para luego plantear una esquematización sobre aplicaciones de obsolescencia. Esta relación metodológica, planteada en la relación del trinomio estudiado, está instrumentada por hallazgos que permitieron desarrollar este método considerando el estado del arte sobre el tema objeto de estudio, y considerando normas nacionales e internacionales, además de tener en cuenta regulaciones de cumplimiento con miras a la sostenibilidad, justificando la importante atención a la Seguridad y el Medio Ambiente.

Todo esto logra un objetivo en común que es mejorar el desempeño y cumplimiento satisfactorio, ya que se identificaron los componentes principales y los factores que inciden en cada uno de los elementos, y la instrumentación de todo lo descrito en el método se explica en el desarrollo del artículo. En la Figura 1, se muestra el esquema conceptual donde se destaca la relación que persigue la metodología planteada en este estudio.

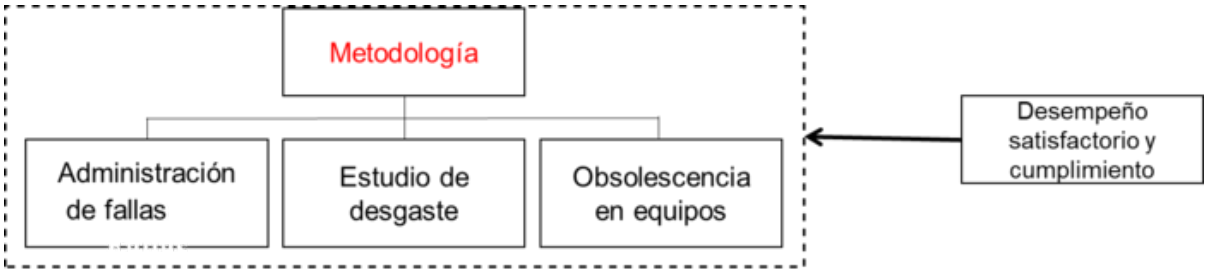

Figura 1

Esquema Conceptual

Es por ello que este estudio argumentativo fortalece el cómo instrumentar la gestión de activos mediante estrategias para la mejora de la producción y la confiabilidad, además de distintas áreas vinculadas a sistemas de gestión de la producción y operaciones industriales (Chase, et. al., 2000) bajo recomendaciones de la Norma UNE 60300-3-3:2017 (2017), en confiabilidad para desarrollar objetivos operacionales e identificar oportunidades de mejora, y para construir políticas para el control y dirección de los activos, fortaleciendo los sistemas de gestión para una buena producción.

Al respecto, se consideró en este estudio elementos novedosos de la ISO Organización (2021), en la Norma ISO 37301:2021 en sistemas de gestión de cumplimiento, al implementar, desarrollar, evaluar, mantener, auditar y mejorar el sistema de gestión para prevenir riesgos de incumplimiento; se presentan los siguientes planteamientos ampliados en el artículo, Tabla 1:

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 1

Metodología, Componentes Principales y Factores que Instrumentan el Estudio.

A.	**Desempeño satisfactorio y cumplimiento**	Conformación del equipo natural de trabajo (ENT).
		Mantenibilidad.
		Mantenimiento Predictivo.
B.	**Administración de fallas**	✓ *Estudio Causa raíz.*
		✓ *Clasificación de las fallas*
C.	**Estudio de desgaste**	✓ *Referencia al desgaste y ley de Archard.*
		✓ *Protección contra el desgaste*
		✓ *Principios de las aleaciones resistentes al desgaste.*
D.	**Obsolescencia en equipos**	✓ *Cumplimiento de la vida útil*
		✓ *Incapacidad de producción.*
		✓ *Indisponibilidad de repuestos.*
		✓ *Avance tecnológico.*
		✓ *Ambiente y seguridad.*

Metodológicamente, este estudio plantea mejorar el desempeño centrado en administración de fallas y en el estudio del desgaste y obsolescencia en las operaciones industriales. Al respecto, se establece un arqueo documental descriptivo (Arias, 2006), apoyado en el Modelo Argumentativo de Toulmin (Toulmin, 2003) y en aportes de Pinochet (2015), desarrollado en el Laboratorio para Investigación y Enseñanza del Mantenimiento (LIEMA) además de estudios preliminares en el Centro de I+D en Termo-fluidodinámica y Mantenimiento (CTYM).

Desarrollo

Desempeño Satisfactorio y Cumplimiento

En el desarrollo del artículo, se describen procedimientos bajo una combinación provechosa de factores cualitativos y cuantitativos (Blanchard, 1997), permitiendo conocer cuando el equipo falla y estudio del desgaste mecánico y la obsolescencia (Leemis, 1995). A continuación, se menciona y explica cada uno de los aspectos que contempla este método.

C***onformación del equipo natural de trabajo (ENT)***

Se propone la conformación del equipo de trabajo, según Pérez (2018), para promover dinámicas argumentativas y recolección de información bajo una serie de actividades grupales, para poner en

funcionamiento las variables del estudio y fortalecer el cumulo de conocimientos a través de distintas visiones para originar un buen análisis de fallas y recoger todos los datos, según la metodología.

En la Figura 2, se presenta un esquema donde se expone el planteamiento metodológico en un diagrama de secuencia lógica y práctica.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

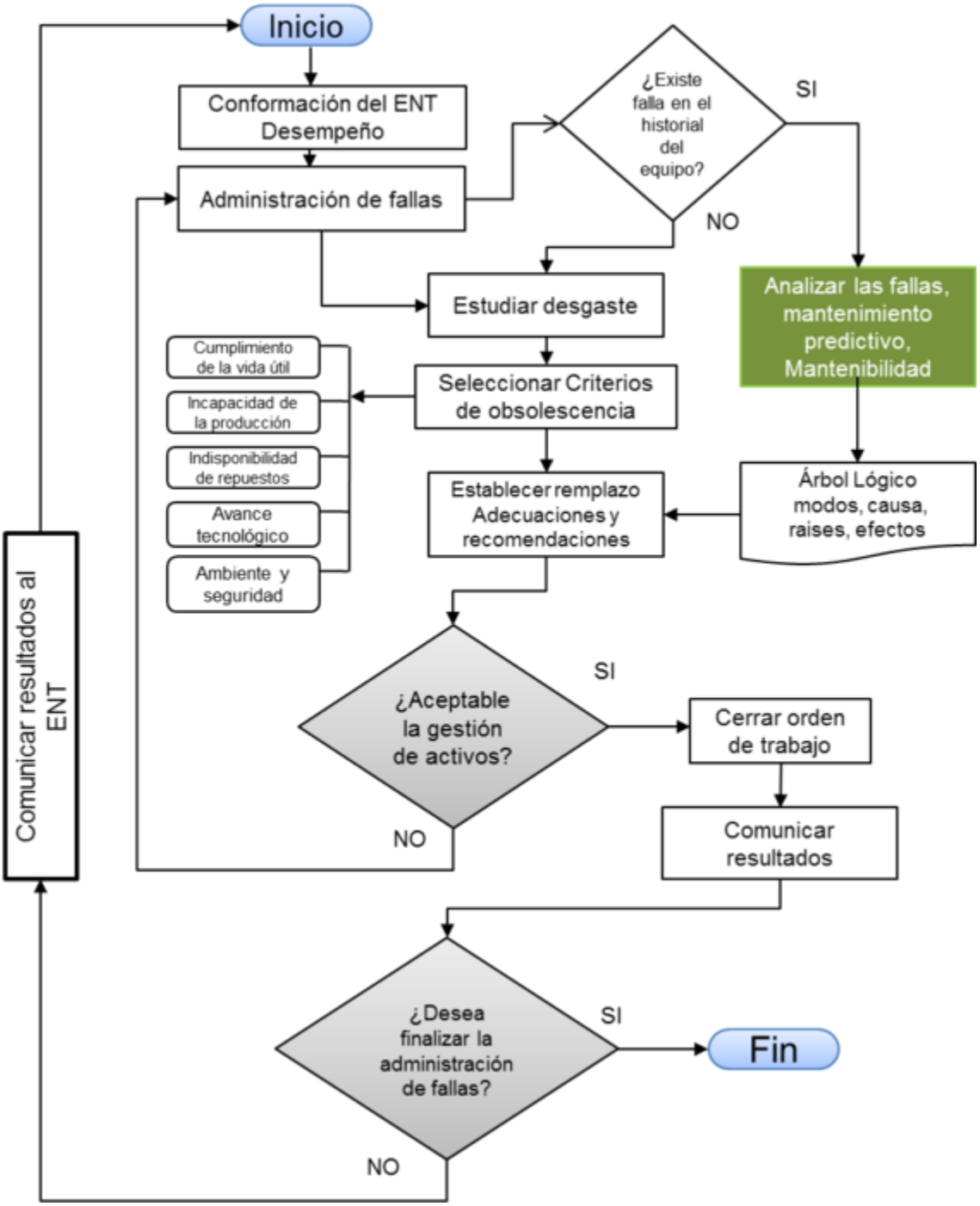

Figura 2

Esquema de Investigación para el Estudio de Falla, Desgaste y Obsolescencia en Gestión de Activos Industriales:

Mantenibilidad

Cabe destacar que el factor, a la hora de devolver un principio de funcionamiento, es la mantenibilidad (Ver Ecuación 1) relacionada

con la duración de las paradas por mantenimiento. Es interesante destacar estudios donde se fortalecen criterios teóricos y estadísticos con los de los autores Pérez, V. (2020), (Suárez, 2011).

$$M_{(t)} = P(T \leq t) = e^{-e^{-[(a(t-\mu)]}} \qquad (1)$$

Donde:

T: Tiempo requerido para reestablecer el equipo a sus condiciones de operación normal.

t: Tiempo preestablecido por la organización.

μ: Parámetro de escala.

a: Parámetro de dispersión.

Mantenimiento Predictivo

Establecer Mantenimiento Predictivo como un conjunto de técnicas que estudian la condición del activo. Al respecto, se destacan termografía, vibración, balanceo, ultrasonidos, análisis y lubricantes (mejoran el diagnostico), y se utilizarán equilibradamente de acuerdo con la naturaleza y la necesidad de los elementos a monitorear en el proceso.

Administración de las Fallas

Permite establecer una práctica sistemática y logística para determinar probabilidad, causas y consecuencias al estudiar y mitigar, destacando:

- Identificar los equipos y/o componentes que fallan.
- Estimar la probabilidad y tasa de fallas.
- Causas, consecuencias y efectos en el sistema.
- Mejorar los programas de mantenimiento, basados en fallas.

Se dice que un componente o equipo ha fallado cuando no puede o ha perdido la capacidad para cumplir su objetivo a satisfacción, ya sea en cantidad, calidad u oportunidad (Charles, 1997).

Matemáticamente, se propone la probabilidad de falla F (t) de un equipo mediante la Ecuación 2:

$$F_{(1)} = \int_0^t f_{(1)}\,dt \qquad t \geq o \qquad (2)$$

A continuación, se describe la simulación del comportamiento de la probabilidad de falla en la Figura 3:

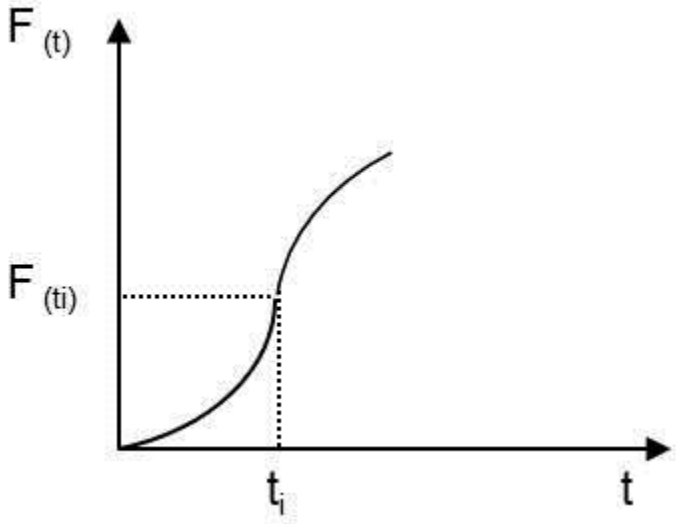

Figura 3

Curva Típica de Probabilidad de Falla:

Para argumentar el comportamiento estadístico, se presenta la tasa de fallas $\lambda(t)$ expresada según: (Suárez, 2011).

- falla/unidad de tiempo.
- Ciclos/unidad de tiempo.
- Km. Recorridos/unidad de tiempo.

En el estudio se propone las ecuaciones 3 y 4 para el cálculo de la tasa de falla λ_t para ensayos al argumentar reemplazo. Se recomienda fortalecer con parámetros de obsolescencia para argumentar las decisiones de reemplazo:

Caso 1. Los elementos que fallan son reemplazados en un instante Δ t:

$$\lambda_{(t)} = \frac{C_{(\Delta t)}}{N_o * \Delta t} \qquad (3)$$

Caso 2. Los elementos que fallan no son reemplazados (o no reparados):

$$\lambda_{(t)} = \frac{C_{(\Delta t)}}{Ns_{(t)} * \Delta t} = \frac{Ns_{(t)} - Ns_{(t+\Delta t)}}{Ns_{(t)} * \Delta t} \qquad (4)$$

Donde:

No: Número inicial de piezas o partes.

$N^{S}(t)$: Número de sobrevivientes al instante t.

Ns$(t + \Delta t)$: Número de sobrevivientes al instante t+ Δ t.

$C_{(\Delta t)} = Ns_{(t)} - Ns_{(t+\Delta t)}$: Número de fallas durante el intervalo Δ t.

La etapa de desgaste en las dimensiones tasa de falla y tiempo (ver Figura 4), donde en ella se destacan 3 casos de comportamientos en componentes mecánicos y electrónicos establecidos en el LIEMA.

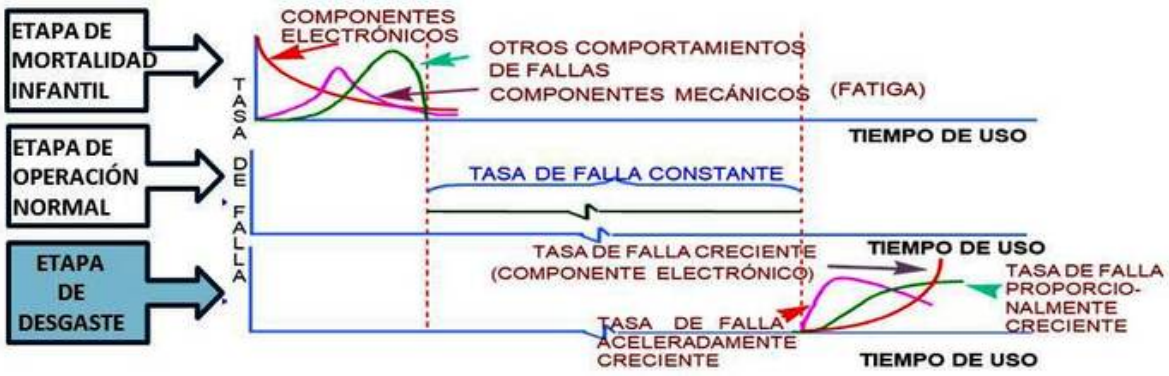

Figura 4

Etapa de Desgaste:

A continuación, se simulan diferentes casos y comportamientos como argumentos resaltados en estudios de Suárez (2011):

- Tasa de falla creciente (exponencial positiva), componente electrónico.
- Tasa de falla que crece aceleradamente y luego decrece gradualmente (fatiga), componente mecánico.
- Tasa de falla proporcionalmente creciente, otro comportamiento.

El estudio establece generalidades, aunque cabe destacar que la tasa de falla aumenta con el tiempo y el equipo sufre un proceso de deterioro físico por el roce mecánico, que se encuentra entre las otras consideraciones o elementos que generan pérdidas de material estudiadas en este artículo en el tópico de desgaste, además de las causas que ocurren en buena medida por deterioro mecánico, fatiga,

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

corrosión y deformación, las cuales normalmente generan puntos de acumulación de esfuerzos.

Estudio causa raíz

Se propone esta técnica para mitigar, destacando dos fortalezas:

- Ampliar los periodos de buen funcionamiento.
- Análisis de fallas en componentes y equipos de manera física, humana y latente.

Clasificación de las fallas

Destacando internacionalmente clasificaciones como críticas, degradantes, incipientes y desconocidas; y, según la norma COVENIN 3049-93 (COVENIN, 1993), se clasifican de acuerdo con su alcance, velocidad de aparición, impacto y dependencia.

Buscando en este estudio su minimización y vigilancia para restaurar la funcionalidad a niveles aceptables de desempeño (Rigney, 1994), se destaca el siguiente esquema en la Figura 5 para mitigar fallas.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

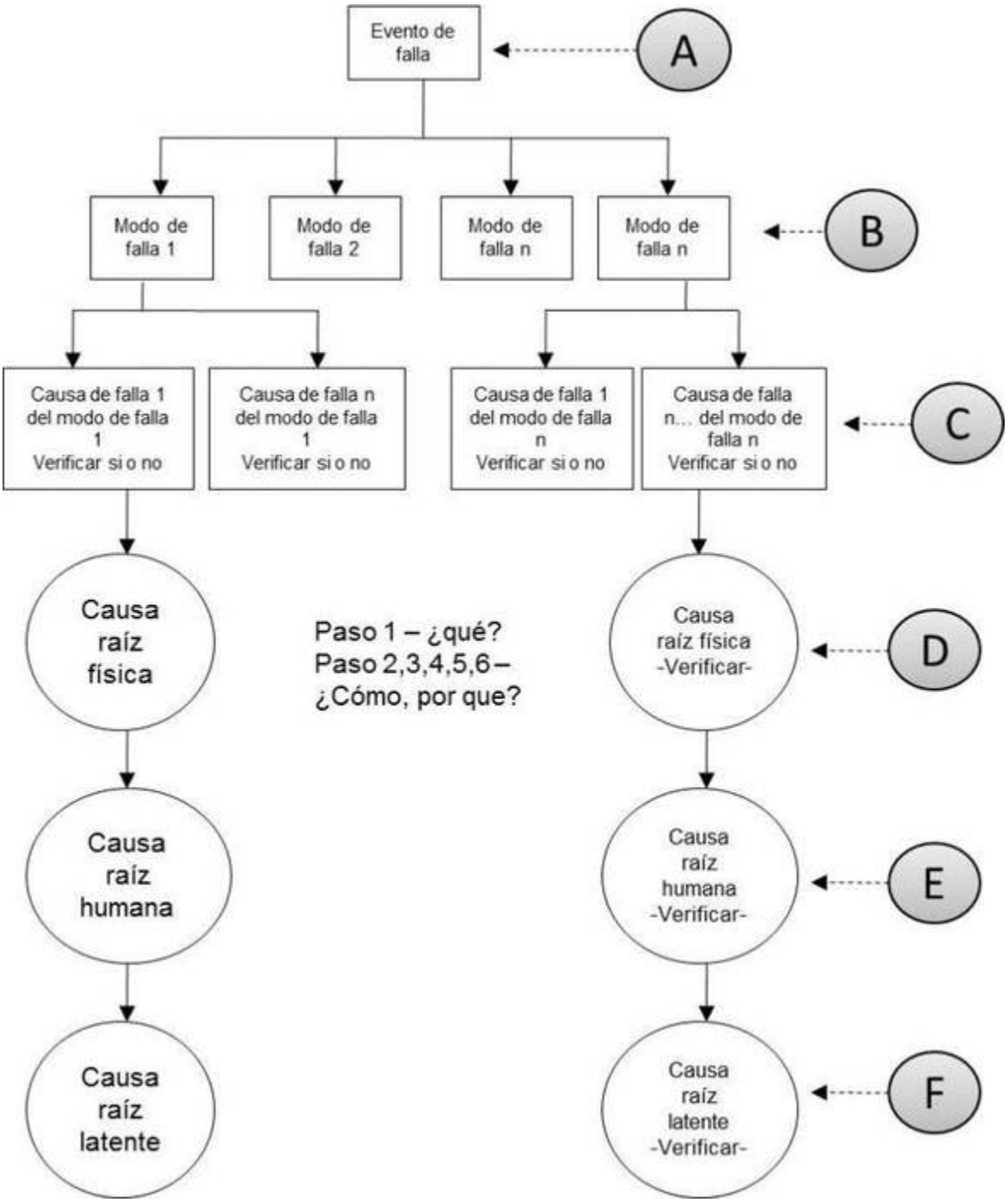

Figura 5
Árbol Lógico

Estudio de Desgaste

Zum (1987) establece que el desgaste y la fricción de dos superficies sólidas en contacto y sin ningún tipo de lubricación dependen en gran

parte del tipo de irregularidades superficiales que se involucren, estableciendo:

- Deformación elástica y plástica.
- Micro cortes.
- Perturbación de la adhesión.
- Ruptura.

De acuerdo con la revisión bibliográfica y la literatura referida a este estudio, se evidencia que en el momento en el cual se inicia la construcción de los primeros mecanismos, se presenta el desgaste de los materiales que los conforman, considerando desde el punto de vista térmico que los trabajos desarrollados por investigadores, muestran como las temperaturas promedios en la superficie y el nivel de las asperezas son lo suficientemente elevadas para modificar drásticamente las propiedades mecánicas.

Por lo tanto, se propone a la ciencia algunas consideraciones como la regularidad de las tensiones en la zona de contacto, destacando así un elemento interesante para predecir la falla correctamente, así como la consideración de los mecanismos de desgaste de sistemas tribológicos; ello es sin duda la disciplina que estudia la interacción entre superficies en movimiento (desgaste, fricción, adhesión, y lubricación).

Se exhibe, en el caso particular del tópico, el desgaste a válvulas de motores de combustión interna que los siguientes requerimientos demandan: disminución de las emisiones gaseosas tóxicas, más potencia en el motor, menos consumo de combustible y aceite. El mecanismo en el fundamento del diseño que domina el proceso depende de los componentes del motor, de las condiciones de operación, las configuraciones del asiento y de la válvula, los materiales, y el tren de válvulas, entre otros.

El comportamiento de los componentes de máquinas y de materiales necesita ser optimizado para reducir los costos de operaciones. Este hecho ha impulsado la Tribología, destacando la fricción, la lubricación y el desgaste, y pone participaciones en estudios preliminares en el Centro de I+D en Termo-fluidodinámica y Mantenimiento (CTYM).

A modo de ejemplo, con una válvula donde se produce desgaste mecánico entre los siguientes componentes: válvula-asiento, guía-vástago, y leva-punta de válvula, se propone lo siguiente:

En referencia al desgaste y Ley de Archard, al emplear la expresión de Archard, ampliamente utilizada en la actualidad, se hace la salvedad que en diferentes investigaciones se aplica un modelo clásico

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

formulado en 1953, el cual se emplea para el desgaste por deslizamiento en seco, pues plantea una variación del desgaste inversamente proporcional a la dureza del material y directamente proporcional a la carga aplicada.

Este estudio está en sintonía con el análisis de fallas en componentes mecánicos que pueden presentarse de cuatro formas diferentes de desgaste: abrasivo, adhesivo, corrosivo, fatiga.

Regularmente, las válvulas de admisión no se encuentran expuestas a químicos que produzcan oxidación, lubricación o restos de componentes como la combustión y el desgaste.

Se considera en este artículo la ecuación constitutiva para comprobar el volumen de material perdido por efecto del desgaste, formulada por Holm en 1946 y Archard en 1953. Así, la Ley Holm-Archard se evidencia en la Ecuación 5.

$$V = \frac{K * F_N * u_t}{H} \qquad (5)$$

Donde:

V: Volumen de material perdido por efecto del desgaste.

F_N: Componente normal de la fuerza entre los cuerpos en contacto.

u_t: Desplazamiento relativo de los cuerpos en contacto.

H: Dureza del material.

K: Coeficiente dependiente de la rugosidad del material, lubricación entre los cuerpos en contacto, transferencia de calor (radiación, conducción, convección), etc. Su valor puede variar en un rango de 10^{-3} a 10^{-8} dependiendo de las condiciones de funcionamiento del componente aproximadamente.

Con el parámetro K se podría predecir el desgaste que se produce en componentes mecánicos. Se advierte que, para la obtención de valores de desgaste precisos, es necesaria una correcta caracterización con el modelo de Archard para cada par de materiales en contacto, considerando para futuros estudios temperaturas y condiciones de lubricación (Espinoza, 2011).

A partir de la expresión de Archard, (Modelo de contactos múltiples en superficies rugosas y modelo de desgaste mecánico), se destaca la Ecuación 6:

$$\Delta h = K \int_o^{L_t} \frac{\lambda(u_t) d_{u_t}}{H * A_a} \qquad (6)$$

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Donde:

H: es la altura de desgaste.

λ: es el multiplicador de Lagrange que denota la fuerza de contacto función del desplazamiento tangencial.

u_t y A_a : es el área de contacto.

Integrando numéricamente la Ecuación 6 y utilizando un esquema Backward Euler, se tiene la siguiente Ecuación 7:

$$\begin{cases} \Delta h_{n+1}^{desg} = \Delta h_n + K \dfrac{\lambda_{n+1} \Delta u_t}{H * A_{a_{n+1}}}, \\ \Delta h_{n+1}^{desg} = 0. \end{cases} \qquad (7)$$

Luego de estudiar estos modelos matemáticos, se proponen algunos materiales y procedimientos para la selección de aleaciones, a saber:

Protección contra el desgaste

Al establecer la elección del material, se requiere un análisis completo de las condiciones reales y conocimientos de las posibilidades de aplicación y limitaciones del procedimiento, del material elegido y del costo.

Así mismo, se proponen algunas técnicas que permitirán proteger ciertos materiales del desgaste, destacando que el contacto entre superficies ocurre bajo la influencia de los materiales, enfatizando superficies rozantes y la aparición de fallas:

- Recubrimientos electrolíticos.
- Oxidación anódica.
- Difusión.
- Metalizado.
- Recargues con metal duro.
- Tratamiento térmico.

Principios de las aleaciones resistentes al desgaste

Se presenta una clasificación adecuada de aleaciones resistentes al desgaste en la Figura 5. Se argumenta que la tenacidad es inversamente proporcional al contenido en carbono, variando dentro de cada grupo el contenido en este elemento y obteniendo una amplia gama de aleaciones.

Exaltando de manera enriquecedora a la gestión de activos y para mejoras continuas en procesos industriales a propiedades mecánicas

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

de máquinas, se tienen las siguientes aleaciones propuestas a continuación en la Figura 6:

• Carburo de tungsteno	Máxima resistencia a la abrasión; las superficies desgastadas adquieren un aspecto rugoso.
• Fundiciones altas en cromo	Excelente resistencia a la erosión; resistencia a la oxidación.
• Fundiciones martensíticas	Excelente resistencia a la abrasión; gran resistencia a la compresión.
• Aleaciones de base cobalto	Resistencia a la corrosión; resistencia a la oxidación, resistencia en caliente y resistencia al creep.
• Aleaciones de base níquel	Resistencia a la corrosión; pueden tener también resistencia a la oxidación y al creep.
• Aceros martensíticos	Buena combinación de la resistencia a la abrasión y al choque; buena resistencia a la compresión.
• Aceros perlíticos	Bajo costo; resistencia a la abrasión y al choque regulares.
• Aceros austeníticos • Aceros inoxidables • Aceros al manganeso	Endurecimiento por deformación.
• Metal babbitt (aleaciones de base de estaño, plomo, antimonio y cobre)	Resistencia a la corrosión. Resistencia a la fricción y desgaste usado en cojinetes.

Figura 6

Clasificación Simplificada de las Aleaciones Resistentes al Desgaste, Acotando la Descripción Pertinente en este Estudio

Se puede decir en esta discusión de resultados que el tiempo de vida útil y confiabilidad de los componentes están íntimamente relacionados con sus propiedades tribológicas (resistencia a la fricción y al desgaste).

Con base en los mecanismos mostrados al inicio de este tópico de desgaste, bajo estudios actualmente aceptados a nivel mundial, se observan distintos mecanismos de desgaste, como lo es la deformación plástica. En el caso de la remoción por grumos, opera un mecanismo de tipo adhesivo y un mecanismo de "fatiga" a nivel superficial, asociado con el "ratchetting", que es un comportamiento en el que la deformación plástica se acumula debido a la tensión mecánica o térmica cíclica.

En este orden de ideas, se describen las etapas del árbol lógico establecido en la Figura 4 en materia de reemplazo en el ciclo de vida en la gestión de activos (Ver Figura 7).

La implementación de la metodología, además del estudio del material, ayuda a:

- Describir el evento de la falla en forma clara y concisa (que se desea minimizar).
- Reunir evidencias operacionales del evento.
- Realizar dinámicas de generación de consensos sobre las causas de la falla para:
    - Detectar las posibles causas de fallas.
    - Verificar las consecuencias de las fallas.
    - Efectos en el sistema.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

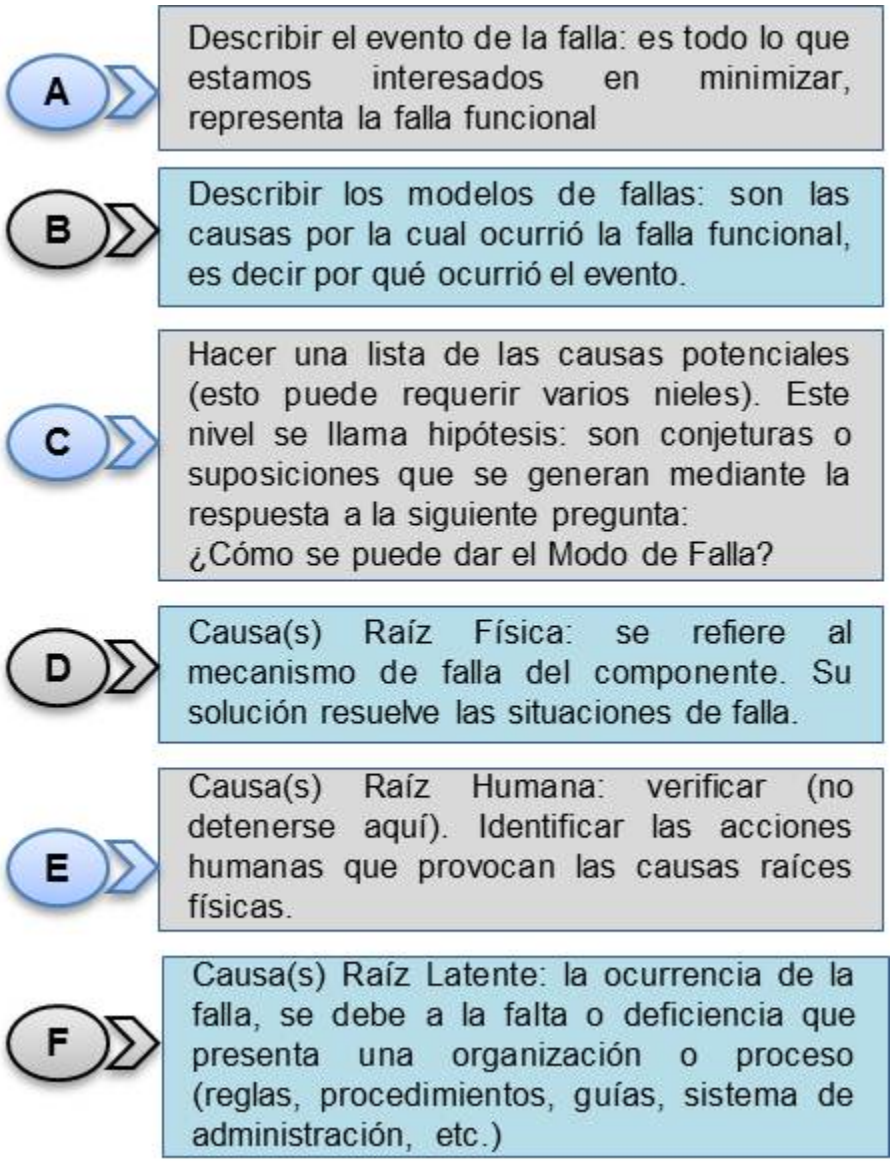

Figura 7

Descripción de Etapas Representadas en el Proceso del Análisis Causa Raíz

Se habla de obsolescencia cuando se llega a la caída en desuso de un equipo, no por mal funcionamiento de éste, sino por un insuficiente desempeño de su función en comparación con los nuevos equipos introducidos en el mercado.

Obsolescencia de Equipos

Esta metodología se establece con el propósito de asegurar que la información sea comparable y discutida bajo una dinámica grupal del equipo natural de trabajo, buscando estabilidad en producción y el fortalecimiento de la toma de decisiones en la gestión de activos.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Esta indagatoria formula un sostén al equipo natural de trabajo, teniendo en cuenta consideraciones ya establecidas en tópicos anteriores, producto de una descomposición conceptual. En un estudio del Laboratorio para la Investigación y Enseñanza del Mantenimiento Industrial (LIEMA), se perfilan parámetros como: cumplimiento de la vida útil, incapacidad de producción, indisponibilidad de repuestos, avance tecnológico, ambiente y seguridad para adecuar la política de remplazos. Dichos parámetros están contemplados en el estado del arte donde se destacan criterios de los siguientes autores (Suárez, 2011 y Pérez, V. (2020), Duffuao, R. (2002), Mora, A. (2009), Pérez, V. (2018).

Luego de haber analizado cada uno de los parámetros que se obtienen sobre la población de equipos, tanto estáticos como dinámicos objetos de estudio, al respecto pudieran aplicar estadísticos como la media, la varianza y pronósticos, en donde es necesario establecer una selección argumentada en la deliberación de estos parámetros. En tal sentido, se propone una ponderación a cada una del 20% con la finalidad de que el valor final no exceda de cien por ciento (100%), y así poder evaluar el resultado o el proceso, destacando las siguientes variables cualitativas, expuestas en la Figura 8.

Figura 8

Parámetros de Obsolescencia

Cumplimiento de Vida Útil

Esto se evidencia cuando el equipo presenta un alto nivel de desgaste y deterioro, originando una deficiencia técnica del mismo. Para conocer la vida útil del equipo, este estudio sugiere consultar al proveedor o fabricante. (Ver Figura 9).

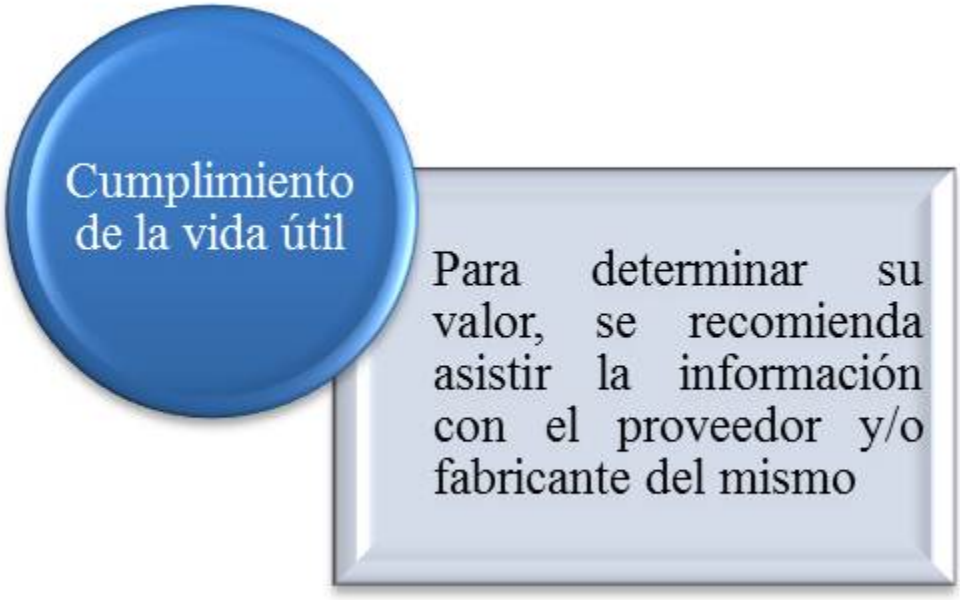

Figura 9

Diagrama de Parámetro de la Vida Útil

Incapacidad de Producción

Este parámetro sobreviene cuando el equipo no cumple con los requerimientos establecidos; es decir, no está en capacidad de lo exigido en meta o estándar de producción. El mismo se ve afectado por el crecimiento de los requerimientos de manufactura, ocasionada por un aumento de esta, independientemente de horas de trabajo.

Para saber si el equipo es afectado por el parámetro antes mencionado, se sugiere seguir el diagrama que se muestra en la Figura 10.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

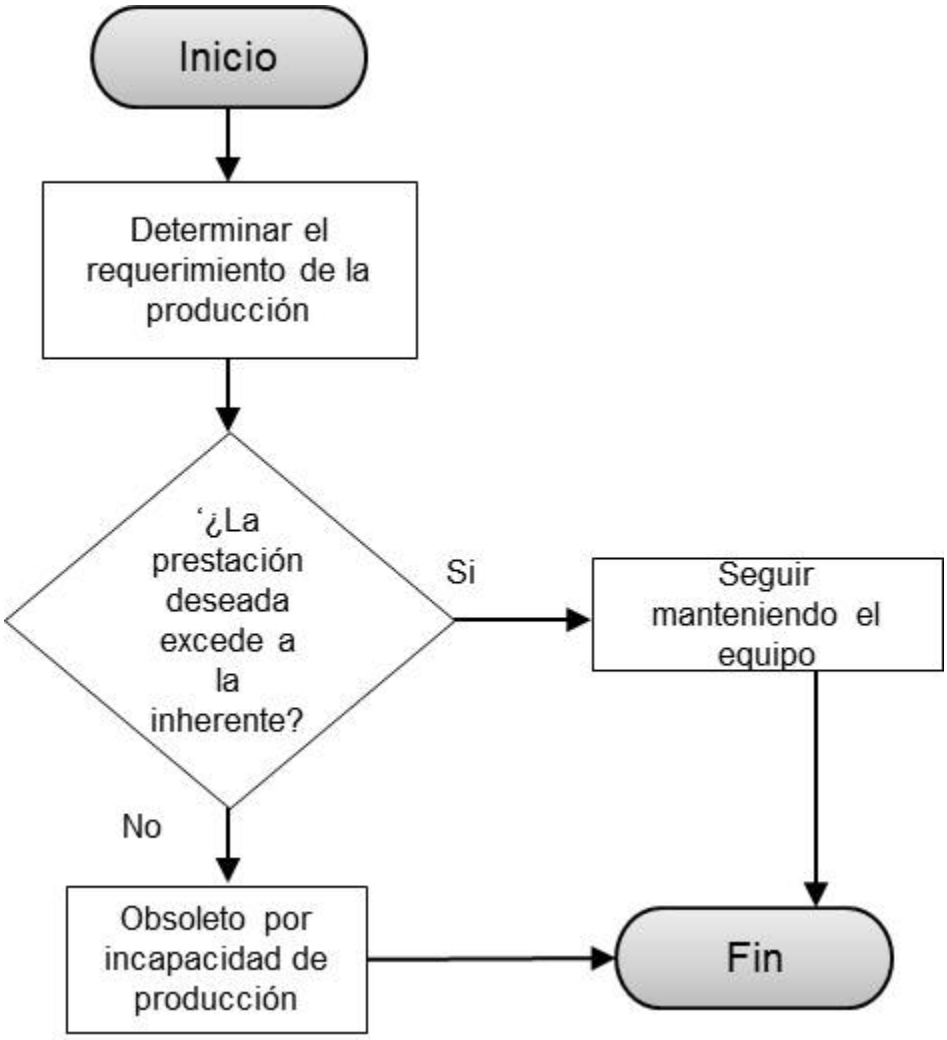

Figura 10

Diagrama del Parámetro de Incapacidad de Producción

Indisponibilidad de Repuesto

Ocurre cuando el fabricante de dicho equipo notifique la discontinuidad en la producción de éste y/o no garantice el suministro de repuestos. Para analizar este parámetro, se sugiere aplicar el diagrama de la Figura 11.

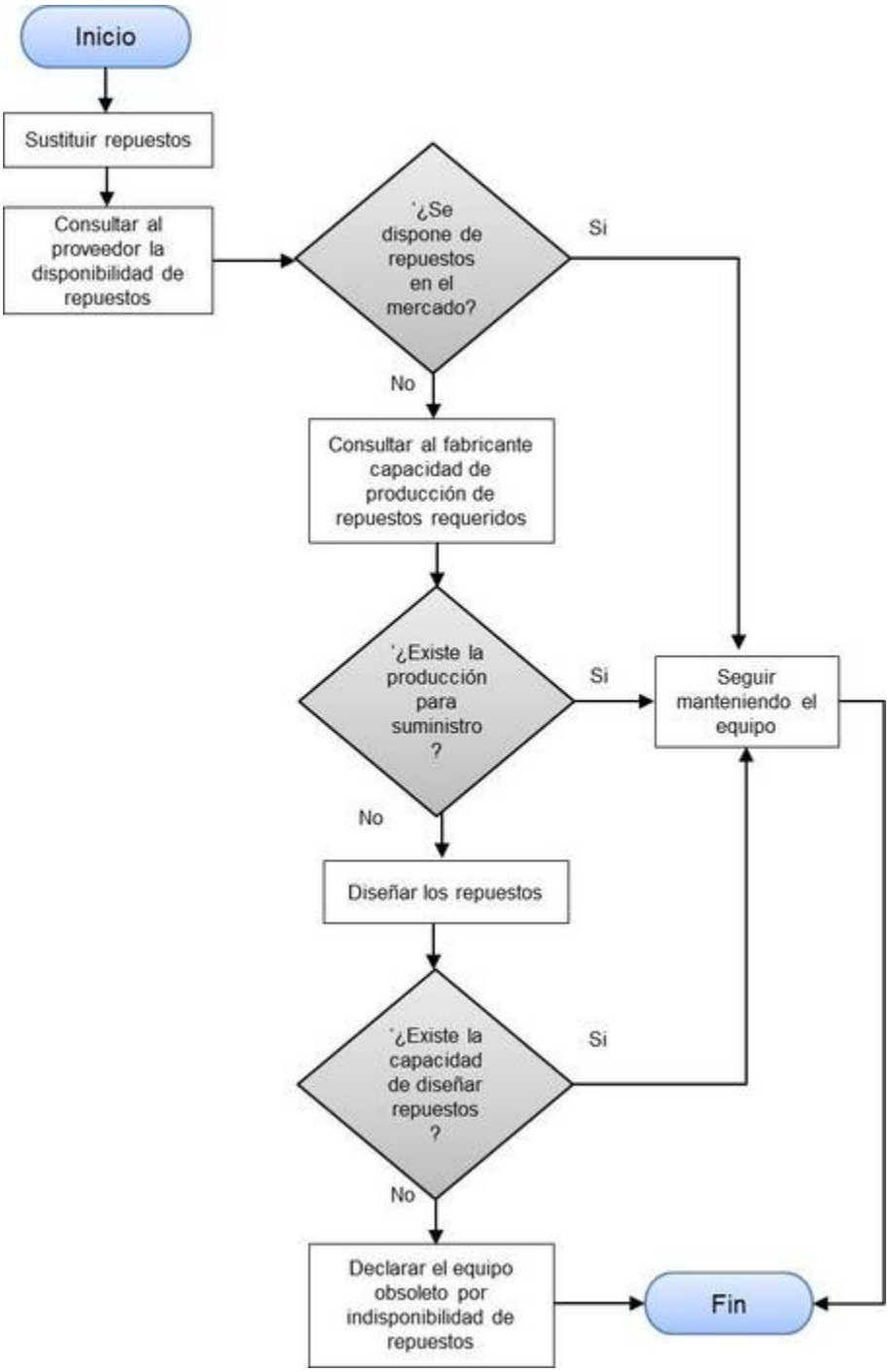

Figura 11

Diagrama del Parámetro de Disponibilidad de Repuestos

Avance Tecnológico

Este parámetro se da por descubrimiento de nuevos procedimientos de producción y/o el perfeccionamiento de los equipos que provocan una tendencia en sustituir a los actuales por

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

otros que presenten mayor rendimiento y funcionamiento más estable y seguro, además de llevar implícito una reducción en los costos de mantenimiento y mejor mantenibilidad.

Para determinar si el equipo es obsoleto, se muestra la Figura 12.

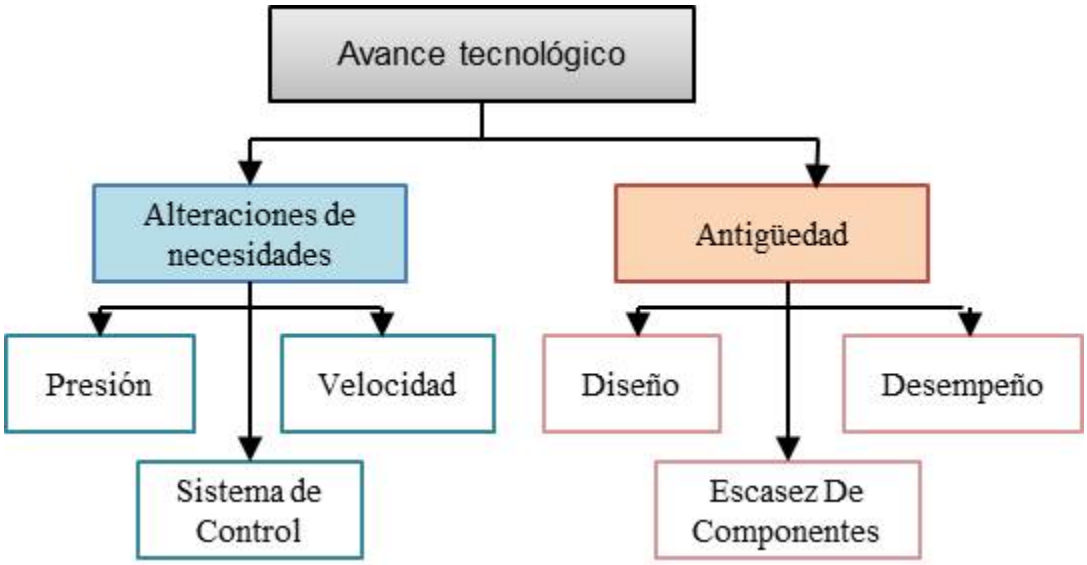

Figura 12

Diagrama del Parámetro del Avance Tecnológico:

Ambiente y seguridad

Este estudio está amparado en la justificación de la función de mantenimiento que busca maximizar la seguridad y salud en el trabajo como lo contempla la Norma ISO 45001 (2018), que establece las herramientas necesarias para implantar un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, dando la destreza para que la organización formule una política de los equipos y del personal, y de igual importancia minimizar el efecto negativo sobre el medio ambiente.

Luego de determinar los parámetros que fundamentan la toma de decisión, se establecen indicadores cuantitativos que permitirán al equipo natural de trabajo medir el nivel del parámetro (Ver Tabla 2).

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tabla 2

Parámetros de Obsolescencia

Parámetros de obsolescencia																
Equipos	Cumplimiento de la vida útil			Incapacidad de producción			Indisponibilidad de repuestos			Avance tecnológico			Ambiente y seguridad			Total (ER) (0 - 100%)
	NB	NM	NA	NB	NM	NA	NB	NM	NA	NB	NM	NA	NB	NM	NA	
	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%	

Nota: para medir el nivel de obsolescencia se consideran los siguientes criterios (ver Tabla 3): Nivel Bajo (NB) para un valor del 0%, Nivel Medio (NM) para un valor del 10% , y un Nivel Alto (NA) para un valor de un 20%. Composición en laboratorio.

Tabla 3

Criterios de Obsolescencia

Criterios Ponderados de Obsolescencia	Ponderación	Nivel	Criterios	
			Evaluar Reemplazo	Acciones
	0%	Bajo	0 > ER =<30	No Tomar Correctivos (Ausencia del Criterio)
				No Tomar Decisiones que Afecte el Equipo y la Producción de Bienes
	10%	Medio	30> ER =<60	Mejora Sustancial del Equipo
				Paliativos cuando sea Técnica y Económicamente Factible
	20%	Alto	60> ER<= 100	Correctivos Inmediatos (Reemplazar, Repotenciar, Mejoramiento)
				Tomar Decisiones para la Continuidad Operativa Deseada

Una vez que se obtiene la ponderación total del equipo, se compara con los criterios de obsolescencia y de acuerdo con el intervalo, para así tomar una decisión si el equipo debe ser reemplazado o no.

En líneas generales, conforme al esquema metodológico formulado en Figura 1 y con el consenso del equipo natural de trabajo, y luego se adecua y dinamiza la Orden de Trabajo conforme a su recorrido, finalizando el procedimiento de ser necesario.

Discusión y Resultados

Se logró presentar a la comunidad científica un modelo para estudio de falla, desgaste, y obsolescencia en gestión de activos industriales para alcanzar un desempeño satisfactorio y amparado en una serie de normas, destacando la UNE 60300-3-3:2017 para gestión de la confiabilidad y el mejoramiento de las operaciones, así como la novedosa Norma ISO 37301:2021 para sistemas de gestión del cumplimiento, al presentar la secuencia en el equilibrio sistémico

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

del esquema metodológico que permitirá reforzar la ingeniería de un modelo de gestión de activos, cuando se trabaja con equipos mixtos, tanto estáticos (baja probabilidad de fallas y alta consecuencia), así como dinámicos (alta probabilidad de fallas y baja consecuencia), permitiendo conocer cuando el equipo falla y considerando el desgaste mecánico, destacando que con el parámetro K se podría predecir el desgaste que se produce en componentes mecánicos, y así dar recomendaciones en la etapa de diseño en el ciclo de vida.

En materia de administración de fallas de activos, en el caso citado en el estudio de las válvulas es válido destacar que las mismas sufren deterioros durante el funcionamiento del motor; regularmente en el caso de las válvulas de admisión, el desgaste es claramente abrasivo, y en las válvulas de escape es abrasivo y corrosivo. Por lo tanto, se propone el diseño con aleaciones de Níquel-Cromo, ya que son los materiales mejor usados para válvulas de escape porque están sometidas a mayores temperaturas y corrosión que las válvulas de admisión.

El Laboratorio para la Investigación y Enseñanza del Mantenimiento establece que mediante el estudio de fallas se podrán conocer las causas de aparición y sus efectos negativos, además de generar soluciones de posibles materiales para reducir ocurrencias de fallas y mejorar la gestión de activos, logrando disminuir los tiempos fuera de servicio, mejorar la mantenibilidad en aplicaciones de técnicas de mantenimiento bajo distintos criterios de obsolescencias, aprovechando los recursos teóricos y prácticos de esta publicación e instrumentar las decisiones en materia de ingeniería.

El estudio permite sugerir la formulación de manera esquematizada en la Figura 1, y desarrollada en la sección 2, para una gestión de activos donde se verifica su aceptación en líneas generales, destacando consideraciones teórico/prácticas presentadas metodológicamente en los distintos planteamientos ampliados en el artículo, compuestos por la administración de fallas, estudio de desgaste y obsolescencia en equipos, logrando así un mayor nivel de precisión en la Gestión de Activos a través del marco normativo ISO, COVENIN y UNE, conforme al esquema propuesto en la Figura 12, luego de dinámicas grupales y consensos del equipo natural de trabajo (ENT).

En este sentido, se recomienda adecuar y dinamizar la Orden de Trabajo conforme a su recorrido, sujeto al sistema de mantenimiento, capacidad humana y carga de trabajo. Finalizando el procedimiento establecido, se presenta un régimen que permite minimizar la incertidumbre en aplicaciones Industriales, partiendo de un conjunto de técnicas descritas en este estudio donde de manera concisa, luego de una profunda discusión e interpretación de resultados, se busca equilibrar la toma de decisiones y minimizar diagnósticos errados bajo

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

una propuesta multidisciplinaria de acuerdo con las dimensiones estudiadas en sistemas de Gestión de Activos.

Para lo señalado, se propone el siguiente procedimiento metodológico, sintetizado en la Figura 13, planteándole a la comunidad científica de que el trabajo presentado contempla determinaciones apropiadas en los órdenes de trabajo y remplazos acertados, así como en la realización de predicciones en mejoras de la vida remanente de máquinas en el sistema de producción, considerando ambiente y seguridad en miras a la sostenibilidad, y enfatizando en la promoción del Centro de I+D en Termo-fluidodinámica y Mantenimiento (CTYM) en materia de Gestión de Activos.

Figura 13

Equilibrio Sistémico de Gestión de Activo, Asociado a la Administración de Fallas y al Estudio de Desgaste y Obsolescencia, en Equipos Industriales

Conclusiones

La periodicidad al analizar fallas permite a la gestión de activos garantizar la calidad de los sistemas industriales, generando mayor confiabilidad y disponibilidad, permitiendo la consolidación de una gestión exitosa al interactuar a través de dinámicas grupales del equipo natural de trabajo, además de la captación de información que genera

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

una falla para estudiar el desgaste, las imperfecciones, las causas de la falla y los efectos sobre el sistema, para luego determinar un criterio de obsolescencia.

En esta investigación se recomienda la utilización de la metodología propuesta para la toma de decisiones en mantenimiento industrial bajo un proceso analítico, táctico y jerárquico de sus componentes y factores principales que permiten instrumentar un procedimiento diseñado para cualificar y cuantificar, además de ayudar a robustecer los criterios, juicios u opiniones gerenciales sobre la importancia relativa de cada uno de los elementos empleados en el procedimiento.

El método planteado genera ventajas competitivas que permiten a las organizaciones un análisis practico y sistematizado para resolver conjeturas y problemas en distintos niveles y aspectos, al considerar los métodos globales de las alternativas en la administración de fallas y el estudio del desgaste y obsolescencia.

La ingeniería propuesta en la metodología permite un equilibrio sistémico al asignar técnicas que facilitan las tareas de "planificar, dirigir y controlar", proporcionando decisiones técnicas y manejo de información en forma confiable y permitiendo detectar y mejorar dentro de ciertos límites las fallas humanas e incoherencia de los decisores humanos.

Surge la necesidad de fomentar metodologías, herramientas o modelos que permitan equilibrar los parámetros de mantenimiento y sus relaciones directas con factores humanos, técnicos y económicos, que interactúan en todo el ciclo de vida de los activos donde seria atractivo estudiar estadísticamente una relación dentro de la gestión de activos, la confiabilidad operacional y la Terotecnología, la cual serviría como nuevo abordaje para futuras investigaciones, que generen un esquema estratégico que den espacio a la mejora continua y continuidad de la producción al minimizar fallas para llevar mayor rendimiento y productividad a la gestión, atendiendo a su naturaleza multivariante.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Referencias

American Society for Metals. (1948 y 1961). Metals Handbook. Ohio, USA: Metals Park.

American Society for Testing Materials. (1937). Sympsium on Wear of Metals. Filadelfia, Pa., USA.

Arias, F. (2006). El Proyecto de Investigación. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.

Ávila Espinoza, R. (1992). Fundamentos del Mantenimiento. Guías Económicas, Técnicas y Administrativas [libro]. (L. Ray Buckendalelectura). Society of Automotives Engineers, Inc Palo Alto: Warrendale. ISBN: 0898833043.

Beichelt, F. A. (2001). Replacement Policy Based on Limiting the Cumulative Maintenance Cost. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 18, Nº 1, p. 76, 2001.

Blanchard, B. (1997). Journal of Quality in Maintenance Engineering. (M. U. Ltd, Ed.) An Enhanced Approach for Implementing Total Productive Maintenance in the Manufacturing Environment, 3(2), pp. 69-80.

Bustamante, F. A. S. & Restrepo, J. M. V. (2005). Estudio del Modelo de Desgaste Propuesto por Archard. Dyna, Dyna. ISSN: 0012-7353, 72 (146), 27-43. Colombia.

Charles, E. (1997). An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Boston, Massachusetts: Editorial Mc. Graw-Hill.

Chase, R. B., et. al. (2000). Administración de Producción y Operaciones: Manufactura y Servicios. IRWIN: 2000.

COVENIN. (1993). Norma Venezolana 3049-93: Mantenimiento. Definiciones. Elaborada por el Comité Técnico de Normalización. CT-3 Construcción aprobada por la COVENIN en su reunión de 1993. Vol. 124.

Departamento de Transporte del Estado de New York, N. (2013). Green LITES: Recognizing Leadership in Transportation Environmental Sustainability. New York: NYSDOT.

Duffuao, R. (2002). Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control. México. S/c: Edit. Limusa.

El-Akruti, K., Dwight, R., Zhang, T. & Al-Marsumi, M. (2015). The Role of life Cycle Cost in Engineering Asset Management. In Engineering

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Asset Management-Systems, Professional Practices and Certification (pp. 173-188). Springer, Cham. Chase.

Espinoza, H. (2011). La Normalización de las Concentraciones de Partículas de Desgaste en Aceite Aplicada a Motores Diesel. Avances: Investigación en Ingeniería, 2011. Vol. 8. No. 2. pp. 67-72.

Francés, A. (2006). Estrategias y Planes para la Empresa con el Cuadro de Mando Integral. México: Pearson/Prentice Hall.

Guillen López, A. J. (2018). Diseño de Soluciones Avanzadas de CBM/PHM en Sistemas Inteligentes de Gestión de Activos. (Tesis Doctoral Inédita). Universidad de Sevilla. España.

Hutchings, I. M. (1992). Tribology, Friction and Wear of Engineering Materials. Ed. Edward Arnold, a Division of Hodder Headline PLC, 1992. p 103-105 Suárez, F.A.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). Glosario de Estadística Básica. México. Recuperado de: https:// portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/ 2014_INEGI_Glosario_estadistica_basica.pdf.

ISO Organization. (2021). ISO 37301:2021. Compliance Management Systems — Requirements With Guidance For Use.

Leemis, L. M. (1995). Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods. p. 288. New Jersey: Prentice Hall.

Malavé Depool, A. T. (2015). Mejora de la Gestión de Activos Físicos según PAS 55-ISO 55000 Evaluando el Desempeño de los Roles del Marco de Competencias del IAM. Tesis Doctoral.

Mora, A. (2009). Mantenimiento: Planeación, Ejecución y Control. México: Alfaomega Grupo Editor.

Mullor, R. (2009). Desarrollo y Validación de un Procedimiento para Optimizar los Intervalos de Mantenimiento Preventivo de Equipos Reparables. España: Universidad Politécnica de Valencia.

Nakajima, S. (1991). Introducción al TPM. Programa para el Desarrollo. (Publicaciones e Impresos en Graficas del Mar. ISBN: 84-87022-81-2 ed.). (G. a. Cuesta, Trad.) Madrid, España: Editorial Fundación Repsol.

Norma Española UNE 60300-3-3:2017. (2017). Gestión de la Confiabilidad. Parte 3-3: Guía de Aplicación. Cálculo del Coste del Ciclo De Vida. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización). España.

Norma Española UNE-EN 16646. (2015). Mantenimiento en la Gestión de Activos Físicos. España: Editorial AENOR.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Norma Internacional ISO 45001. (2018). Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo – Requisitos con Orientación para su Uso. 1° edición del 2018.

Norma Internacional ISO 14001. (2015). Sistema de Gestión Ambiental – Requisitos con Orientación para su Uso. 3° edición del 2015.

Norma Internacional ISO 55000. (2014). Enfoque de Gestión de Activos. Traducción oficial. Primera edición.

OREDA (2012). Offshore Reliability Data. [sector del Libro]. Trondheim: OREDA and DNV Veritas. Fourth edition. ISBN 82-14-02705-5.

Organización Internacional del Trabajo – OIT. (2006). Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO). Documento emitido en 1988. Ginebra, Suiza. Recuperado de: https:// www.ilo.org/public/spanish/bureau/stat/isco/index.htm

Pérez, V. (2018). Principios Terotecnológicos en Gestión de Activos para Aplicaciones Industriales. Revista Ingeniería y Sociedad – UC. Carabobo, Venezuela. [Citado: Enero - Julio de 2018], ISSN: 1856-352X. Recuperado de: http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/ revista/index1.htm. 9)

Pérez, V. (2020). Fundamentos terotecnológicos para reemplazo de equipos industriales en la gestión de activos. Revista Ingeniería Industrial, 19(1), 57-74.

Pinochet, J. (2015). El Modelo Argumentativo de Toulmin y la Educación en Ciencias: Una Revisión Argumentada. Ciência & Educação, 21(2), 307-327.

Rigney, D. A. (1994). The Roles of Hardness in Sliding Behavior of Metals. Wear No.175 (1994). Pp. 63- 69.

Rosique, A. (2017). Marco de Referencia para la Gestión de Activos de Alta Capitalización: Definición de Procesos de Negocio y de Técnicas Avanzadas de Soporte a la Gestión. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. España.

Suárez, D. (2011). Confiabilidad de Equipos y Sistemas Industriales. Primera Edición. Maracaibo-Venezuela.

Sydney H. A. (1976). American Society for Metals: Metals Handbook. Ediciones 1948 y 1961. Ohio, USA: Metals Park.

Toulmin, S. E. (2003). The Uses of Argument. Inglaterra: Cambridge University Press.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

Tristancho, J. L., Higuera, O. F. & Flórez, L. C. (2007). Evaluación del Desgaste Adhesivo del Acero AISI–SAE 1020. Scientia et Technica 1.36.

Villanueva, E. D., Pérez-Tagle, J. F. D., & De León, C. L. (1989). La Productividad en el Mantenimiento Industrial. México: Compañía Editorial Continental.

Vite Torres, M, et. al. (1994). Necesidades de la Enseñanza de la Tribología en los Programas de Ingeniería de las Universidades Públicas Mexicanas. México.

Zum, K. (1987). Institute of Materials Technology. Microstructure and Wear of Materials. University of Siegen. New York, USA: Elsevier Science Publisher B. V.

Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica
PDF generado a partir de XML-JATS4R

AmeliCA

Disponible en:
https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/844/8445081006/8445081006.pdf

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Víctor Martín Pérez Moreno

Metodología para administración de falla, desgaste y obsolescencia en gestión de activos industriales
Methodology for Management of Failure, Wear and Obsolescence in Industrial Asset Management

Revista Tecnológica ESPOL - RTE
vol. 34, núm. 4, p. 99 - 119, 2022
Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador
rte@espol.edu.ec

ISSN: 0257-1749
ISSN-E: 1390-3659

DOI: https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.925

CC BY-NC 4.0 LEGAL CODE
Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.