

Auditoria de gestión de la calidad en el mantenimiento con enfoque multicriterio

Infante-Haynes, Ángel Eugenio; Suarez-Pérez, Zoilo Bienvenido; Castillo-Pantoja, Hiovanis; Leyva-Velázquez, Alexei

Auditoria de gestión de la calidad en el mantenimiento con enfoque multicriterio

Ciencias Holguín, vol. 28, núm. 4, 2022

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Holguín, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181574283003>

Esta licencia permite a otros entremezclar, ajustar y construir a partir de su obra con fines no comerciales, y aunque en sus nuevas creaciones deban reconocerle su autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Auditoria de gestión de la calidad en el mantenimiento con enfoque multicriterio

Maintenance quality management audit with a multi-criteria approach

Ángel Eugenio Infante-Haynes
Universidad de Holguín, Cuba
ehaynes@uho.edu.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-8835-1117>

Zoilo Bienvenido Suarez-Pérez
Universidad de Holguín, Cuba
zsuarez@uho.edu.cu

 <https://orcid.org/0000-0002-4196-0513>

Hiovanis Castillo-Pantoja
Universidad de Holguín, Cuba
sotosilva74@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0091-0904>

Alexei Leyva-Velázquez
Universidad de Holguín, Cuba
alexeylv22@proton.me

 <https://orcid.org/0000-0002-5665-4623>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181574283003>

Recepción: 19 Julio 2022

Aprobación: 22 Agosto 2022

Publicación: 30 Octubre 2022

RESUMEN:

Es objetivo del presente trabajo mostrar una metodología para cuantificar los resultados que permite identificar las principales deficiencias de la gestión de mantenimiento con la aplicación de la modelación matemática multicriterio AHP, que contribuye a la cuantificación de los resultados de la auditoría de calidad, que hasta al presente solo se evalúan los requisitos declarados del sistema y sus correspondientes hallazgos y no conformidades como salidas. Las bases de datos fueron obtenidas en las propias instalaciones mediante entrevistas, revisión de documentos y observación de los procesos por los expertos. Se realiza el proceso de ponderación matemática que da la evaluación de resultados cuantitativos de la actuación y desempeño de las áreas claves con la gestión del sistema, con la oportunidad de mejorar y redireccionar los recursos humanos, materiales y financieros en la toma de decisiones de la alta dirección Unidad Empresarial Base Producciones Especiales de la Empresa de Holguín.

PALABRAS CLAVE: Gestión, auditorías al mantenimiento, método multicriterio.

ABSTRACT:

The objective of this paper is to present a methodology to quantify the results that allows identifying the main deficiencies of maintenance management with the application of the AHP multi-criteria mathematical modeling, which contributes to the quantification of the results of the quality audit, which even at Here only the stated system requirements and their corresponding findings and nonconformities are evaluated as outputs. The databases were obtained in the facilities themselves through interviews, review of documents and observation of the processes by the experts. The mathematical weighting process is carried out that gives the evaluation of quantitative results of the action and performance of the key areas with the management of the system, with the opportunity to improve and redirect the human, material and financial resources in the decision making of the company. senior management business Unit Base Special Productions of the Holguín Company.

KEYWORDS: Management, Maintenance audits, Multicriteria method.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento en la Industria 4.0, surge en Alemania durante el año 2011, cuando el Gobierno y el sector Empresarial, conforman un grupo de investigación para encontrar un marco común que permitiera la aplicación de las nuevas tecnologías, entregando su primer informe en el 2012, que luego fue presentado en público durante la Feria de Hannover en 2013. Así inicia el paradigma de lo que hoy se conoce como la cuarta revolución industrial (Candanedo, et al., 2018).

“En la industria, se estima que la identificación temprana y la solución de problemas antes de que ocurran pueden ahorrar un 40% en costes de mantenimiento” (Zhang et al., 2019). La industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de producción, permitiendo incrementar el ciclo de vida del motor o de la máquina apoyado por las nuevas tecnologías de la información. Entre los aspectos principales para apostar por la industria 4.0 son: El tiempo dedicado al mantenimiento se reduce hasta en un 50%, Aplicación de técnicas sofisticadas de monitoreo, aplicación de sensores es una manera segura de llevar control de los equipos e incrementar la rentabilidad en corto plazo.

La implementación de este tipo de mantenimiento permite a las empresas procesos más eficientes, incrementar el valor agregado en sus productos y servicios, mayor competencia nacional e internacional (Dueñas Ramírez et al., 2021).

La auditoría en función de sus objetivos en esta organización, comprobó, que los trabajos se realizaran en el tiempo planificado, que los mismos posean la calidad requerida, que exista un uso adecuado de los recursos asignados y que de acuerdo a las actividades programadas exista una correspondencia de recursos materiales, humanos, financieros y tecnológicos, verificar que la operación de equipos e instalaciones sea segura, ambientalmente aceptable y brinde la máxima eficiencia, eficacia y funcionalidad.

La necesidad de un procedimiento de auditoría para la evaluación de la calidad del mantenimiento con estas salidas, que le permita realizar la evaluación de la gestión de mantenimiento cuantitativamente, puesto que los criterios tomados en cuenta para esa actividad son insuficientes, verificándose solamente las listas de chequeo de los equipos y aplicándose solo tres indicadores: eficiencia del taller, por ciento de órdenes rechazadas y satisfacción del cliente, además se desconoce por parte de la entidad las herramientas para evaluar la gestión del mantenimiento.

Es objetivo de esta investigación el diseño y realización de una auditoría a la calidad a la gestión del mantenimiento mediante el diseño de un procedimiento con enfoque multicriterio para la toma de decisión y direccionar eficientemente los recursos humanos, materiales y financieros, en la UEB Producciones Especiales de la Empresa Cárnica de Holguín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante amplia revisión en la investigación de los fundamentos teóricos del proceso de auditoría tanto internas como externas a los sistemas de mantenimiento, se seleccionó el procedimiento de Acosta-Palmer (2012), profesor del centro de estudio de Ingeniería del mantenimiento de la CUJAE, con la modificación de la introducción de métodos matemáticos multicriterio, primero la utilización de la media geométrica propuesta por Saaty (1987), para unificar los pesos de los criterios y luego el Análisis Jerárquico de Procesos, para la evaluación de las dimensiones, producto del juicio emitido por los expertos. El procedimiento propuesto está compuesto de varias etapas de trabajo como se muestra a continuación:

1. Estudio y familiarización de la organización objeto de estudio.
2. Organización del trabajo.
3. Obtención de la información.
4. Evaluación cuantitativa y cualitativa.

5. Introducción de los métodos matemáticos multicriterios (AHP) para la nueva propuesta de pesos a las áreas funcionales
6. Análisis de resultados.
7. Informe final y recomendaciones.

Descripción de las etapas de trabajo del proceso de la auditoria:

Estudio y familiarización: Constituye el trabajo de terreno que permitirá a los inspectores conocer in situ la instalación y su situación real, recopilando los conocimientos que modelaran el cuestionario valorativo y las encuestas a realizar, así como trazar la estrategia y dirección de las acciones.

Organización del trabajo: Proceso de planificación donde se elabora un Plan de Trabajo y un Cronograma de Ejecución, los cuales se analizan con el Gerente de la organización o su representante y, una vez aprobados, son de estricto cumplimiento por todas las partes.

Obtención de información: consiste en desarrollar, a través de la técnica de recolección de información, las entrevistas personales, encuestas, comprobaciones, observaciones y revisión exhaustiva de documentos (Planes de Trabajo, plan de Mantenimiento Preventivo, Plan de reparaciones, Análisis de costos, etc.). Esta etapa brindará la información necesaria para evaluar el estado de la Gestión de Mantenimiento en la instalación.

Evaluación cuantitativa y cualitativa: una vez, debidamente organizada y clasificada la información obtenida producto de las encuestas, entrevistas, observaciones y revisión de documentos, el equipo controlador procederá a evaluar el trabajo, tanto cuantitativa como cualitativamente.

Introducción de Métodos Matemáticos Multicriterio (AHP): Se utilizarán los métodos matemáticos para la nueva ponderación de cada área de funcionales, siendo esta una nueva meta, estableciéndose un nivel de comparación con la meta o patrón evaluado en las dos corridas.

Análisis de resultados: con los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los problemas que presenta la organización se analiza el estado de la Gestión de Mantenimiento. Se establece comparaciones con patrones estandarizados de sectores líderes, normativas tanto nacionales como internacionales y si procediera, con la propia organización en etapas anteriores u otras evaluaciones similares.

Informe final y Recomendaciones: el informe indica, con expresión numérica, las áreas que requieren mayor atención, en él se agrupan los puntos débiles, se apuntan las acciones correctivas de manera que sirva de ayuda a los directivos de la organización a establecer sus objetivos y las oportunidades de mejora.

Evaluación cuantitativa: Esta impone hacer un alto para escrutar en lo más profundo de tal manera que permita identificar las deficiencias e insuficiencias que frenan el desarrollo de la actividad. Para convertir estas debilidades en oportunidades de mejora, primero hay que estar convencidos de ellas y no hay mejor instrumento que una evaluación cuantitativa en que la causalidad es un concepto objetivo y la casualidad no funciona como argumento holístico.

Modelo matemático propuesto: para la evaluación cuantitativa. En la tabla 1 se muestra una propuesta de modelo que facilita la operación de cálculo. En la columna A, se ponderan sobre 100 la importancia y repercusión relativas de cada área respecto al total de la gestión de mantenimiento, como se muestra en la ecuación 1 y 2.

Ponderación de las funciones

En la columna B de la tabla 1 se ponderan sobre 100 las funciones dentro de cada área según su importancia y repercusión relativas.

Tratamiento de Datos

A continuación, se operan los datos de las columnas A, B y C en las columnas D y E según se indica en los respectivos encabezamientos de cada columna. Expresiones 1 y 2. Los valores de la columna C se obtienen calculando el porcentaje de cumplimiento de los componentes de cada función, para ello se tiene en cuenta la calificación obtenida y el patrón propuesto. Por ejemplo un área de actuación que tenga 4 componentes y en cada uno de ellos se puede obtener como máximo 5 puntos, significa que el 100% es 20, si la calificación

real suma 18 puntos, entonces se calcula el porcentaje de cumplimiento que sería 85%, como la columna C presenta una escala de uno a diez, donde 1 es pésimo y 10 es excelente, entonces el porcentaje obtenido se divide entre diez y ese es el valor que se coloca en la columna C.

TABLA 1
Ponderación de cada área de actuación y sus funciones

Tabla 3.3 Ponderación de funciones de cada área de actuación y sus funciones. Fuente: Fabrès, J. L. Auditoría de Gestión de Mantenimiento. Revista Mantenimiento, Chile, No. 6, 1991

A	Áreas de Actuación	B	C										D	E
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	Organización General	100												
	Política	20												
	Informática	10												
	Reportes	40												
	Almacenes	30												

Fabres L, 1991

Las valoraciones obtenidas para cada área en la columna D y del total final de la columna E de la tabla 1 se tiene una medición en expresiones numéricas del resultado de la auditoría. Estas calificaciones constituyen su análisis espectral y pueden servir tanto para identificar áreas y funciones de mejora como para comparar resultados con sucesivas auditorías.

Definición de las áreas de actuación, sus funciones y sus respectivos pesos.

Acosta-Palmer (2011), encontró más apropiado para la definición de los pesos, el método Delphi, el método consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a aspectos de su competencia. Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas, anónimas, al objeto de tratar de conseguir consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Posteriormente se presentan de manera clara una descripción de cada una de las áreas de actuación que integran la función mantenimiento y las funciones asociadas a cada una de ellas. Estas son: Organización general, Recursos humanos, Control económico, Planificación y control e Ingeniería de mantenimiento.

Posterior de concluir esta parte, se introducen los métodos matemáticos multicriterios para la una nueva evaluación lingüística, convocando nuevamente a los expertos, por lo que se utilizó el método Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), con el objetivo de encontrar nuevas ponderaciones y comparar con los propuestos Acosta-Palmer (2011)

Posteriormente se desarrolla las siguientes etapas del método:

1. La evaluación de cada dimensión en busca del peso o ponderación para evaluar cada alternativa, donde se aplicó la escala Saaty con las categorías de igual, moderada, fuerte, muy fuerte o demostrada y extrema (Escala Saaty 2007) Ver figura 1.
2. Se definen previamente se define el índice de consistencia, $IC = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$ y la relación de consistencia, $RC = IC / RI$; donde RI es un promedio de los índices de consistencia de una gran muestra de matrices cuyas entradas se escogen de forma aleatoria. (Saaty, 1986) obtuvo los siguientes resultados para RI, La experiencia (Saaty y Vargas, 2006); (Saaty, 2005) sugiere que la relación de consistencia debe ser menor a 0.1 para que los resultados sean confiables.

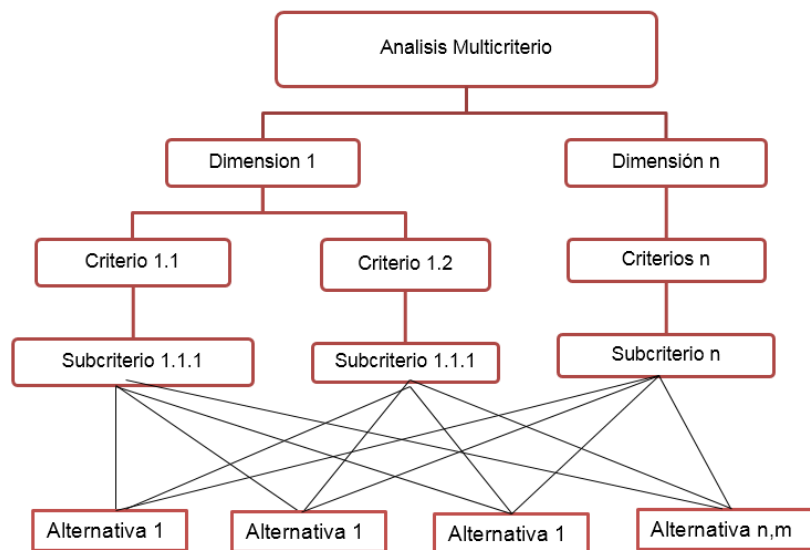


FIGURA 1
Jerarquía propuesta por Saaty, 2007

RESULTADOS

Los resultados de cada una de las áreas de estudios y el consolidado de todas las entidades de las Empresas. Siguiendo el algoritmo del proceder, primeramente como se enuncio en el procedimiento se procedio a consolidar el instrumento realizado, la encuesta y para ello se utilizó la media geometrica, antes propuesta por Saaty, esta tecnica es mucho más eficiente que utilizar la media o el promedio, asi como se introducen los resultado de la media geométrica en la columna C (Tabla 1), consolidandose el resultado final para las areas seleccionadas para las 5 dimensiones solicitadas y las areas de actualicion de cada dimension.

En la tabla 2, se muestra la puntuación obtenida por cada una de las alternativas de acuerdo a cada dimensión, estos datos cuantitativos nos servirán para la evaluación pareada en la aplicación del método AHP.

TABLA 2
Datos cuantitativos de las alternativas en dependencia de las dimensiones.

Dimensiones	Metas	Áreas objeto de Auditorias		
		Empacadora	Comercializadora	Orestes Acosta
Organización general del Matto.	18	16.75	17.4	12.77
Recursos humanos.	9	7.98	8.64	6.88
Control Económico.	13	12.84	12.63	11.11
Planificación, programación y control.	28	25.69	27.02	21.87
Ingeniería de mantenimiento.	32	28.36	30.51	24.06

A partir de este proceso de la valoracion de los datos se procede aplicar la selección multicriterios aplicando el “Método Análisis Jerárquico de Procesos”, teniendo en cuenta que tenemos tres alternativas con múltiples

criterios. Considerando las alternativas consideradas son: Área de Empacadora, Área de Comercialización y el Área de Producción Orestes Acosta. Las dimensiones a tener en cuenta para su evaluación fueron los siguientes.

1. Organización general del mantenimiento.
2. Recursos humanos.
3. Control Económico.
4. Planificación, programación y control.
5. Ingeniería de mantenimiento.

Siguiendo el proceso de evaluación pareada, se puede apreciar la ponderación dada por los expertos de cada dimensión, todo esto comparado con la media, con el objetivo de encontrar la mejor combinación, en la evaluación, que garantice un índice de consistencia menor que 0.10, de esta forma se encuentran los pesos de cada elemento, que fue comparado con la meta o patrón antes elegido, esta nueva meta, fue propuesta para estudios posteriores en este procedimiento, debido a que supera el alcance antes declarado.

En la tabla 3, se muestra como la evaluación dada es introducida al miniexpert choice para buscar cual de las evaluaciones dadas por los expertos tiene un menor índice de consistencia, menor que 0.10, de igual forma mediante el uso de la media geométrica también es posible encontrar un valor próximo, no al promedio, sino al valor óptimo para ser introducido al software (Mini Expert choice)

Posteriormente de encontrar los pesos de cada dimensión se pudo garantizar el nivel de consistencia en los juicios de los expertos, dado que su resultado fue del 10 %, es decir menor o igual a 0.10.

Tomando como referencia nuevamente los resultados obtenidos en la evaluación de cada encuesta, tabla 3, se debe destacar que la dimensión de organización disminuye en la nueva evaluación en diez unidades, los recursos humanos, para los expertos tiene mucha importancia es el hombre quien finalmente se encarga de la producción, estando en el centro de los procesos, aumenta igualmente el control económico, sin economía certificada, no existe credibilidad en los resultados de la producción, disminuye la planificación y la programación, sin embargo se le concede gran importancia igualmente a la ingeniería del mantenimiento.

TABLA 3
Propuesta de nueva meta para nuevos análisis

Dimensiones	Metas	Meta Nueva	Áreas objeto de Auditorías		
			Empacadora	Comercializadora	Orestes Acosta
Organización general del mantenimiento.	18	8.4	16.75	17.4	12.77
Recursos humanos.	9	23.4	7.98	8.64	6.88
Control Económico.	13	16	12.84	12.63	11.11
Planificación, programación y control.	28	6.1	25.69	27.02	21.87
Ingeniería de mantenimiento.	32	46.1	28.36	30.51	24.06

Para concluir con el método se evaluó las alternativas en las 3 áreas, respecto a cada criterio y obtenemos los datos, primero para la dimensión y la consistencia en la gestión del sistema de mantenimiento, dando como resultados que juegan un papel preponderante todas las actividades ligadas al desempeño del capital humano como se muestra a continuación:

- Organización general del mantenimiento, que da un nivel de consistencia de la gestión de 0.16
- De los Recursos humanos con nivel de consistencia de la gestión de 0.18
- De la Planificación, programación y control con nivel de consistencia de la gestión de 0.19

Quedando claro con aplicación del método(AHP) la consistencia numérica en el proceso de gestión del Sistema de mantenimiento los índices de consistencia de cada dimensión y de cada área de actuación y funciones declaradas.

CONCLUSIONES

El presente método, ejecutado y probado en la empresa Cárnica de Holguín contribuye al proceso de calidad y fiabilidad de las auditorías de los sistemas de gestión del mantenimiento por la cuantificación de los resultados, contribuyendo a la transversalidad y generalización los resultados del proceso de estandarización y aplicación de este proceso en otras organizaciones. Considera el método como un proceso de innovación organizacional en los temas de sistemas de gestión empresarial.

Se validó el diseño y aplicación del procedimiento con enfoque multicriterio para la ayuda a la toma de decisión para la realización de una auditoría y evaluación de la gestión de la calidad del mantenimiento. El mismo nos dio el estado de la gestión y sus fortalezas y debilidades en las áreas auditadas calificando de mejor resultado en la gestión de mantenimiento el área de Comercializadora, seguida de Empacadora y Producciones Oreste Acosta por el comportamiento en sus dimensiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Palmer, H. R., y Troncoso-Fleitas, M. d. I. C. (2011). Auditoria integral de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, un análisis objetivo. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 107-118.
- Candanedo, I. S., González, S. R., y Muñoz, L. (2018). Diseño de un modelo predictivo en el contexto Industria 4.0. *KnE Engineering*, 543-551.
- Dueñas Ramírez, L. M., Villegas López, G. A., Castiblanco Tique, S., y Castaño Restrepo, C. A. (2021). Casos de éxito en la implementación del mantenimiento predictivo mediante el uso de tecnologías de la industria 4.0 en empresas colombianas.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management Science*, 32(7), 855.
- Saaty, T. L. (2005). *Theory and applications of the analytic network process: decision making with benefits, opportunities, costs, and risks*: RWS publications.
- Saaty, T. L., y Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process* 282: Springer.
- Saaty, T. L., Peniwati, K. y Shang, J. (2007). The analytic hierarchy process and human resource allocation: Half the story. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.010>
- Salas-Hernandez, I. Z., Sagbini-Henriquez, H. S., y Salazar-Araujo, E. J. (2019). Emprendimiento y trabajo informal de migrantes venezolanos, caso Barranquilla 2015-2018. *Revista Científica Profundidad*. <https://doi.org/10.22463/24221783.2579>
- Zhang, S., Zhou, E., Pi, B., Sun, J., Yamashita, K., y Nomura, Y. (2019). *A solution for the risk of non-deterministic transactions in hyperledger fabric*. Paper presented at the 2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC).