






## Metaanálisis de la auditoría de mantenimiento como herramienta de gestión en la producción industrial

### Meta-analysis of maintenance auditing as a management tool in industrial production

José Isaías Salas Hernández <sup>1</sup>, Fernando Arturo Soler López <sup>2</sup>, Jhonatan Ospina Molina <sup>3</sup>, Andrés Felipe Medina Gamba <sup>4</sup> y Tony Castillo Calzadilla <sup>5</sup>

Fecha de Recepción: 14 de septiembre de 2024

Fecha de Aceptación: 28 de diciembre de 2024

**Cómo citar:** Salas Hernández J.I., Soler López F.A., Molina J.O., Medina Gamba A.F., Castillo Calzadilla T. Metaanálisis de la auditoría de mantenimiento como herramienta de gestión en la producción industrial. *Tecnura*, 28(82), xx-xx. <https://doi.org/10.14483/22487638.22716>

## Resumen

**Objetivo:** identificar el estado del conocimiento sobre la *auditoría de mantenimiento*, a partir de su papel como herramienta de gestión en la producción industrial. Para tal fin, se analizó el desarrollo de los conceptos asociados a dicho tópico, en bibliografía selecta producida entre los años 2000 a 2024.

**Metodología:** se trata de un trabajo descriptivo, de tipo documental, no experimental y cualitativo. La técnica implementada fue la de revisión documental en las bases de datos Scopus y Web of Science, para la búsqueda de información mediante el uso de palabras clave y conectores booleanos, y así elaborar listas de referencias de las publicaciones pertinentes.

**Resultados:** se determinó que los conceptos sobre auditoría de mantenimiento inicialmente estuvieron vinculados con la contabilidad, mientras que nociones más recientes la asocian con las ingenierías Mecánica, Industrial y de Mantenimiento.

**Conclusiones:** la auditoría de mantenimiento es una estrategia fundamental para la gestión empresarial, cuyas concepciones han variado a lo largo del tiempo y se perfilan como decisivas para una gestión de mantenimiento eficiente y sostenible, a lo cual se suman la auditoría de gestión de mantenimiento, la industria 4.0 y la inteligencia

<sup>1</sup>Ingeniero mecánico, ingeniero industrial (UDO); especialista en Gerencia de las Organizaciones (URBE); especialista en Gestión de la Salud y Seguridad en el Trabajo (Unitec); magíster Scientiarum en Gerencia de Mantenimiento (UDO-Unefa); doctor en Ciencias de la Educación (ULAC).

<sup>2</sup>Ingeniero electrónico (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); maestría en Telemática (Universidad Distrital Francisco José de Caldas); maestría en Business Administration; doctor en Higher Education.

<sup>3</sup>Ingeniero mecánico; especialista en Gerencia de Mantenimiento (UECCI); magíster en Ingeniería (UECCI).

<sup>4</sup>Tecnólogo en Mecánica Automotriz (UECCI); especialista en Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo (UECCI); magíster en Ingeniería (UECCI).

<sup>5</sup>Tecnólogo en Electrónica (UDO); licenciado en Educación, mención Técnica Industrial (UDO); M. Sc. en Gerencia de Mantenimiento (UDO-UNEFA); doctor en Ingeniería para la Sociedad de la Información y Desarrollo Sostenible (Universidad de Deusto).

artificial.

**Palabras clave:** auditoría de mantenimiento, gestión de mantenimiento, industria 4.0.

---

## Abstract

**Objective:** To identify the state of knowledge of the concepts related to maintenance auditing. To this end, the concept of maintenance auditing as a tool for industrial production management and the development of concepts associated with this topic were analyzed in selected bibliography produced between 2000 and 2024.

**Methodology:** This is a descriptive, documentary, non-experimental and qualitative study. The technique applied was that of documentary review in the Scopus and Web of Science databases to search for information using key words and Boolean connectors to draw up reference lists of the relevant publications.

**Results:** It was determined that concepts about maintenance auditing were initially linked to accounting, while more recent notions associate maintenance auditing with Mechanical, Industrial, and Maintenance Engineering.

**Conclusions:** maintenance audit is a fundamental strategy for business management, whose conceptions have varied over time and which are emerging as decisive aspects for efficient and sustainable maintenance management, to which are added elements such as Maintenance Management Audit, Industry 4.0. and Artificial Intelligence.

**Keywords:** Maintenance auditing, Maintenance management, Industry 4.0.

---

## Introducción

La dinámica y los requerimientos que enfrentan los procesos productivos industriales, en los contextos local, regional y global, exigen satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos. Para lograrlo, es necesario adoptar nuevas visiones en la gestión del mantenimiento, lo cual ha dado lugar a una perspectiva diferente de esta disciplina. Ahora se reconoce que el mantenimiento no debe verse simplemente como un gasto para la industria, sino como una herramienta clave para cumplir con las metas y objetivos de producción, satisfacer la demanda del mercado, generar mayores retornos de inversión y garantizar una mayor disponibilidad de los activos ([Castillo, 2011](#)). Además, es imperativo para cualquier organización industrial planificar acciones orientadas a asegurar que el ciclo de vida de los activos no se vea reducido, ya que los deterioros prematuros podrían convertirse en un factor que impacte negativamente en los costos operativos.

En este sentido, el desarrollo de una gestión de mantenimiento integral es requisito para la sostenibilidad de las organizaciones. Esto llevará a que los costos operativos de la planta sean aceptables, lo cual incrementará su capacidad de competir en el mercado. En consecuencia, el papel del mantenimiento debe evolucionar para apoyar la creciente competencia global; sin embargo, no puede limitarse a reaccionar únicamente ante emergencias ([Mobley et al., 2008](#)). De ese modo, se estima que los responsables de gestionar e implementar los programas de mantenimiento requieren de herramientas capaces de examinar, analizar y diagnosticar formalmente

los elementos tangibles e intangibles asociados con la producción. Por ello, el mantenimiento de las instalaciones, maquinarias y equipos no es sólo una tarea, sino una ciencia que permite eficazmente estudiar y gestionar la resolución de problemas en el área, así como también sugerir soluciones y corregir las inconformidades ([Raouf, 2009](#)). En ese contexto, surge la auditoría de mantenimiento (AM) como un proceso complejo, sistemático y organizado por medio del cual detectar desviaciones u omisiones en el mantenimiento, con métodos formales y a partir de indicadores específicos de desempeño del mantenimiento (Montilla, 2019). De forma complementaria, [Lifetime Reliability Solutions \(2013\)](#) plantea que la auditoría de mantenimiento compara el régimen de mantenimiento vigente con los requerimientos técnicos y operativos que define la organización, este enfoque permite detectar esas diferencias entre lo planificado y lo ejecutado.

La auditoría, en las primeras civilizaciones, en su forma más primitiva, surgió cuando un núcleo social dominó a otro por medio de la política, la religión, la economía, las ciencias, o por la fuerza, y este era obligado a pagar un tributo al que lo dominaba. En esos casos, el gobernante requería que los tributos impuestos fueran pagados correctamente y en el tiempo requerido, para lo cual se designaban revisores que efectuaran la labor de fiscalización. Luego, en la Edad Moderna, se implementaron procesos orientados hacia lo administrativo, enfocados en la eficiencia como un factor de crecimiento para las empresas; así surgieron mecanismos de supervisión y de establecimiento de estrategias que aseguraban los resultados de producción esperados ([Sandoval, 2012](#)). Según [Florián \(2021\)](#), la auditoría está relacionada con los primeros asentamientos humanos, de donde trascendieron cuatro etapas históricas que marcaron su nacimiento y desarrollo: prehistoria, Edad Media, Revolución Industrial y la era digital.

[Dattin \(2014\)](#) resalta que, en 1830, en la Compagnie de Saint-Gobain, el ejercicio de la auditoría estaba instaurado y los accionistas designaban a los auditores con la función de monitorear las transacciones corporativas y el cumplimiento de los estatutos. Esta práctica tuvo el propósito de diferenciar a quienes ejercían funciones de gestión, de los que fiscalizaban y auditaban los estados financieros en las *sociedades anónimas*. Posteriormente a principios del siglo XX, la auditoría aumentó su demanda por toda Inglaterra, hasta expandirse a Estados Unidos. Allí, esa orientación de detección y prevención del fraude, se transformó en precisión de la posición financiera de la empresa y el establecimiento de objetivos económicos de socios y clientes.

De acuerdo con [Perilla \(2017\)](#), la auditoría moderna nació en Inglaterra, durante la Revolución Industrial, con el fin de evaluar los procesos y mejorarlos, ante la aparición de máquinas novedosas y la expansión de los mercados; en consecuencia, era necesario controlar un mayor flujo de bienes, a la vez que se adicionó la necesidad de mantener el aparataje industrial en condiciones adecuadas. Como producto de un proceso evolutivo constante, se originaron las

principales vertientes del pensamiento en la auditoría: la anglosajona y la estadounidense. Esta última corriente se divide en dos etapas: la primera, aún se orientaba al cumplimiento de los principios contables, por lo que se desarrollaban inspecciones y revisiones a las organizaciones. A finales del siglo XIX y principios del XX, se empezó a implementar un enfoque que buscaba garantizar la eficacia y eficiencia de las actividades comerciales. La segunda, que se inició después de la creación de la Security Exchange Commission (SEC), se enfocaba más en la prevención y control de los posibles fraudes, y así prevenir problemas en el sistema financiero de Estados Unidos, como ocurrió en 1934 (Perilla, 2017). Para Yalçın (2023), la contabilidad ha estado presente desde la antigüedad, y en ella, las auditorías han conformado los dispositivos contables empleados con la finalidad de controlar determinadas actividades organizacionales. Inicialmente, la auditoría se practicó de una manera rudimentaria, con orientación a la vigilancia del uso de los recursos públicos de los gobernantes de la época, mientras que los escribanos detectaban posibles malversaciones de las riquezas y patrimonios de los gobernantes.

Como se infiere, la evolución histórica de la auditoría tuvo un momento crucial a partir de la Revolución Industrial, con surgimiento en la Inglaterra del siglo XVIII, desde cuando tomó diversas perspectivas situadas en lo contable, financiero y empresarial, para abarcar el ámbito del mantenimiento industrial.

## Auditoría: elementos conceptuales

La auditoría y sus demás elementos parten de nociones básicas que la ubican como un proceso sistemático necesario para obtener y evaluar evidencias objetivas sobre informes de actividades económicas y otros eventos relacionados, con la finalidad de determinar la exactitud de estos, de conformidad con los principios establecidos (American Accounting Association, 1973, citada por Pacheco, 2021).

Según, Montilla y Herrera (2006), existen diversas interpretaciones acerca del concepto de auditoría. En su acepción más simple, puede concebirse como el procedimiento de verificación de los estados financieros de una entidad organizacional, ya sea pública o privada; también, como el proceso de revisión de la contabilidad que origina los estados financieros, y de esa manera comprobar si los mismos expresan una representación rigurosa acerca de la realidad económica de la empresa.

En cambio, Arens *et al.* (2007) la conciben como el trabajo sistemático de acumulación y evaluación de ciertas evidencias basadas en la actuación de una organización, que a su vez parten de información específica con el potencial para determinar y divulgar, a las partes interesadas, la consistencia entre la información recopilada y los criterios organizacionales. Mantilla (2016)

asegura que la auditoría es un procedimiento metódico cuya finalidad es aproximar la materia, sujeto a, y objeto de, criterios establecidos, y, de esta manera, establecer los controles necesarios para asegurarse de que cumpla con determinadas normas; en ese sentido, está vinculada a la función de control dentro de la gestión y de los procesos administrativos de la organización, independientemente de su naturaleza.

Para [Biler \(2017\)](#), consiste en un proceso sistemático por el cual se desarrolla una minuciosa revisión por un experto profesional cualificado para tal fin, acerca de determinados procedimientos, actividades o procesos organizacionales empresariales, con el objeto de garantizar el correcto desarrollo de estos. Ello implica que la auditoría debe ser efectuada por personas exclusivamente dedicadas a esos propósitos, por cuanto se requiere un criterio imparcial, justo, sistemático y profesional para adelantar las labores auditables.

Por último, [Manrique \(2019\)](#) afirma que la auditoría es una labor sistemática que facilita obtener y evaluar las evidencias concernientes a los registros contables, financieros, administrativos, entre otros, de forma objetiva; agrega que es aplicable en diferentes organizaciones con el fin de examinar que estas se gestionen a partir de criterios certeros y conformables, según el tipo de auditoría: tributaria, financiera, administrativa o de gestión, operativa, gubernamental, ambiental, académica, forense, de mantenimiento.

### **Definiciones de “mantenimiento”**

Según [Pérez Rondón \(2021\)](#), el *mantenimiento* se concibe como una serie de acciones que deben efectuar las personas a cargo de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas, componentes e instalaciones involucrados en un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fueron diseñados, construidos, instalados y puestos en operación.

[García \(2018\)](#) lo define como un conjunto de técnicas cuyo propósito está orientado a la conservación de equipos, maquinaria, dispositivos, útiles e instalaciones industriales que se encuentren en servicio, para que estén disponibles de modo óptimo el mayor tiempo posible y con un rendimiento máximo. Esto abarca una combinación de factores como el conocimiento, la experiencia y el trabajo en equipo, para optimizar los aspectos administrativos y operativos que permitan alcanzar los indicadores de gestión trazados por la organización.

De acuerdo con [Muñoz \(2015\)](#), el *mantenimiento industrial* se puede precisar como el control que se ejerce de manera constante sobre la maquinaria e instalaciones, que abarca las labores de reparación y revisión requeridas con el objeto de garantizar el funcionamiento habitual y un

estado de conservación óptimo. Dicho control involucra, entonces, unas acciones sistemáticas y procesos continuos que generan información permanente acerca de los hallazgos del auditor, en cuanto al mantenimiento; esto facilita la detección de las no conformidades, su prevención y corrección, a la vez que brinda la información requerida por la gerencia de mantenimiento para la toma de decisiones.

Adicionalmente, [Montilla \(2019\)](#) señala que el mantenimiento está referido a la asociación de actividades planificadas y coordinadas, cuya finalidad consiste en propiciar la conservación de instalaciones, equipos, útiles y herramientas de diversa naturaleza, en óptimas condiciones desde el punto de vista operativo, de modo que se encuentren de manera homologable con su estado teórico nominal, mediante la generación de una inversión mínima en lo concerniente a elementos económicos, de tiempo e insumos; ello genera condiciones más seguras para el personal en labores, y para el medio ambiente, a la vez que propende al logro de los objetivos de la organización.

[Sullivan et al. \(2004\)](#) sostienen que el mantenimiento es el conjunto de operaciones para mantener los diversos bienes materiales de una organización en buenas condiciones de conservación. Esto implica que el mantenimiento contiene aquellas acciones realizadas para evitar que un dispositivo o componente falle o para reparar la degradación normal del equipo experimentada con el funcionamiento del dispositivo, a fin de conservarlo en buen estado de funcionamiento y que pueda extenderse el ciclo útil de vida, lo cual redundaría en el cumplimiento de las metas organizacionales.

## **Evolución y tipologías del mantenimiento**

Al igual que la auditoría, el mantenimiento tendría una historia tan antigua como el ser humano; desde entonces se infieren patrones que muestran la necesidad perenne de mantener las herramientas, por más rudimentarias que estas fueran. En ese sentido, [Rossi \(2013\)](#) explica que el ser humano siempre ha sentido la necesidad de mantener los equipos ideados para la producción o prestación de un servicio, en las mejores condiciones, ante las fallas experimentadas en las herramientas como resultado del uso constante.

De acuerdo con [Pérez \(2021\)](#) y [Mora \(2009\)](#), durante la Revolución Industrial el mantenimiento fue de tipo correctivo, porque se empleaba cuando surgía una emergencia, dado que los accidentes y pérdidas requerían de la intervención de las aseguradoras, las cuales, al exigir mayores y mejores cuidados, dieron lugar a los talleres mecánicos. A partir de 1925, las industrias estadounidenses concertaron organizar el mantenimiento con una base científica; de allí surge el *mantenimiento preventivo*.



No obstante, a lo largo del proceso industrial experimentado desde finales del siglo XIX, la función del mantenimiento ha pasado por diferentes etapas o generaciones. En los inicios de la Revolución Industrial, los propios operarios estaban a cargo de las reparaciones de los equipos; pero cuando las máquinas se hicieron más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción (Pérez, 2021). Estas fases han sido clasificadas en distintas generaciones de mantenimiento, tal como se resume en la figura 1.

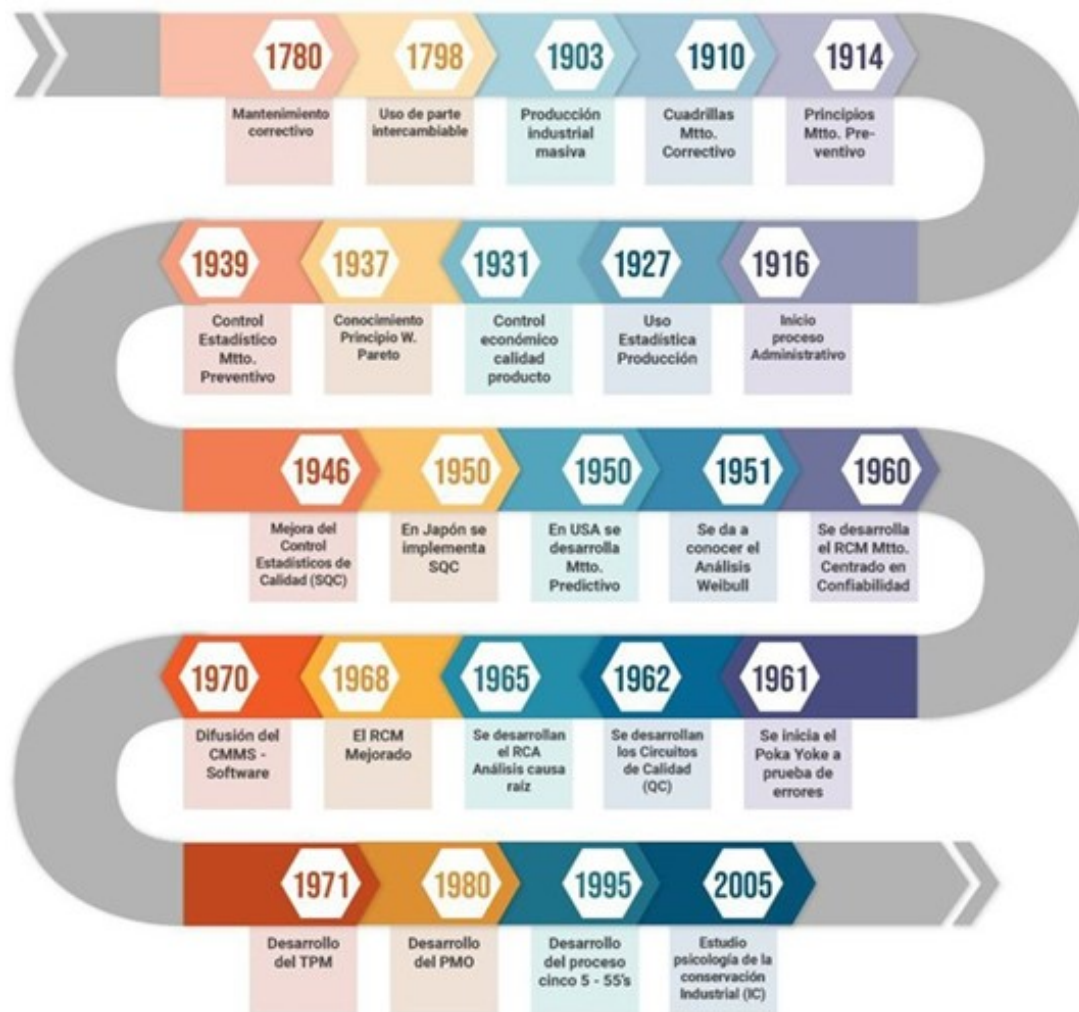


Figura 1. Generaciones de mantenimiento

Nota: adaptado de Pérez (2021).

Mora (2009) asegura que, a partir de la Segunda Guerra Mundial, los departamentos de mantenimiento buscaron solucionar los fallos que se producían en los equipos, con énfasis en su prevención. Esto implicaba crear los departamentos de mantenimiento con personal cuya función fuera estudiar qué tareas de mantenimiento debían efectuarse para evitar los fallos. Posteriormente aparecieron los mantenimientos preventivo, predictivo, proactivo, basado en fiabilidad (RCM, por su sigla en inglés); además de la gestión de mantenimiento asistida por ordenador.

El origen del mantenimiento preventivo se rastrea en Estados Unidos, a principios del siglo XX, cuando Ford, la compañía productora de automóviles, implementó el *mantenimiento preventivo planificado*. Posteriormente, al finalizar la Segunda Guerra Mundial, las teorías estadounidenses llegaron a Japón, donde serían implementadas durante los años 1950. Este desarrollo progresivo ha sido documentado según los hitos históricos que marcan la evolución del mantenimiento (figura 2).



**Figura 2.** Evolución del mantenimiento

**Nota:** adaptado de Pérez (2021).

En la década del ochenta, se desarrolló el mantenimiento productivo total (TPM, por su sigla en inglés), dentro del cual algunas de las tareas realizadas por el personal de mantenimiento pasaron a ser ejecutadas por operarios de producción, con el objeto de conseguir cero averías. Como filosofía, el TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano en cada una etapa del mantenimiento (Mora, 2009; Pérez, 2021).

A partir de los primeros años de 1990, el mantenimiento se contemplaba como una parte de la *calidad total*. Surgió también el mantenimiento basado en el riesgo (MBR, por su sigla en inglés) como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos.



Las corrientes que orientan el mantenimiento contemporáneo se ubican en torno a:

- La certificación de calidad ISO 9000-14000.
- La evaluación comparativa.
- Análisis de riesgos.
- La reingeniería para mejorar la fiabilidad.
- Y la auditoría de mantenimiento, para reducir las disconformidades.

Igualmente, en este lapso surge la filosofía de las 5S, que incluye un conjunto de prácticas para hacer más eficiente el mantenimiento, desde una perspectiva que abarca a todo el personal, desde los operarios hasta la alta gerencia.

Posteriormente, después del año 2000, se han configurado propuestas como el estudio de la psicología de la conservación industrial ([Pérez, 2021](#)).

De igual forma, [Pérez \(2021\)](#) aclara que el avance tecnológico es un parámetro que ha ayudado a generar nuevos métodos, distintos procedimientos de producción, y el perfeccionamiento de los equipos.

Esto marca una tendencia a sustituir a los actuales por otros que presenten mayor rendimiento, además de un funcionamiento más estable y seguro. Esto supone una reducción en los costos de mantenimiento, junto con el incremento en la mantenibilidad, cuyos avances tecnológicos alcanzan también a los sistemas de auditorías de mantenimiento.

## Metodología

Para este estudio, la metodología se fundamentó en un enfoque descriptivo, de tipo documental, no experimental y cualitativo. La técnica implementada fue la revisión documental en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS), ambas accesibles bajo suscripción privada.

El enfoque cualitativo se caracteriza por ser abierto, flexible, construido a partir de la realización del estudio, con un empleo reducido de la estadística y en el que el análisis consiste en describir información y desarrollar los temas resultantes de dicho proceso ([Hernández \*et al.\*, 2014, p. 13](#)). Esto podría conducir a la manifestación de determinadas limitaciones que, según el criterio de [Vega \(2023\)](#), se trata de condiciones que pueden reconocerse como barreras probables que impedirían el logro de los objetivos de una investigación, dado que restringirían la validez, aplicabilidad y generalización de los resultados en una investigación.

Entre las principales limitaciones involucradas en el enfoque cualitativo, [Vega \(2023\)](#) menciona el tamaño o dimensiones de la muestra, sesgo de selección, sesgo de respuesta, instrumentos de medición, contexto temporal, limitaciones en la generalización, además de la validez y confiabilidad, entre otras. De modo que los hallazgos que tengan lugar en el estudio deben ser observados de manera integral, en consideración de las limitaciones que pudieran presentarse y que son características del enfoque cualitativo.

El criterio básico para la elección de las bases de datos antes mencionadas se fundamentó en que estas figuran entre las principales a escala global y son las que albergan mayor cantidad de publicaciones científicas entre sus pares.

En el caso de Scopus, se trata de una base de datos ampliamente reconocida en la comunidad científica por encontrarse entre las más autorizadas, clasificadas y de mayor tamaño de las utilizadas para la investigación. Las funcionalidades de la base de datos Scopus incluyen seguimiento de citas, herramientas analíticas, diversas alternativas de búsqueda y filtrado para encontrar materiales. Alberga más de 7000 editoriales, más de 29 200 publicaciones periódicas registradas y el número de materiales de acceso abierto supera los 23,4 millones ([Scientific Papers, 2024](#)).

La base de datos WoS abarca una amplia variedad de disciplinas y constituye uno de los recursos más acreditados y prestigiosos para la investigación académica. Esa base de datos tiene cuidadosos procesos para la selección de revistas y la indexación de publicaciones, revisadas por pares de alta calidad, para cubrir 254 categorías temáticas, más de 34 000 revistas revisadas por pares, más de 130 000 libros y más de 56 millones de inventos ([Scientific Papers, 2024](#)).

Debido a que la búsqueda de información para efectos del estudio se centra en áreas temáticas y palabras clave específicas, la elección de las bases de datos antes señaladas obedece a que estas ofrecen las herramientas de búsqueda y filtrado de información requeridas. Si bien existen otras bases de datos importantes, portales académicos, motores de búsqueda y repositorios con literatura gris, para esta investigación es relevante delimitar las fuentes de información, de modo que los resultados ostenten criterios específicos en cuanto a la calidad de la información recuperada mediante los algoritmos de búsqueda, además de que entre ambas bases de datos abarcan una gran cantidad de contenido proveniente de las publicaciones científicas que albergan.

En ese sentido, Scopus cuenta con un Comité Asesor de Contenidos (Content Selection and Advisory Board [CSAB]), formado por un conjunto de investigadores y bibliotecarios de ámbito internacional e independiente que cubren las principales disciplinas científicas ([Scopus,](#)

2024). Para que entren en evaluación, todas las revistas deben cumplir unas normas básicas de publicación, entre ellas: calidad de contenido, prestigio, regularidad, objetividad y selectividad.

Por su parte, WoS utiliza 24 criterios de calidad diseñados para seleccionar por rigor editorial y mejores prácticas a nivel de revista, así como criterios de impacto que utilizan la actividad de citación como el principal indicador de impacto (Clarivate, 2024).

La búsqueda de información se efectuó mediante palabras clave y conectores booleanos, para lo cual se establecieron filtros específicos respecto a los artículos relacionados con los temas *auditoría de mantenimiento*, tanto en español como en inglés (*maintenance auditing*). Posteriormente, se efectuó el refinamiento de los resultados a partir de la fecha de publicación y de la pertinencia del material, con respecto a las palabras clave relacionadas con la temática de investigación.

En síntesis, la búsqueda de la literatura objeto de análisis tuvo la siguiente secuencia metodológica:

- Búsqueda bibliográfica.
- Extracción de los datos.
- Análisis y síntesis de los datos.
- Informe de las conclusiones.

Antes de iniciar la búsqueda de información, se establecieron filtros específicos respecto a los artículos relacionados con el aprendizaje a lo largo de la vida, con el fin de incluir o excluir las publicaciones que se encontrarían en las bases de datos WoS, cuyos aspectos descriptivos se muestran en la tabla 1.

De igual forma, con el propósito de identificar los artículos relacionados con *auditoría de mantenimiento*, se emplearon criterios específicos para una búsqueda sistemática en las bases de datos WoS, junto con la aplicación Scopus, vinculada a *VOSviewer* para facilitar el reconocimiento de las palabras clave más relevantes para el estudio. Los términos o sintaxis de búsqueda a emplear fueron los siguientes (tabla 2):

- “Auditoria de mantenimiento”: comprendió títulos, resúmenes y palabras clave dentro de los artículos científicos.
- *Maintenance auditing*: comprendió los títulos, resúmenes y palabras clave dentro de los artículos científicos.

**Tabla 1.** Criterios generales de inclusión y exclusión de publicaciones

<b>Criterio</b>	<b>Inclusión</b>	<b>Exclusión</b>
<b>Área temática</b>	Auditoría de mantenimiento.	Áreas distintas de las mencionadas en los criterios de inclusión.
<b>Tipo de documentos</b>	Artículos científicos	No son artículos de revisión, de referencias de libros ni notas editoriales.
<b>Palabra clave</b>	Auditoría de mantenimiento ( <i>maintenance auditing</i> )	No contiene palabras clave relativas al aprendizaje a lo largo de la vida y criterios relacionados.
<b>Tipo de fuente</b>	Fuentes académicas reconocidas, como libros de texto y revistas indexadas y arbitradas a texto completo.	Fuentes académicas no reconocidas, no indexadas o arbitradas sin contenido a texto completo.

**Tabla 2.** Palabras clave utilizadas en el metaanálisis

<b>Palabras clave</b>	<b>Sintaxis de búsqueda</b>
1. Auditoría de mantenimiento	1. "auditoría de mantenimiento"
2. <i>Maintenance auditing</i>	2. " <i>maintenance auditing</i> "

Una vez aplicados los respectivos criterios de inclusión y exclusión establecidos previamente, y de emplear las sintaxis de búsqueda correspondientes, se seleccionaron los artículos científicos pertinentes para proceder a la extracción de información relacionada con:

- Los conceptos o definiciones de auditoría de mantenimiento, de acuerdo con la concepción de los autores respectivos.
- Los modelos de auditoría de mantenimiento propuestos por los investigadores que se analizarían, conservando un orden cronológico (2000-2024) para observar variantes relevantes en el desarrollo de estos conceptos y estándares aplicables.

## Proceso de búsqueda y selección

La búsqueda se realizó en WoS y Scopus, bases que funcionan bajo suscripción y albergan publicaciones tanto de acceso limitado como abierto. Dado que la búsqueda en ambas podría generar resultados coincidentes, se consideró únicamente uno de los registros duplicados.

## Diagrama de flujo del metaanálisis

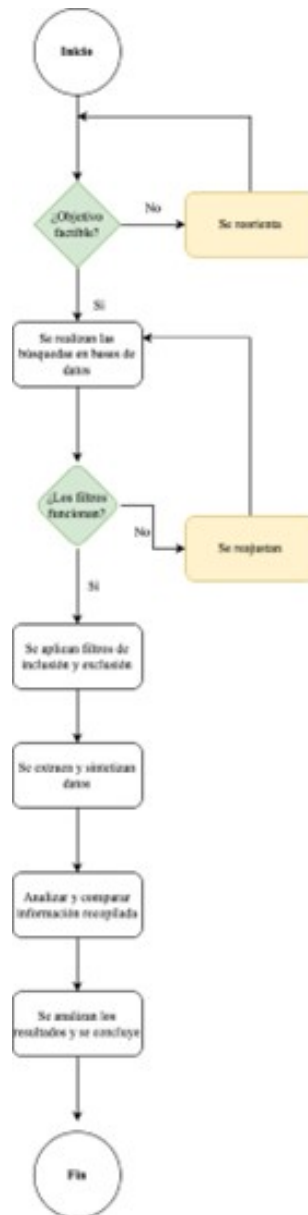
El proceso sistemático empleado se describe a continuación (figura 3):

- *Identificación del objetivo*: si el objetivo inicial no es factible, se reorienta. Una vez confirmada su viabilidad, se procede a búsquedas exhaustivas en WoS y Scopus.
- *Evaluación de filtros*: si los filtros no arrojan resultados esperados, se reajustan hasta lograr precisión y relevancia.
- *Aplicación de criterios de inclusión/exclusión*: selección cuidadosa de estudios que cumplan con estándares metodológicos.
- *Extracción y síntesis de datos*: consolidación de información para facilitar un análisis coherente.
- *Análisis comparativo*: identificación de patrones o discrepancias en los datos.
- *Conclusiones*: formulación de conclusiones basadas en evidencia para guiar la toma de decisiones en auditorías de mantenimiento industrial. Este enfoque metodológico garantiza la rigurosidad y relevancia de los hallazgos, a la vez que contribuye al conocimiento en la disciplina.

Asimismo, las interrelaciones con la temática en estudio pueden ser observadas en la figura 4, correspondiente a un mapa en el que se visualiza la red de palabras clave obtenidas en la base de datos [Scopus \(2024\)](#), en conexión con el concepto de auditoría de mantenimiento, en este caso en su equivalente en idioma inglés *maintenance auditing*. Las redes establecidas en torno al término en cuestión llevan a interrelacionarlo con conceptos como gerencia (*management*), toma de decisiones (*decisión-making*), gerencia de la información (*information management*) y costos (*costs*), entre otros. La figura 4 muestra que el mayor número de interconexiones está alrededor del término *mantenimiento*, y le siguen *auditoría*, *auditoría pública* e *información gerencial*.

## Resultados

Luego de emplear las palabras clave y las respectivas sintaxis de búsqueda, junto con la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión metodológicos, el análisis de resultados se



**Figura 3.** Diagrama de flujo para la captura de la información del metaanálisis

centró en plasmar de manera cronológica la información recabada de los artículos académicos, que se relacionó con los conceptos que los autores exponían sobre la *auditoría de mantenimiento* y los modelos empleados de manera regular.

En los resultados, se observó que la producción científica documental en esta materia no ha sido continua ni muy prolífica durante el lapso objeto de análisis. En la tabla 3 se sintetizan los resultados obtenidos de manera cualitativa y cuantitativa, cuyos hallazgos se analizan a *posteriori*.



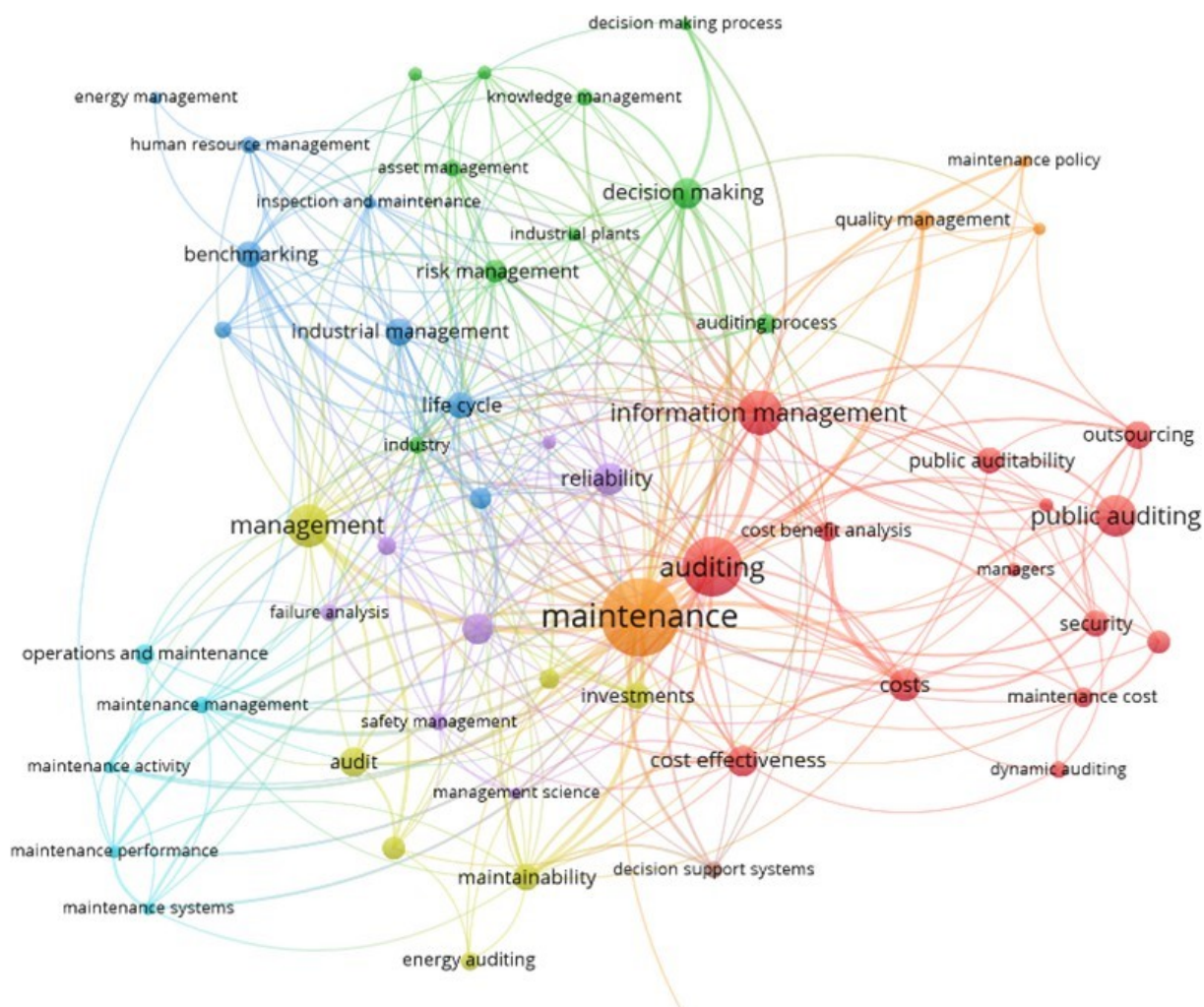


Figura 4. Red de palabras clave

Nota: tomado de [Scopus \(2024\)](#).

## El concepto de “auditoría de mantenimiento” en la literatura científica

De las revisiones de las publicaciones académicas, se extrajeron aquellas referencias relativas al concepto *auditoría de mantenimiento*. Para [Acosta Palmer \(2011\)](#), la auditoría de gestión de mantenimiento consiste en un examen objetivo y sistemático que busca evaluar una organización, midiendo aspectos como la eficiencia y eficacia en la planificación, control y uso de los recursos. Por su parte, [Sondalini \(2015\)](#), la define como una técnica específica basada en la recolección y análisis de información acerca de los procesos de mantenimiento, con el fin de posibilitar la detección de disconformidades y ejecutar las mejoras respectivas.

**Tabla 3.** Número de registros encontrados en diferentes bases de datos para dos palabras clave

Palabra clave	Web of Science (WoS)	Web of Science (WoS)	Scopus	Scopus	Registros
	Registros generales	Registros filtrados	Registros generales	Registros filtrados	
1. Auditoría de mantenimiento	157	04	113	05	09
2. <i>Maintenance auditing</i>	111	06	186	11	17

Asimismo, de acuerdo con [Rojas \(2015\)](#), la *auditoría de mantenimiento* implica una estrategia destinada a optimizar los resultados de mantenimiento, pues ofrece información pertinente que puede usarse como insumo para la toma de decisiones. Igualmente, [Galar y Kumar \(2016\)](#) indican que es un instrumento o herramienta que las organizaciones implementan de manera autogestionaria, con el objeto de adelantar el seguimiento, revisión y evaluación, y así tomar decisiones idóneas en la gestión. Al mismo tiempo, facilita el desarrollo de mecanismos tendientes a perfeccionar las acciones destinadas al control del mantenimiento, acorde con las normas internas y las leyes vigentes.

Para [Galar y Kumar \(2016\)](#), la *auditoría de mantenimiento* es una herramienta técnica para verificar el alcance de determinados indicadores vinculados a las medidas de referencia ideales, dentro de la gestión del mantenimiento. Por su parte, [Chang et al. \(2020\)](#) aseguran que se trata de una herramienta que abarca un conjunto de técnicas para determinar si las actividades en las áreas funcionales de la organización industrial o empresarial evidencian el cumplimiento de las normas correspondientes a la gestión del mantenimiento.

Por último, Parra [Márquez et al. \(2021\)](#) indican que la auditoría de mantenimiento incluye una serie de mecanismos configurados con el fin de evaluar los procesos esenciales incluidos en la gestión del mantenimiento, todo lo cual tiene una relación directa con la definición de los objetivos clave que se busca evaluar (tabla 4).

Como se puede inferir de las definiciones anteriores, la auditoría de mantenimiento ha sido concebida desde variadas dimensiones que la sitúan como proceso, técnica, herramienta e instrumento, cuyos fines son variados. En sus primeros momentos, tenía como objetivo ejercer un control más minucioso sobre las actividades de mantenimiento, usualmente desplegadas para verificar el estado de herramientas, maquinarias o equipos. En la actualidad, la tendencia

se orienta hacia la *auditoría de gestión de mantenimiento*, la cual, según señala [Stamboliska et al. \(2015\)](#), comprende el análisis de las políticas internas de la organización, al igual que los procedimientos y resultados de la gestión de mantenimiento, lo que lleva a identificar las áreas de mejora.

**Tabla 4.** Perspectiva del mantenimiento

Autor(es)	Definición	Aporte
<a href="#">García (2009)</a>	Actividad efectuada para comprobar cómo se gestiona el mantenimiento desde la perspectiva de la máxima disponibilidad al mínimo costo.	Incluye el principio de máxima disponibilidad.
<a href="#">Sondalini (2015)</a>	Técnica formal basada en el proceso de la recolección y análisis de información sobre los procesos actuales de mantenimiento y los sistemas de información usados para esos fines, en aras de detectar oportunidades de mejora.	Enfoca la AM como un proceso formal para encontrar soluciones a los problemas procedimentales del mantenimiento.
<a href="#">Rojas (2015)</a>	Importante herramienta para la revisión que facilita la mejora de los resultados de mantenimiento al colaborar en la toma de decisiones, gestión y control del mantenimiento.	Enfatiza la función de gestión de la AM e indica algunos de sus beneficios para la empresa.
<a href="#">Galar y Kumar (2016)</a>	Herramienta técnica para desarrollar la verificación del alcance de determinados indicadores vinculados con las medidas de referencia ideales, dentro de los procesos de la gestión de mantenimiento.	Remarca la importancia de escoger los indicadores de mantenimiento a evaluar, según el tipo de producción y el uso de métodos mixtos para efectuar la AM.

Chang <i>et al.</i> (2020)	Herramienta que abarca un conjunto de técnicas para determinar si las actividades en las áreas funcionales demuestran el cumplimiento de las exigencias, en lo que respecta a la gestión del mantenimiento.	Relaciona la auditoría de mantenimiento con un conjunto más amplio, como el de la gestión de mantenimiento.
Parra Márquez y Crespo (2020)	Mecanismo de evaluación de los procesos principales de la gestión del mantenimiento, el cual tiene una alta relación con la definición de los objetivos a evaluar.	Interrelaciona el proceso de auditoría con el de gestión de mantenimiento y el control en el logro de los objetivos organizacionales.
Espinoza <i>et al.</i> (2023)	Evaluación mixta del estado actual de la gestión del mantenimiento	Modelo de auditoría más flexible, mediante el proceso analítico en red, para ponderar criterios, identificación de áreas críticas y el enfoque de esfuerzos en las brechas detectadas

Según la perspectiva de Ben-Daya *et al.* (2009), la *auditoría de gestión de mantenimiento* es una práctica cada vez más recurrente, porque brinda la posibilidad de desarrollar planes de mejora continua para un sistema de mantenimiento. Esto supone mucho más que el aumento de la eficiencia y la eficacia de la planta, pues se pretende alcanzar una visión integradora del proceso.

Por su parte, Orozco *et al.* (2019) estiman que la gestión de mantenimiento, tal como se plantea en la actualidad, reviste una concepción que la convierte en un fundamento para las actividades de las empresas del sector industrial. Ello obedece a que se orienta en función de facilitar el resguardo de la disponibilidad de herramientas, equipos, maquinarias e instalaciones, para mantener las actividades empresariales dentro de márgenes óptimos de costos. Para ello, considera aspectos diversos como seguridad del personal; impacto de las actividades industriales sobre el medio ambiente; extensión de la estabilidad y durabilidad de los equipos; garantía de la calidad de los productos o servicios ofrecidos.

De las definiciones previas se pueden extraer ciertos elementos característicos en las concepciones relativas a la auditoría de mantenimiento, ya sea para diferenciarlas o para homologarlas entre sí. La filosofía y la práctica de la auditoría de gestión de mantenimiento involucran, entre otros principios, máxima disponibilidad al mínimo costo; detección de oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento; importancia para la toma de decisiones; procesos de verificación referidos al alcance de indicadores de estándares de mantenimiento (planificados, ejecutados y evaluados) (tabla 4).

**Modelos de auditoría de mantenimiento**

La auditoría de mantenimiento es compleja, detallada y constituye más que una simple estrategia o instrumento de gestión de mantenimiento. Como todo proceso, está conformada por fases o etapas, las cuales varían según las características propias de la organización (Galar *et al.*, 2011):

- La aplicación de instrumentos de recolección de datos.
- La asignación de medidas específicas, tomadas de indicadores numéricos previamente definidos.
- Varias etapas previas complementarias que se encuadran en modelos específicos (tabla 5).

**Tabla 5.** Auditoría de mantenimiento

Al-Za hrani (2001)	Se propone un modelo basado en seis esferas clave que se centran en la organización y su personal; medidas de rendimiento; planificación y programación del trabajo; rendimiento; tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), y gestión de los materiales.
Al-Muha isen y Santarisi (2002)	Utiliza un diagrama de red para estructurar y visualizar los indicadores de mantenimiento.
Clarke (2002)	Propone usar una mezcla de instrumentos cualitativos y cuantitativos, además de una herramienta de gráfico de radar.
Tavares (2003)	Utiliza el radar de mantenimiento para representar varias áreas y sus relaciones de dependencia.
Macián <i>et al.</i> (2010 )	Desarrolla un análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO ) para evaluar los indicadores de mantenimiento.

Galar <i>et al.</i> (2011)	Propone una combinación de aspectos cualitativos y cuantitativos, asignada a diferentes ponderaciones según los indicadores de desempeño de mantenimiento que están correlacionados.
Viveros <i>et al.</i> (2013)	Desarrolla un modelo que se compone de etapas que se desarrollan progresivamente, según el escenario de la organización junto con la incorporación de las TIC.
Carnero y Delgado (2008)	Utiliza la técnica multicriterio Macbeth (measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique) para la auditoría de indicadores de mantenimiento predictivo. Es un enfoque mixto que trabaja la jerarquía analítica difusa .
Mogollón y Piedad (2021)	Recomiendan una metodología basada en procesos de orden lógico, bajo un procedimiento de ejecución PHVA, también conocido como círculo Deming, mediante las fases: planificar, hacer, verificar y actuar, que comprenden el ciclo de auditoría para la mejora la calidad.

Asimismo, una auditoría de mantenimiento es una actividad que puede realizarse con distintos objetivos, como los descritos por Montilla (2019):

- Verificar procesos de autoevaluación de la gestión como gerente o jefe de mantenimiento.
- Valorar la administración del mantenimiento desarrollada por gerentes, jefes de mantenimiento o supervisores.
- Elaborar un primer diagnóstico de la función mantenimiento para iniciar la certificación de calidad.

Otra característica relevante es que la auditoría puede ser interna o externa, dependiendo del tamaño y complejidad de la organización. Es idóneo que las empresas contraten especialistas externos o grupos auditores con personal profesional competente en auditoría de mantenimiento, que desarrolle su trabajo según sistemas específicos al respecto (Sánchez y Calderón, 2013).

## Desarrollo de modelos de auditoría

Con la especialización en auditoría de mantenimiento, diversos teóricos han profundizado en sistemas. Viveros *et al.* (2020) y López *et al.* (2014) realizaron revisiones de los principales exponentes y sus propuestas (tabla 5).



Los modelos existentes plantean la necesidad de combinar adecuadamente técnicas y metodologías que se adapten a las condiciones particulares de cada organización. La tendencia actual integra indicadores cuantitativos y cualitativos de manera complementaria.

### ***Modelo de Viveros et al. (2013)***

Este patrón metodológico consta de siete etapas progresivas:

- Análisis de la situación actual: enunciación de objetivos, estrategias y responsabilidades.
- Jerarquización de equipos.
- Análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto.
- Diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios.
- Programación del mantenimiento y optimización de recursos.
- Evaluación y control de la ejecución.
- Análisis del ciclo de vida y posible renovación de equipos.

### ***Modelo AMORMS (Viveros et al., 2020)***

Este enfoque integral combina métodos cualitativos y cuantitativos para examinar rigurosamente todos los aspectos relevantes. Sus características clave incluyen:

- Acciones integrales que revisan indicadores cuantitativos y cualitativos.
- Etapas bien definidas, cíclicas y continuas.
- Contrastación de resultados con los objetivos organizacionales.

### ***Modelo de Mogollón y Piedmag (2021)***

Basado en la norma ISO 19011:2018, sobre gestión de activos, este método PHVA (planificar, hacer, verificar, actuar):

- Proporciona un ejercicio sistemático para los auditores.
- Permite ubicar elementos informativos clave.
- Facilita el diagnóstico de procesos a optimizar.
- Guía la toma de decisiones en mantenimiento.

Estos modelos evidencian la evolución hacia auditorías más integrales, en las que la combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos, junto con adaptaciones a normativas internacionales, facilita evaluaciones más completas de los sistemas de mantenimiento.

## Auditoría de mantenimiento en relación con la industria 4.0 y la inteligencia artificial

En apartados anteriores se mencionó cómo las crecientes necesidades, la tecnología y otros factores han transformado las metodologías y las líneas de pensamiento acerca de cómo abordar sistemáticamente el mantenimiento en las organizaciones; en virtud de ello, uno de los principales elementos transformadores se encuentra en la denominada industria 4.0, la cual es una revolución en la manera de desarrollar los procesos productivos manufactureros, con intervención de las nuevas tecnologías y oportunidades de transformación en los escenarios productivos (Santos *et al.*, 2020).

Por su parte, Turner *et al.* (2019) estiman que las actitudes de la industria se encaminan hacia la conectividad digital y la automatización en la fabricación, y plantean esa necesidad de comprender y adoptar el uso de la inteligencia artificial (IA) para comprender y maximizar la manufactura automatizada; además, aseguran que estas nuevas tecnologías tienen utilidades y perspectivas amplias para ser implementadas en el desarrollo de modelos de mantenimiento predictivo basados en la toma de datos y monitoreo remoto.

Para González *et al.* (2019) y Vahos *et al.* (2019), la auditoría de mantenimiento debe actualizar sus métodos en virtud de que la industria 4.0 es una realidad, ya que motiva la implementación de diversos programas automatizados y herramientas tecnológicas para los sistemas de gestión de mantenimiento.

Asimismo, las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) han producido el desarrollo de múltiples aplicaciones y programas que agilizan y flexibilizan los procesos; en ese particular, para los sistemas de gestión de mantenimiento se pueden emplear herramientas como *Computer Management Software Systems* (MMS), que consisten en productos informáticos que ayudan a las empresas a ejecutar sus operaciones de mantenimiento de manera eficiente (Parra, 2014). Al igual que el diagnóstico del modelo de gestión de activos, puede apoyarse en el uso del programa de hoja de cálculo Excel, con la adición de algoritmos para desarrollar análisis de criticidad y disponibilidad de equipos; lo cual reduce errores y facilita la auditoría de mantenimiento (Flores *et al.*, 2020). Ese tipo de enfoque está alineado con la visión integral de la gestión de activos, que articula mantenimiento, confiabilidad, riesgos y costos en todo el ciclo de vida del activo (Pérez Moreno, 2022).

En cuanto a la IA, algunos investigadores en este campo, como Nezamian y Burns (2020), han examinado la importancia y aplicaciones de su uso, y han concluido que posee un gran potencial a corto plazo para presentar soluciones ágiles en la gestión de activos y, sobre todo,

para optimizar la toma de decisiones. Por su parte, [Muñoz \*et al.\* \(2023\)](#) han explorado las implicaciones del uso de la IA en el campo; en ese sentido, han concluido que la IA permite resolver análisis complejos de manera más precisa; en consecuencia, proporciona más eficiencia a la labor de la auditoría.

Sin embargo, los mismos autores plantean que no debe pensarse en la IA como una herramienta todopoderosa que, en el corto y mediano plazo, sustituirá a las personas que se dedican a las auditorías de mantenimiento, sino que debe ser asumida como un instrumento que viene a facilitar el trabajo, a acortar los lapsos dedicados a la aplicación de las fases de la auditoría, al igual que a optimizar la eficiencia de esos procesos tan importantes para la industria, ya sea de índole tradicional o de industria 4.0 ([Muñoz \*et al.\*, 2023](#)).

En efecto, según [SAP Concur Team \(2024\)](#), la conjunción de la IA con la auditoría agrega una serie de ventajas como la automatización de tareas de este tenor; el análisis predictivo y detección de anomalías; la generación de informes y documentación; la mejora continua de la eficiencia; la precisión de la auditoría; entre otros beneficios.

Según [Pérez \(2020\)](#), la obsolescencia programada es un factor que no solo afecta la gestión del mantenimiento y el coste de la infraestructura industrial, sino también a las auditorías de mantenimiento. Esta estrategia empresarial desvirtúa el mantenimiento en sí mismo, ya que busca retirar un equipo de servicio no porque ya se encuentre agotada su vida útil efectiva, sino que se trata de una práctica impuesta desde el fabricante del activo, para aumentar la rentabilidad, en detrimento del usuario industrial que depende de dicho equipo para su proceso productivo. En consonancia, la Unión Europea ha promovido a través de las estrategias definidas en la política macro contra el cambio climático, la economía circular. Esta política refuerza las auditorías de mantenimiento al fomentar no solo la mejora en la mantenibilidad de los activos, sino también un uso óptimo del ciclo de vida de los sistemas auditados.

## Conclusiones

Una vez analizada la bibliografía sobre auditoría de mantenimiento, los métodos comúnmente empleados en el desarrollo de dichas auditorías y de la prospectiva que interrelaciona la auditoría de mantenimiento y la industria 4.0, al igual que con la inteligencia artificial (IA), ha sido posible concluir lo que se expone a continuación.

En primer término, se puede afirmar que las definiciones de *auditoría de mantenimiento* han transitado por diversos cambios en el lapso estudiado, los cuales se relacionan con las transformaciones suscitadas en el contexto de las concepciones, las teorías del mantenimiento y de la

auditoría, vistas como actividades por separado.

Se observó, en el curso de la revisión de material bibliográfico y las teorías asentadas en esos materiales, que también existen ciertas tendencias hacia la transición o superación de la concepción básica de auditoría de mantenimiento, vista como una actividad que busca estudiar las funciones de mantenimiento en función de eficacia, eficiencia, procesos y métodos, y en la cual los auditores tratan de comprobar cómo se gestiona el mantenimiento desde la perspectiva de la máxima disponibilidad al mínimo costo.

En esta línea, los diversos autores que han desarrollado la más reciente bibliografía plantean que las auditorías de mantenimiento son una herramienta de alcance amplio y desempeñan un papel estratégico en la gestión del mantenimiento. Este enfoque promueve la eficiencia operativa, el cumplimiento de estándares de calidad y una visión holística, integral y sistemática.

Se puede asegurar que las bases y la filosofía que dan perspectiva a la auditoría de mantenimiento y los modelos aplicables han evolucionado sensiblemente en las últimas décadas, mediante el impulso de los avances en ciencia, técnica y tecnología; capital humano cada vez más especializado; surgimiento de nuevos paradigmas gerenciales y de gestión de mantenimiento; desarrollos como la industria 4.0 y las aplicaciones de la IA, que incluyen prácticas más eficientes, lo cual abre nuevas posibilidades para que sean exploradas en un futuro inmediato.

## Referencias

- Acosta-Palmer, H. R., y Troncoso-Fleitas, M. de la C. (2011). Auditoría integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 107-118. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59442011000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442011000200003)
- Al-Muhaisen, M., y Santarisi, N. (2002). Auditing of the maintenance system of Fuhais plant/Jordan Cement Factories Co. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 62-76. <https://doi.org/10.1108/13552510210420595>
- Al-Zahrani, A. (2001). *Assessment of factors affecting building maintenance management auditing in Saudi Arabia* [Tesis de maestría]. King Fahd University of Petroleum and Minerals. <https://eprints.kfupm.edu.sa/id/eprint/10454/>
- Arens, A., Elder, R., y Beasley, M. (2007). *Auditoría, un enfoque integral*. Pearson Educación.
- Ben-Daya, M., Duffuaa Abdul Raouf, S. O., Knezevic, J., y Ait-Kadi, J. (2009). *Handbook of maintenance management and engineering*. Springer.

- Biler Reyes, S. A. (2017). Auditoría. Elementos esenciales. *Dominio de las Ciencias*, 3(n.º extra 1), 138-151. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5907383>
- Carnero, C., y Delgado, S. (2008). Maintenance audit by means of value analysis technique and decision rules. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 329-342. <https://doi.org/10.1108/13552510810909948>
- Castillo Calzadilla, T. (2011). Gestión de mantenimiento de la red hospitalaria del estado Anzoátegui, caso: Hospital Universitario "Dr. Luis Razetti". *Ciencia Ergo Sum*, 18(2), 153-163. <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7413>
- Chang Parrales, M. F., Villacrés Parra, S. R., Viscaino Cuzco, M. A., y Gallegos Londoño, C. M. (2020). Modelo de auditoría para evaluar la gestión de mantenimiento de activos físicos. *Conciencia Digital*, 3(1.2), 104-122. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i1.2.1189>
- Clarke, P. (2002). *Physical asset management strategy development and implementation*. Ponencia presentada en la International Conference of Maintenance Societies (ICOMS), Australian Corrosion Association.
- Clarivate. (2024). *Editorial selection process*. <https://clarivate.com/webofsciencegroup/journal-evaluation-process-and-selection-criteria/>
- Dattin, C. F. (2014). The practice of statutory auditing in France (1867-1935): The case of Pont-à-Mousson and Saint-Gobain companies. *Accounting History*, 19(3), 351-368. <https://doi.org/10.1177/1032373214536954>
- Espinoza, A. A. M., Sánchez, R. V., Piedmag, M., Cerrada, M., y Cabrera, D. (2023). Modelo de auditoría para la gestión del mantenimiento de activos físicos. Caso práctico: laboratorios mecánicos de la Universidad Ecuatoriana. En F. P. García Márquez, I. Segovia Ramírez, P. J. Bernalte Sánchez y A. Muñoz del Río (eds.), *IoT y ciencia de datos en la gestión de ingeniería. CIO 2022. Apuntes de las clases sobre ingeniería de datos y tecnologías de la comunicación* (vol. 160, pp. 1027-1035). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-27915-7\\_91](https://doi.org/10.1007/978-3-031-27915-7_91)
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D., y Remache-Vinueza, B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmérica*, 9(4), 27-34. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i4.340>
- Florián, C. (2021). *La auditoría, origen y evolución. ¿Por qué en Colombia solo se conoce a través de leyes?* Universidad Libre de Colombia.
- Galar Pascual, D., y Kumar, U. (2016). *Maintenance audits handbook: a performance measurement framework*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19139>

- Galar, D., Kumar, U., Aditya, P., y Berges-Mur, L. (2011). *Auditorías de mantenimiento*. Luleå University of Technology.
- García Garrido, S. (2009). *Auditorías de mantenimiento: qué son, para qué sirven, cómo realizarlas*. Editorial Renovetec.
- García Garrido, S. (2018). *Ingeniería de mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento*. Renovetec.
- González González, A., Leal Rodríguez, L. L., Martínez Caballero, D., y Morales Fonte, D. (2019). Herramientas para la gestión por procesos. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 15(28). <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v15i28.2681>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Lifetime Reliability Solutions. (2013). *Getting the utmost value from your maintenance audit, maintenance review and maintenance report*. [http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance-management/Maintenance\\_Audit\\_Maintenance\\_Review\\_Maintenance\\_Report.pdf](http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance-management/Maintenance_Audit_Maintenance_Review_Maintenance_Report.pdf)
- López Campos, M., Crespo Márquez, A., Viveros Gunckel, P., Kristjanpoller Rodríguez, F., y Stegmaier Bravo, R. (2014). Metodología para auditar la asignación de recursos a las actividades de mantenimiento. *DYNA Ingeniería e Industria*, 89(3), 89-97. <https://doi.org/10.6036/5819>
- Macián, V., Tormos, B., Salavert, J. M., y Ballester, S. (2010). Methodology applied for maintenance technical audit in urban transport fleets. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 16(1), 34-43. <https://doi.org/10.1108/13552511011030318>
- Manrique Plácido, J. M. (2019). *Introducción a la auditoría*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. [https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/14790/INTRODUCCION%20A%20LA%20AUDITORIA%20\(1\).pdf?sequence=3](https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/14790/INTRODUCCION%20A%20LA%20AUDITORIA%20(1).pdf?sequence=3)
- Mantilla Blanco, S. A. (2016). *Estándares/normas internacionales de aseguramiento de la información financiera*. Ediciones de la U.
- Mobley, R. K., Higgins, L. R., y Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance engineering handbook*. McGraw-Hill Professional.
- Mogollón, A., y Piedmag, M. (2021). *Modelo de auditoría para la gestión de mantenimiento de activos físicos. Caso de estudio: laboratorios del Área Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21079/1/UPS-CT009264.pdf>



- Montilla Galvis, O. D., y Herrera Marchena, L. G. (2006). El deber ser de la auditoría. *Estudios Gerenciales*, (98), 83-110. [https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/185](https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/185)
- Montilla Montaña, C. A. (2019). *Mantenimiento industrial y su administración*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mora Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor.
- Muñoz Abella, M. B. (2015). *Mantenimiento industrial*. Universidad Carlos III. [https://www.academia.edu/26982070/Mantenimiento\\_Industrial](https://www.academia.edu/26982070/Mantenimiento_Industrial)
- Muñoz Vargas, J. A., Villanueva Briceno, A. E., y Mendoza de los Santos, A. (2023). Inteligencia artificial en beneficio de la auditoría. *Revista Científica: Biotech and Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.52248/eb.Vol3Iss1.68>
- Nezamian, A., y Burns, I. (2020). Intelligent asset management budgeting and investment decisions for the portfolio of health services assets. En J. P. Liyanage, J. Amandi-Echendu, y J. Mathew (eds.), *Engineering assets and public infrastructures in the age of digitalization: Proceedings of the 13th World Congress on Engineering Asset Management* (pp. 147-155). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-48021-9>
- Orozco Murillo, W., Narváez Benjumea, J. G., García Gómez, W. U., y Quintero Rodas, A. F. (2017). Gestión de mantenimiento y producción más limpia en tres instituciones de salud de Medellín, Colombia. *Revista Ingeniería Biomédica*, 11(21). <https://doi.org/10.24050/19099762.n21.2017.1168>
- Pacheco Rodríguez, B. R. (2021). *Implementación de un sistema de gestión de calidad aplicando la norma ISO 9001:2015 para mejorar la gestión administrativa de la Empresa Naylamp Ingenieros S. A. C.* [Trabajo de grado, Universidad Continental]. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9441/4/IV\\_FIN\\_108\\_TE\\_Pacheco\\_Rodriguez\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9441/4/IV_FIN_108_TE_Pacheco_Rodriguez_2021.pdf)
- Parra Garrido, R. (2014). Herramienta tecnológica como apoyo a auditoría interna: diagnóstico y propuesta. Caso estudio: Brinks Chile S. A. *Revista Summa de Arithmetica*, 4, 87-102. <https://doi.org/10.11565/sda.v1i4.41>
- Parra Márquez, C., y Crespo Márquez, A. (2020). *Técnicas de auditoría aplicadas en los procesos de gestión del mantenimiento y de la confiabilidad*. Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10169.60003>

- Parra Márquez, C., Viveros Gunckel, P., Kristjanpoller Rodríguez, F., Crespo Márquez, A., y González-Prida Diaz, V. (2021). Audit and diagnosis in asset management and maintenance applied in the electrical industry. *DYNA*, 96(3), 238-238. <https://doi.org/10.6036/10037>
- Pérez Moreno, V. M. (2020). Fundamentos terotecnológicos para reemplazo de equipos industriales en la gestión de activos. *Revista Ingeniería Industrial*, 19, 1-15. <https://doi.org/10.22320/s07179103/2020.04>
- Pérez Moreno, V. M. (2022). Metodología para administración de falla, desgaste y obsolescencia en gestión de activos industriales. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 99-119. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.925>
- Pérez Rondón, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Ediciones USTA. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Perilla, D. M. (2017). *Auditoría financiera y contable*. Fundación Universitaria del Área Andina.
- Raouf, A. (2009). Maintenance quality and environmental performance improvement: an integrated approach. En M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa Abdul Raouf, J. Knezevic, y J. Ait-Kadi. *Handbook of maintenance management and engineering* (pp. 649-664). Springer.
- Rojas, J. (2015, agosto 3). Auditoria de mantenimiento [Presentación diapositivas]. *Prezi.com*. [https://prezi.com/w376mr\\_mrcmx/auditoria-de-mantenimiento/](https://prezi.com/w376mr_mrcmx/auditoria-de-mantenimiento/)
- Rossi [usuario]. (4 de enero de 2013). Mantenimiento industrial. *El mundo de la ingeniería industrial*. <https://rochichan.blogspot.com/2013/01/mantenimiento-industrial.html>
- Sánchez, J., y Calderón, V. (2013). Auditoría a la etapa de planificación y diseño del proceso de compensación. *Estudios Gerenciales*, 29(127), 139-150. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2013.05.002>
- Sandoval Morales, H. (2012). *Introducción a la auditoría*. Red Tercer Milenio. [https://www.aliat.click/BibliotecasDigitales/economico\\_administrativo/Introduccion\\_a\\_la\\_auditoria.pdf](https://www.aliat.click/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Introduccion_a_la_auditoria.pdf)
- Santos, J. P., Schmidt, S., & Asthon, M. S. (2020). Indústria 4.0 como estratégia de inovação. *Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão (CNEG)*, 16(1), 1-15. <https://www.semanticscholar.org/paper/862323a84d48b7579d45e7e6f0e49fd650554b4d>
- SAP Concur Team. (2024, febrero 6). *Fraude y cumplimiento. Inteligencia artificial en la auditoria de procesos administrativos: ¿cómo mejora este proceso?* <https://www.concur.co/blog/article/inteligencia-artificial-en-la-auditoria-de-procesos-administrativos-como-mejora-este>

- Scientific Papers. (2024, mayo 14). *Best scientific databases in 2024*. <https://spapers.eu/en/blog/best-scientific-databases-in-2024>
- Scopus (2024). *Scopus: comprehensive, multidisciplinary, trusted abstract and citation database*. <https://www.elsevier.com/products/scopus>
- Sondalini, M. (2015). Structure your maintenance audit so that it uncovers both your maintenance problems and your new maintenance improvement opportunities. *Lifetime Reliability*. <http://www.lifetime-reliability.com/cms/tutorials/maintenance-management/content-and-structure-of-maintenance-audit/>
- Stamboliska, Z., Rusiński, E., y Moczko, P. (2015). Maintenance management and applied strategies. En E. Rusiński y D. Pietrusiak (eds.), *Advanced mechanics and biomechanics: selected papers from the 4th International Conference* (pp. 15-27). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10494-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10494-2_2)
- Sullivan, G. P., Pugh, R., Melendez, A. P., y Hunt, W. D. (2002). *Operations & maintenance best practices. A guide to achieving operational efficiency*. Pacific Northwest National Laboratory. [https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical\\_reports/PNNL-13890.pdf](https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-13890.pdf)
- Tavares, L. (2003). *Auditorías de mantenimiento*. Ponencia presentada en el Primer Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento, México. <https://www.mantenimientoplanificado.com/gerardo%20trujillo%20noria/lourival%20AUDITORIA%20MANTENIMIENTO.pdf>
- Turner, C. J., Emmanouilidis, C., Tomiyama, T., Tiwari, A., y Roy, R. (2019). Intelligent decision support for maintenance: an overview and future trends. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 32(10), 936-959. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1667033>
- Vahos, J. D., Pino, A. A., y Castro Maldonado, J. J. (2019). Desarrollo de una herramienta de software para la gestión del mantenimiento de infraestructura en el SENA, regional Antioquia. *Revista CINTEX*, 24(1), 13-19. <https://doi.org/10.33131/24222208.331>
- Vega, E. (2023, septiembre 21). ¿Qué son las limitaciones de la investigación? *Medium*. <https://medium.com/@envervega/qu%C3%A9-son-las-limitaciones-de-la-investigaci%C3%B3n-c0c9307177b9>
- Viveros Gunckel, P., Kristjanpoller Rodríguez, F., Parra Márquez, C., Crespo Márquez, A., y González-Prida Díaz, V. (2020). Modelos de auditoría para la gestión de activos, mantenimiento y procesos de confiabilidad. Caso de estudio: sector de transmisión de electricidad. *DYNA Management*, 8(1). <https://doi.org/10.6036/MN9826>

- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., y Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>
- Yalçın, N. (2023). A review of published works on auditing history. *Journal of Business Research-Turk*, 15(2), 834-847. <https://doi.org/10.20491/isarder.2023.1621>

