

05

Fecha de presentación: febrero, 2024
Fecha de aceptación: junio, 2024
Fecha de publicación: septiembre, 2024

DETERMINACIÓN DE VARIABLES

PARA LA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS EMPRESAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN CUBA

DETERMINATION OF VARIABLES FOR THE EVALUATION OF THE MAINTENANCE MANAGEMENT OF WATER AND SEWER COMPANIES IN CUBA

José Raúl Orosa Almeida ¹

E-mail: dgeneral@esbh.ays.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6181-6749>

Sergio Abel Rodríguez Sigarreta ²

E-mail: sergioaro@ind.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3547-9977>

Daniel Alfonso Robaina²

E-mail: dalfonso@ind.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2741-5885>

Salvador Muñoz Gutiérrez ²

E-mail: salvadorcmg1955@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0537-2738>

Rogej A. Marrero Hernández ^{2*}

E-mail: rmhernande@ind.cujae.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9080-8497>

¹ Empresa de Saneamiento Básico de la Habana (ESBH). Cuba.

² Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echevarría". Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Orosa Almeida, J. R., Rodríguez Sigarreta, S. A., Alfonso Robaina, D., Muñoz Gutiérrez, S., y Marrero Hernández, R. A. (2024). Determinación de variables para la evaluación de la gestión de mantenimiento de las empresas de acueducto y alcantarillado en Cuba. *Universidad y Sociedad* 16(5), 53-65.

RESUMEN

El mantenimiento tiene como objetivo principal apoyar el funcionamiento de los equipos (activos) dentro de los sistemas o procesos, con el fin de mantener al máximo sus capacidades y las funciones que se desarrollan en la industria. Por lo que el mantenimiento es un proceso importante en cualquier entidad y su gestión necesita ser medida para lograr cerrar el ciclo de mejora continua descrito por Deming y que actualmente según la norma ISO 9000:2000. El objetivo de esta investigación fue determinar las variables que permiten evaluar la gestión del mantenimiento. Este análisis se realiza a partir de una revisión bibliográfica sobre las herramientas de diagnóstico de la gestión del mantenimiento. Como resultados se obtiene la determinación y validación de estas variables en las Empresas de Acueducto y Alcantarillado pertenecientes al sector hidráulico, lo que permite tomar decisiones a los gestores del mantenimiento de la entidad objeto de estudio, al tener identificadas las métricas que se ajustan a este sector. Estas métricas serán empleadas con el apoyo de los métodos existentes basados en Métodos Multicriterio para la evaluación de la gestión de este proceso. En el desarrollo de este trabajo se aplicaron técnicas, métodos y herramientas propias del campo de la investigación como son: Métodos teóricos, empíricos y estadísticos, donde se encuentran dentro de los más destacados el análisis y síntesis, cuestionarios y método Delphi por rondas, respectivamente.

Palabras clave: Diagnóstico, Gestión de mantenimiento, Validación, variables.

ABSTRACT

The main objective of maintenance is to support the operation of the equipment (assets) within the systems or processes, in order to maintain their capacities and the functions that are developed in the industry to the maximum. Therefore, maintenance is an important process in any entity and its management needs to be measured in order to close the cycle of continuous improvement described by Deming and currently according to the ISO 9000:2000 standard. The

objective of this research was to determine the variables that allow evaluating maintenance management. This analysis is carried out from a bibliographical review on maintenance management diagnostic tools. As results, the determination and validation of these variables is obtained in the Aqueduct and Sewerage Companies belonging to the hydraulic sector, which allows the maintenance managers of the entity under study to make decisions, by having identified the metrics that are fit this sector. These metrics will be used with the support of existing methods based on Multicriteria Methods for the evaluation of the management of this process. In the development of this work, techniques, methods and tools typical of the field of research were applied, such as: Theoretical, empirical and statistical methods, where analysis and synthesis, questionnaires and the Delphi method by rounds, respectively, are among the most prominent.

Keywords: Diagnosis, Maintenance management, Validation, Variables.

Introducción

El desarrollo prolongado de la capacidad industrial de los países conlleva a cambiar la visión que se tenía hasta el momento de lo que se conocía como mantenimiento industrial (Marrero-Hernández et al., 2019). Las antiguas técnicas basadas en observaciones periódicas y en las experiencias de los procesos y equipos, fue cambiada por los análisis de información, estrategias y planes de mantenimiento que utilizan nuevos esquemas operativos, procedimientos que hoy se conocen como gestión de activos (Castaño, 2011; Marrero et al., 2022).

La Gestión de Activos según la norma NC ISO 55001 (2015) se define como, un conjunto de actividades, prácticas coordinadas y sistemáticas a través de las cuales una organización maneja óptima y sustentablemente sus activos y sistemas de activos, su desempeño, riesgos y gastos asociados a lo largo de sus ciclos de vida con el propósito de lograr su plan estratégico organizacional (Duran & Sojo, 2008).

Estas nuevas estrategias buscan asegurar los recursos para mantener la disponibilidad de los equipos, su funcionalidad sin ocasionar paradas imprevistas y la efectividad en las acciones que se necesitan para lograr recuperar el funcionamiento del activo. En general, los análisis y estrategias de mantenimiento se han encargado de observar variables controladas, para la ejecución de tareas específicas e individuales (Espinell, 2014), sobre los activos. La gestión de activos se tiene en cuenta a partir del ciclo de vida de estos activos, donde se planifican, hacen, verifican y controlan cada una de estas etapas de este ciclo.

El mantenimiento es una disciplina concurrente que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación del equipamiento, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. En la actualidad, el mantenimiento está destinado a ser uno de los pilares fundamentales de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva. Dentro de las diversas formas de conceptualizar el mantenimiento, la que al parecer presenta más actualidad, y al mismo tiempo resulta más abarcadora, es aquella que lo define como:

el conjunto de actividades dirigidas a garantizar, al menor costo posible, la máxima disponibilidad del equipamiento para la producción; visto esto a través de la prevención de la ocurrencia de fallos y de la identificación y señalamiento de las causas del funcionamiento deficiente del equipamiento (Tavares, 1999).

El mantenimiento se ha tratado indistintamente en los Congresos del Partido Comunista de Cuba como aspecto a considerar para el desarrollo y sostenibilidad del país. En los últimos años, se ha retomado su connotación, debido a la necesidad de aumentar las capacidades productivas y así obtener mejores productos y servicios. Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2011), en su numeral. En algunos casos reacciones tardías para corregir las desviaciones, así como falta de integralidad. El mantenimiento por su decisiva influencia en el ahorro de recursos y en el normal funcionamiento del proceso productivo. En las últimas décadas la concepción del mantenimiento a nivel internacional ha cambiado, pasando de una actividad reactiva a adoptar una concepción proactiva y extendiéndose a asegurar la confiabilidad de los activos a través de acciones concretas, vinculadas a nuevas prácticas y referenciada bajo un sistema de gestión a través del cual se define cómo se realizan los procedimientos, de manera tal que puedan ser medidos y auditados de forma más precisa (Díaz, 2017).

Para tener éxito, hoy en día las empresas deben de identificar y gestionar los riesgos de sus organizaciones (ISO 9001, 2015), ya sean operacionales, financieros, estratégicos y de cumplimiento, lo que hace relevante analizar los factores de carácter interno o externo que generan estos riesgos. Este análisis ha dado como resultado que una de las organizaciones que representa mayor riesgo es la Gerencia de Mantenimiento, convirtiéndose su gestión en una función crítica para la corporación. Por lo tanto, se requiere diagnosticar la Gestión de Mantenimiento, para determinar el grado de excelencia de la organización, Vásquez (2014) como parte de la gestión de activos dentro de su ciclo de vida (Oviedo et al., 2018).

La eficacia de los procesos de mantenimiento dentro de la gestión de activos sólo puede ser evaluada y medida por el análisis de una amplia variedad de factores (Parra et al., 2021) que, en su conjunto, contribuyen a la toma de decisiones en un sistema integral de producción. El procedimiento de evaluación también llamado auditoría, evalúa el cumplimiento de las reglas o criterios objetivos a que esta debe someterse. Estas auditorías a la gestión tienen como deficiencias que, para ser aplicadas se necesitan variables cualitativas, que para cuantificarlas es necesario definir criterios por medio de expertos, lo que proporciona una incertidumbre en los resultados.

Las metodologías de diagnóstico a la gestión del mantenimiento son un conjunto de métodos creados por diversos autores como Useche et al. (2013), Vásquez (2013) y Díaz (2017), donde identifican los procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos en el análisis a la gestión del mantenimiento. La principal consecuencia de esta situación es que no se realiza una evaluación homogénea e igualmente confiable de la gestión de mantenimiento en diferentes entidades teniendo en cuenta sus condiciones técnico-organizativas. En la reflexión de Villar et al. (2022), se explicita que existe acuerdo entre los expertos en definición de las variables a utilizar para evaluar la gestión mantenimiento, pero no se esclarece los mecanismos de inferencia para evaluar esas variables.

De la situación problemática anteriormente se traza el siguiente objetivo para el presente artículo: Determinar las variables para la evaluar la gestión del mantenimiento en la empresa de acueducto y alcantarillado en Cuba.

En el transcurso del presente trabajo se utilizan técnicas propias del campo de la investigación tales como: búsqueda bibliográfica, métodos para la elaboración y aplicación de cuestionarios, métodos teóricos, empíricos y estadísticos matemáticos. Los resultados obtenidos permiten que los gestores del mantenimiento en la entidad objeto de estudio, cuenten con las variables para la evaluación de la gestión del mantenimiento, en función de la herramienta empleada para su procesamiento. El factor que hace diferir los resultados de la aplicación de herramientas es el mecanismo de inferencia de cada una, generalmente para la evaluación de la gestión del mantenimiento se emplea los métodos multicriterio. Este método infiere el o los resultados a partir de los pesos específicos atribuidos a cada variable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y método a utilizar se muestran a continuación:

Métodos Teóricos: para la determinación del marco teórico referencial, el análisis de las regularidades, la fundamentación teórica y la interpretación de los resultados.

- **Histórico Lógico:** facilita el estudio del tema, tomando en cuenta las investigaciones preliminares, cuyos resultados aparecen reflejados en la bibliografía consultada.
- **Análisis - Síntesis:** para conocer lo que existe en la bibliografía sobre Gestión del Mantenimiento en relación a conceptos, modelos y herramientas o técnicas que se emplean en otros países
- **Análisis Documental:** para dominar lo reconocido en cuanto a documentos, leyes, decretos, resoluciones vigentes en la actividad empresarial de las organizaciones analizadas.

Métodos Empíricos: para la obtención de la información acerca de la valoración de la realidad que se estudia y para la evaluación preliminar de la aproximación que se presenta como resultado.

- **Cuestionarios:** como fuente de información para conocer el estado actual del centro unido al intercambio con los trabajadores.
- **Entrevistas y encuestas** para conocer opiniones y experiencias de diferentes actores y grupos de interés.

Métodos estadísticos matemáticos: para el procesamiento de la información obtenida a través de los instrumentos y técnicas del nivel empírico.

- **Método Delphi por rondas.** Coeficiente de concordancia de Kendall: establece el nivel de acuerdo o desacuerdo entre un grupo de expertos.

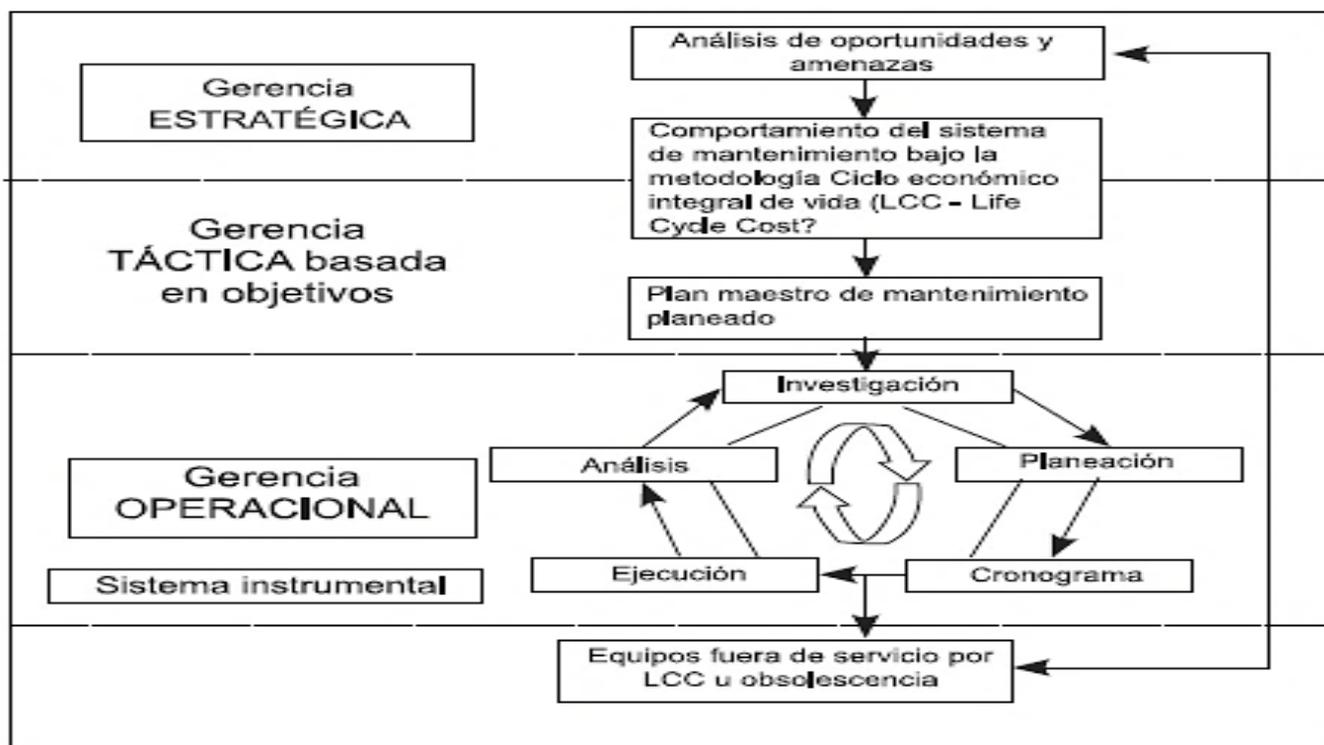
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gestión del mantenimiento la conforman distintos procesos que se encuentran ubicados de manera que responden a un orden de jerarquía o categorías donde los procesos de apoyo constituyen la base que soporta todas las estrategias que se originan en el direccionamiento, le siguen los procesos de gestión que son los encargados de garantizar el control de los costos y la calidad del mantenimiento, asegurando los recursos para la ejecución y el cumplimiento de la normativa de seguridad y ambiente. Por último y en la cúspide de la pirámide se encuentran los procesos encargados de la planificación estratégica del mantenimiento, la gestión del mantenimiento resulta fundamental dentro de la estrategia global que una determinada empresa decide adoptar, especialmente si esta depende estrechamente del uso de una tecnología de elevada complejidad. Las categorías son divisiones

jerárquicas que permiten simplificar el tratamiento profundo de los diferentes conceptos que facilitan su organización, que consiente en el análisis de sus diferencias y similitudes, para la estructuración total de los diferentes temas que los conforman (Gutiérrez, 2009). Este autor establece tres niveles: tático, operativo y estratégico para presentar una adecuada clasificación para diversas tareas, acciones y temas del mantenimiento, llegando a la conclusión de que normalmente los departamentos no tienen muy definida su estructura organizacional, ver figura 1.

Según investigación realizada por Borroto (2013), al consultar la bibliografía pueden determinar que cada sistema de mantenimiento incluye un método de control, por lo general expresado en función de tasas, cuotas y razones o índices, para determinar cómo marchan las cosas y por qué marchan, con el fin de poder tomar decisiones. Los autores de dicha investigación coinciden con Larralde (1994), referenciado en Borroto (2013), al plantear que existen diversas formas para realizar la evaluación de la gestión del mantenimiento. Todas ellas pueden resumirse en dos grandes grupos:

Fig 1: Niveles organizacionales de mantenimiento.



Fuente: tomado de Gutiérrez (2009).

a) Medición de resultados a partir del cálculo y análisis de indicadores de mantenimiento.

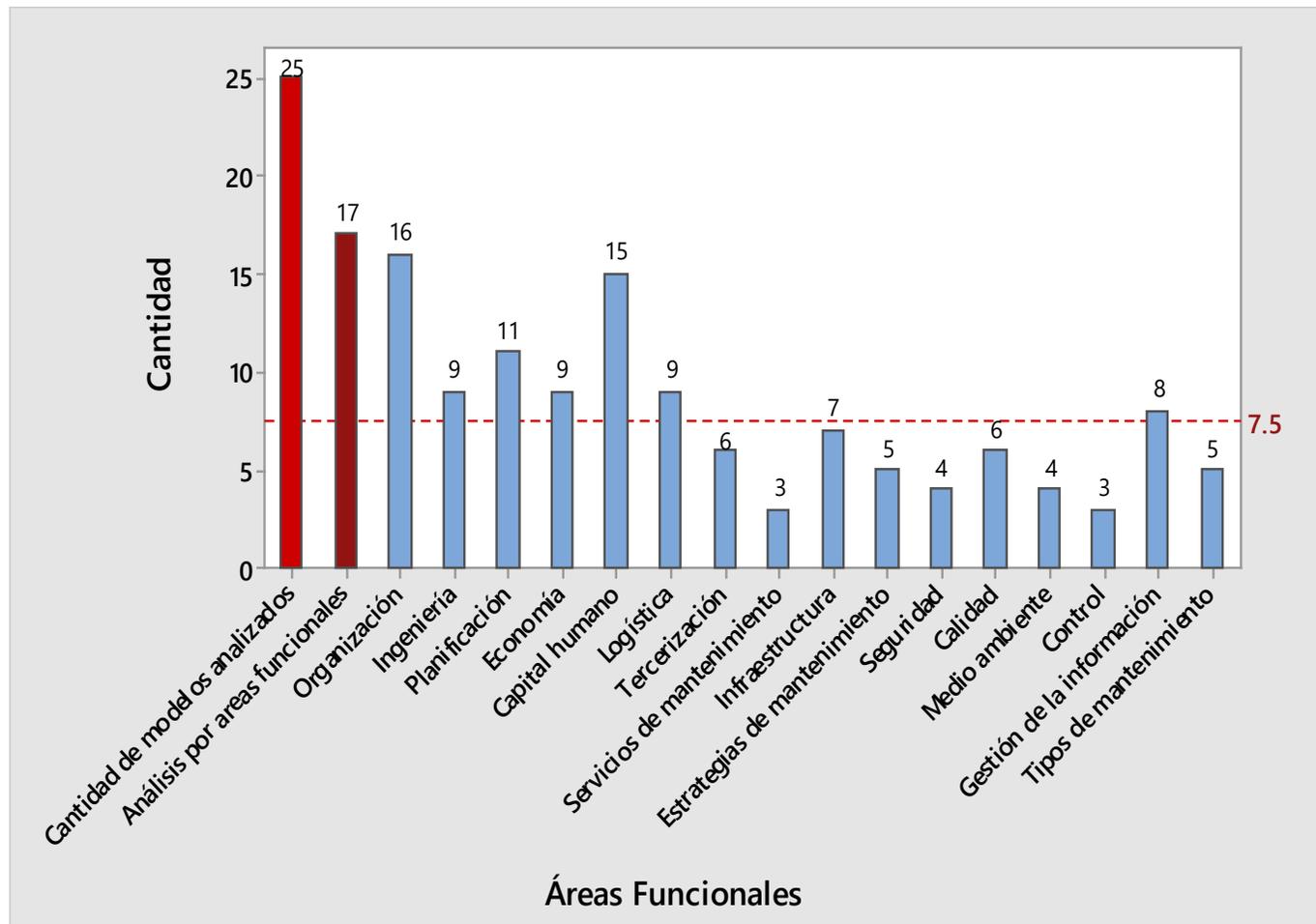
b) Valoración del desarrollo mediante control directo, principalmente a través de auditorías, que se realizan empleando Métodos Multicriterio para determinar la evaluación.

En las últimas décadas, se han desarrollado diferentes herramientas para evaluar el estado de la gestión del mantenimiento Villar et al. (2022). Como parte de la su investigación relaciona autores desarrollan un detallado análisis con la calificación de cada una de las funciones características de la gestión del mantenimiento, agrupadas según las áreas básicas que constituyen su campo de actividad. Para el análisis realizado se seleccionan 52 bibliografías publicadas entre los años 1990-2020. De ellas fueron seleccionadas 25 donde los autores realizan su trabajo se tuvo en cuenta como criterio de inclusión que fuesen herramientas referenciadas en bases de datos con soporte científico donde se demostró rigor científico en su obtención y validación.

Para el desarrollo de esta investigación el autor hace uso de los resultados obtenidos por Villar (2022) en su análisis de las distintas herramientas, la información fue organizada procesada. En la siguiente figura se muestran los resultados

del análisis de la primera tabla, Villar et al. (2022), determina que 16 de las herramientas analizadas (25) o sea un 64 %, se publican a partir del 2011 por lo que considera de actualidad el tema tratado, ver figura 2.

Fig 2: Áreas funcionales analizadas en las herramientas consultadas.



Fuente: elaboración propia.

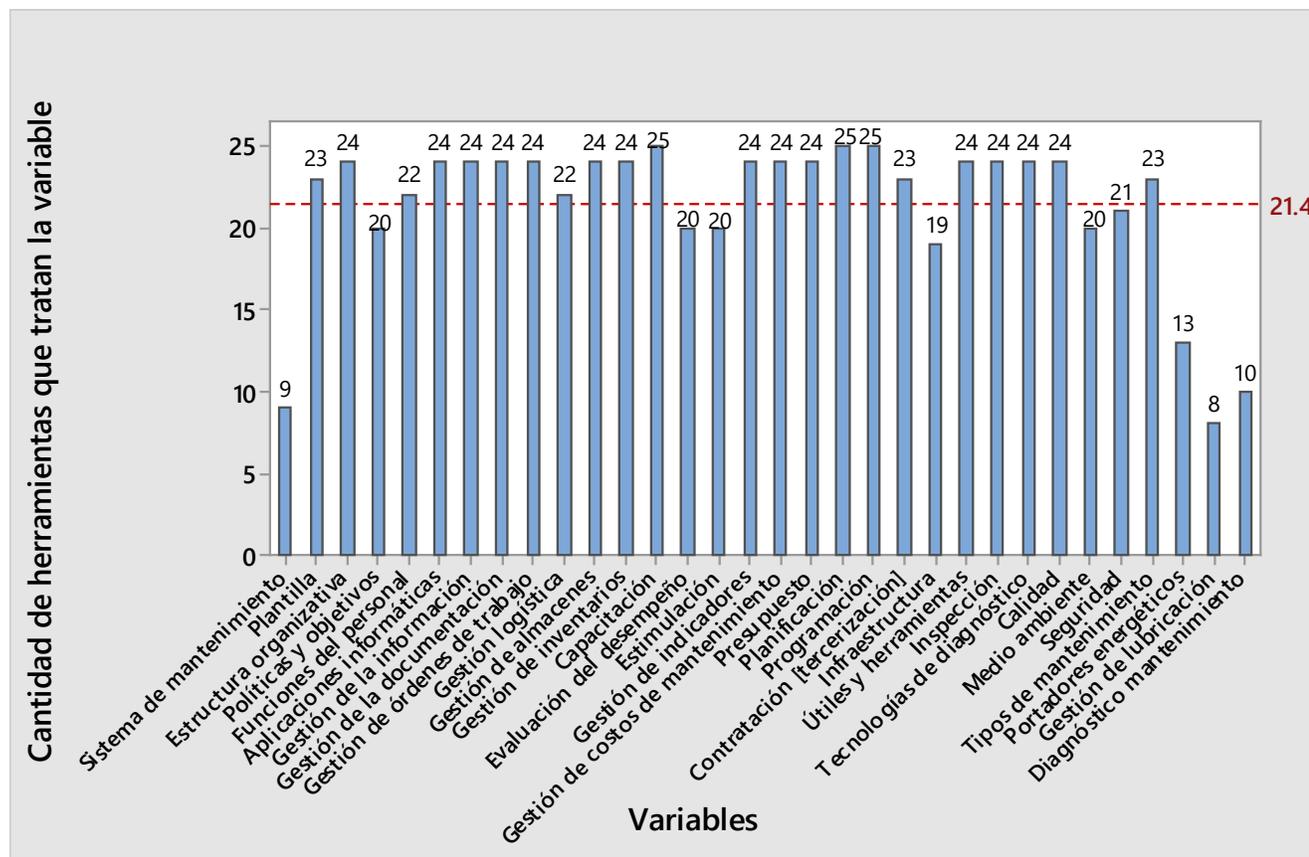
Del análisis de la figura 2, se determina que el 68 % (17) de las herramientas proponen la evaluación de la gestión del mantenimiento a partir del análisis de áreas funcionales, sin embargo, los autores difieren entre cuántas y cuáles son estas áreas. En cuanto a la cantidad, las mismas van desde 3 hasta 16, siendo las áreas más comunes Organización (16) y Capital humano (15), seguidas por otras como Planificación (11); Ingeniería y Economía (ambas con 9); Gestión de la información (8) e Infraestructura (7). Es de señalar que como las áreas difieren entre sí, las mismas se combinan, por ejemplo:

- El área de Planificación evalúa Control.
- El área de Planificación evalúa Tercerización, Control y Diagnóstico a la gestión; en Ingeniería se evalúa Calidad, Medio ambiente, Seguridad y Tipos de mantenimiento, y en Organización se evalúa Logística.
- El Capital humano se evalúa a partir de 3 áreas funcionales.

En el análisis de las diferentes herramientas analizadas se determinan un total de 32 elementos diferentes. Los resultados cuantitativos del estudio de las herramientas en cuanto a los elementos de la gestión del mantenimiento que se

consideran se muestran en la figura 3, para este análisis a cada elemento se le otorga el valor 0 si no lo analiza y el valor 1 si lo analiza, sin importar la fortaleza de dicho análisis.

Fig 3: Resultados cuantitativos del estudio de las herramientas en cuanto a los elementos de la gestión del mantenimiento.



Fuente: elaboración propia.

Para esta investigación y plasmada en la figura 3, se puede observar de color rojo el valor medio del comportamiento de las variables analizadas con respecto a los modelos de igual forma analizados, o sea en cuantos modelos se encuentran presentes, teniendo como resultado que más del 68 % (22) de los elementos se tienen en cuenta por encima del 85 % (21) de las herramientas analizadas.

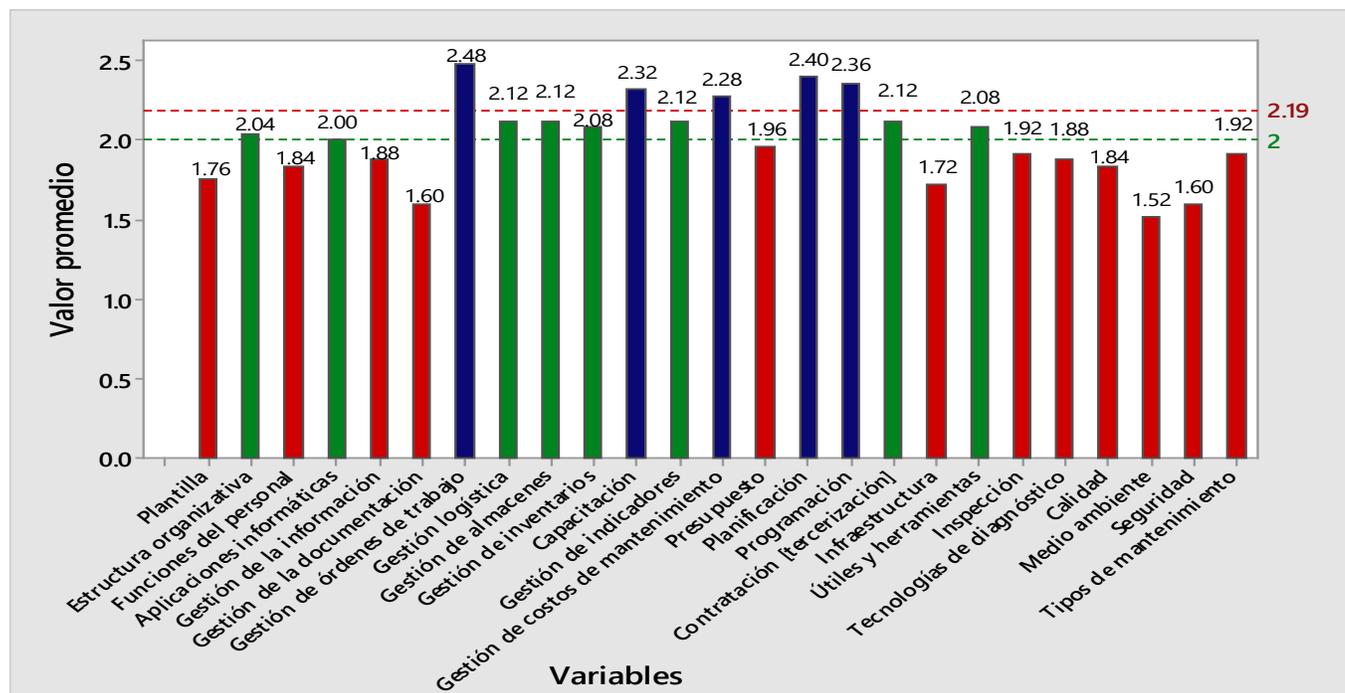
Esto demuestra que aun cuando hay diferencias de criterios en cuanto a las áreas funcionales a analizar, si existe acuerdo entre los elementos que deben ser evaluados en la gestión del mantenimiento.

Para el estudio de estas diferencias y similitudes (Villar et al., 2022) realiza un análisis de agrupamiento o análisis clúster, se utilizaron todas las variables estudiadas anteriormente, con excepción de las áreas que aborda cada herramienta. Todas estas variables son cualitativas, a las cuales se les otorga valores según escala referida en la investigación.

Como se observa en Villar et al. (2022) en el Grupo IV del análisis de agrupamiento conformado por el 20 % (5) de las referencias, deben ser las primeras en su análisis para una posible selección dado que son las que con mayor rigor evalúan las diferentes variables que denotan la gestión del mantenimiento en una entidad. Con el objetivo de determinar las variables que más fuertemente se analizan en los modelos contenidos en el grupo IV del análisis de agrupamiento (clúster), el autor propone analizar los valores promedio de los elementos (variables) antes mencionados, para ello se crean tres grupos que estarán definidos por los promedios. Para realizar el análisis se determina en un primer

momento el valor promedio del total de elementos y luego se repite el mismo procedimiento para los elementos que queden por encima de ese valor medio. En la siguiente figura se muestran los resultados, ver figura 4.

Fig 4: Análisis de variables de gestión de mantenimiento.



Fuente: elaboración propia.

A partir de la figura 4 se pueden clasificar los resultados en tres grupos:

Grupo 1: elementos con puntuaciones promedio menores que dos 2 (color rojo): conformado por 12 elementos.

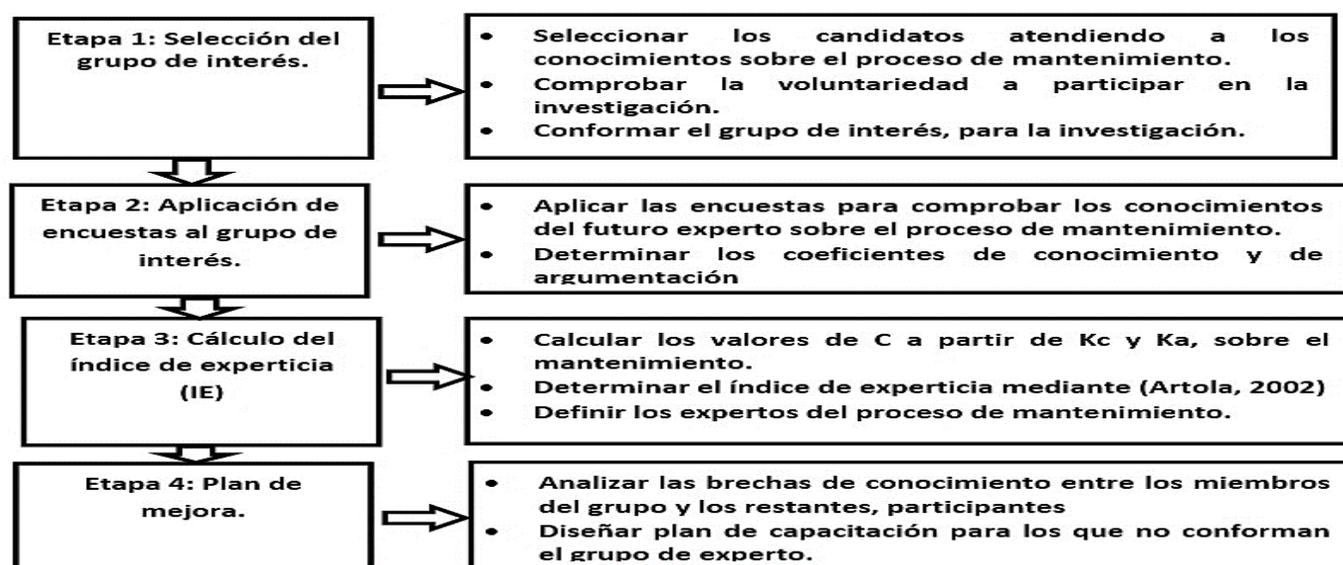
Grupo 2: elementos con puntuaciones promedio mayores o igual a dos 2 (color verde): conformado por 8 elementos.

Grupo 3: elementos con puntuaciones promedio por encima de 2.19 (color azul): conformado por 5 elementos.

Como resultado del análisis anterior el autor propone como variables para evaluar la gestión de mantenimiento los elementos contenidos en el grupo 2 y 3 por contener los más fuertemente analizadas por los autores para la evaluación de la gestión del mantenimiento, donde se encuentra: estructura organizativa, aplicaciones informáticas, gestión logística, gestión de almacenes, gestión de inventarios, gestión de indicadores, contratación (tercerización) y útiles y herramientas, estos ocho (8) elementos corresponden al grupo número 2. En el grupo número 3 se encuentran cinco (5) elementos: gestión de órdenes de trabajo, planificación, programación, capacitación y gestión de costos de mantenimiento, en caso del grupo número 1 solo será utilizado por el autor la variable plantilla, ya que para realizar un mantenimiento es necesario que existan personas en cantidades correspondientes a la envergadura del trabajo a realizar y los medios y herramientas a emplear. Por lo que se tiene un total de 14 elementos que se consideraran como variables a evaluar a nivel operativo y analizar para la toma de decisiones.

Teniendo identificadas a partir de una revisión bibliográfica, un grupo de variables para evaluar la gestión del mantenimiento, es necesario validar las mismas para el sector hidráulico, específicamente para las empresa de acueducto y alcantarillado (EAA), el objetivo de esta validación es que un grupo de expertos del sector aprueben a partir de sus conocimientos técnicos y a partir de su experiencia propia, cuales son los aspectos que más se ajustan a la realidad y al contexto en el que desarrollan estas entidades. Para ello es necesario conformar el grupo de experto para esta investigación se emplea el procedimiento propuesto por Marrero y Smith (2022). Se tiene en cuenta el principio de que se necesitan tomar decisiones concretas apoyadas en la experticia de los compañeros para disminuir el margen de error en ellas, ver figura 5.

Fig 5: Procedimiento para la conformación del grupo de expertos.



Fuente: tomado de Marrero y Smith (2022).

Luego de aplicada la herramienta se obtuvo como resultado 16 personas que integraron el grupo de interés, solo 10 resultan seleccionadas como expertos debido a que su IE se encuentra entre 0,6 y 1, lo cual se muestra en la continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Grupo de experto de mantenimiento.

Nombre	Candidatos a experto	Nivel Académico	Cargo	Institución	IE
José Antonio Hernández	1	Superior	Dir Gen de Gestión de Agua, Saneamiento y Drenaje	OSDE AyS	0,60
Marielys Rivero Chirino	2	Superior	Especialista de Mtto e Inversiones	OSDE AyS	0,43
Raúl Pérez Fajardo	3	Superior	Especialista de Mtto e Inversiones	OSDE AyS	0,44
Abisniel Villar Cirión	4	Superior	Director de Mantenimiento	OSDE AyS	0,60
Estrella María de la Paz Martínez	5	Doctrado	Directora de Educación de Posgrado.	UCLV	0,83
José Javier Estupiñan Ribalta	6	Superior	Especialista Recursos Hídricos	EAAVC	0,87
Lorenzo E. Velázquez Bucarano	7	Medio Superior	Director de Ingeniería	EAAVC	0,47
Vladimir Santaya Santana	8	Superior	Director general EAA	EAAVC	0,61
Dianelis Medina Fernández	9	Superior	Esp. Mantenimiento	EAA Cienfuegos	0,36
Eduardo Acosta Alonso	10	Superior	Director de Inversiones	DPRH Cienfuegos	0,62
Reidel Rodríguez Dueña	11	Superior	Director Tecnico	DPRH Cienfuegos	0,64
Yoany M. Hernández López	12	Superior	Directora Mantenimiento EAA	EAA Cienfuegos	0,46
Rainier Álvarez Rojas	13	Superior	Director EAA	EAA Cienfuegos	0,57
Ihosvany Martinez Tapanes	14	Superior	Director Mantenimiento	EAA Matanzas	0,61
Leonel Hermida Garcia	15	Superior	Esp.Princ.Gestión de Recursos Hídricos	EMRO	0,64
José A. Charnicharo Vidal	16	Superior	J'Dpto. de Control de Equipos de Bombeo	Aguas de La habana	0,81

Fuente: elaboración propia.

Se evidencia en la tabla anterior que los compañeros que finalmente quedan seleccionadas como expertos para la toma de decisiones en el área de mantenimiento son (6,5,16,15,11,10,14,8,4,1).

Los candidatos restantes que, por sus competencias, no fueron aceptados como expertos, se les propone una capacitación sobre los aspectos del mantenimiento y su importancia para el desarrollo empresarial; lo cual se plantea en la

etapa 4. En esta etapa se propone crear un plan de capacitación en las temáticas tratadas, con el objetivo de capacitar a las personas que no quedan seleccionadas como experto. Es necesario disminuir la brecha de conocimiento sobre la actividad de mantenimiento, propiciando que estos puedan elevar su índice de Experticia, para integrarse al grupo de expertos y contribuir a la toma de decisiones Marrero y Smith (2022).

Al ser identificados los expertos en el área de mantenimiento, se hace uso de la base del conocimiento de cada uno para validar las variables identificadas anteriormente, para obtener un resultado que esté a la medida del sistema objeto de estudio. Por lo tanto, se concluye que todos están aptos para participar en la realización del método Delphi.

Las variables se definen teniendo en cuenta el criterio de grupo de expertos para organizar las variables que permiten evaluar la gestión del mantenimiento. A continuación, el autor muestra los resultados obtenidos al aplicar el método Delphi por rondas a los expertos antes identificados. Al aplicar la herramienta se define las 3 rondas y el resultado final es el siguiente.

Primera Ronda: Presentación y descripción de las variables a validar por los expertos.

Mediante el análisis de varias fuentes bibliográficas se determinaron elementos que se consideran importantes y que deben estar presentes si de Gestión del Mantenimiento. Las variables a validar por los expertos se muestran a continuación acompañada de la descripción que tiene como objetivo familiarizar al experto con los aspectos o variables a evaluar, ver tabla 2.

Tabla 2: Aspectos a evaluar.

Aspectos	Elementos	Descripción
A ₁	Estructura Organizativa	El término "estructura organizativa" se refiere al andamiaje jerárquico en el que se define el reparto interno de roles dentro de la empresa.
A ₂	Aplicaciones Informáticas	Software y hardware para el tratamiento automático de la información.
A ₃	Gestión Logística	La gestión logística es un proceso detallado para organizar e implementar una operación.
A ₄	Gestión de Almacenes	Es el proceso de la función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material -materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados.
A ₅	Gestión de Inventario	La gestión de inventarios es la administración respecto al ingreso y salida de insumos, productos terminados o semiterminados, bienes auxiliares y herramientas que posee una empresa.
A ₆	Indicadores de Gestión	Una gestión se basa en el seguimiento adecuado de las métricas preestablecidas, también conocidas como KPI o indicadores clave de rendimiento. Los indicadores tienen la misión de comunicar, de forma sencilla y a través de la cuantificación, los resultados de un proceso u operación.
A ₇	Contratación	Es la contratación de una tercera entidad para que desarrolle actividades especializadas, obras o algún otro servicio en las instalaciones de una empresa usuaria.
A ₈	Útiles y Herramientas	Son todos aquellos utensilios y demás objetos fabricados generalmente en hierro o acero que se pueden utilizar autónomamente o conjuntamente con la maquinaria.
A ₉	Gestión de Órdenes de Trabajo	La gestión eficiente de órdenes de trabajo es el seguimiento de los trabajos a realizar y ya realizados a partir de un documento físico o digital donde se detallan por escrito las instrucciones para realizar un determinado trabajo o tarea.
A ₁₀	Capacitación y motivación	Es el proceso mediante el cual los trabajadores adquieren los conocimientos, herramientas, habilidades y actitudes para interactuar en el entorno laboral y cumplir con el trabajo que se les encomienda.
A ₁₁	Gestión de Costos de Mantenimiento	La gestión de costos es el proceso de calcular, presupuestar y controlar los costos de un proyecto.

A ₁₂	Planificación	La planificación es la estructuración de una serie de acciones que se llevan a cabo para cumplir determinados objetivos.
A ₁₃	Programación	La programación del mantenimiento es el proceso mediante el cual se les asigna una secuencia de tiempo.
A ₁₄	Plantilla	Es la cantidad de recursos humanos para realizar las labores de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Una vez expresado el criterio de acuerdo o desacuerdo por parte de los expertos en la segunda ronda, se puede concluir de la tabla 3 que no se elimina ninguno de los elementos presentados ya que presentan un Coeficiente de concordancia (Cc) ≥ 70% por lo que existe criterio para considerarlos aceptables para el sector de acueducto y alcantarillado específicamente para la infraestructura del sistema de abasto de agua.

Tercera ronda: Los expertos asignan valores de uno en el caso de las funciones, según la preferencia o nivel de importancia que poseen para el evaluador, de forma tal que el valor uno represente el de menor importancia en la gestión del mantenimiento Borroto (2013). En esta ronda los expertos ordenaron numéricamente los elementos atendiendo a su importancia, el objetivo de esta ronda es determinar el peso específico (Cj) de los elementos, los resultados se muestran en la tabla 4.

Posteriormente haciendo uso del Coeficiente de Concordancia Kendall se determina si existe acuerdo o no entre los expertos. Este método se basa en la demostración de una prueba de hipótesis en la cual la hipótesis nula (H₀) responde a que no existe acuerdo entre los expertos. Por la importancia que implica la validación de las variables para esta investigación se establece un nivel de confianza del 95 %. La hipótesis nula se rechaza para un coeficiente de concordancia de Kendall (W) mayor que 0,7.

Tabla 3: Ratificación de las variables.

Elementos	Si										No										Total		Cc
	E1	E4	E5	E6	E8	E10	E11	E14	E15	E16	E1	E4	E5	E6	E8	E10	E11	E14	E15	E16	Si	No	
Estructura Organizativa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Aplicaciones Informáticas	X	X	X	X	X	X		X	X	X							X				9	1	0,90
Gestión Logística	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Gestión de Almacenes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Gestión de Inventario	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Gestión de Indicadores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Contratación (tercerización)	X	X	X	X	X	X		X	X	X							X				9	1	0,90
Útiles y Herramientas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Gestión de Órdenes de Trabajo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Capacitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Gestión de Costos de Mantenimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Planificación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Programación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X											10	0	1
Plantilla	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X										9	1	0,90

Fuente: elaboración propia.

La determinación del orden de importancia de cada elemento (ponderación).

Tabla 4: Pesos de los elementos.

Elementos	E1	E4	E5	E6	E8	E10	E11	E14	E15	E16	Rj	Cj
Estructura Organizativa	14	14	13	12	13	13	14	14	14	14	135	0,129
Aplicaciones Informáticas	4	1	1	4	9	1	1	9	1	4	35	0,033
Gestión Logística	11	10	8	9	11	8	6	10	11	7	91	0,087
Gestión de Almacenes	6	5	7	8	1	4	5	8	5	6	55	0,052
Gestión de Inventario	5	3	6	7	6	3	4	3	4	3	44	0,042
Gestión de Indicadores	3	8	4	3	10	2	3	11	3	5	52	0,050
Contratación (tercerización)	1	7	3	2	5	6	2	1	2	1	30	0,029
Útiles y Herramientas	9	2	2	6	7	5	7	7	9	11	65	0,062
Gestión de Órdenes de Trabajo	8	4	9	5	3	7	9	4	6	9	64	0,061
Capacitación	10	11	12	14	8	12	10	12	12	12	113	0,108
Gestión de Costos de	2	6	10	1	12	11	8	2	10	10	72	0,069
Planificación	12	12	11	11	2	10	12	6	8	13	97	0,092
Programación	7	9	5	10	4	9	11	5	7	8	75	0,071
Plantilla	13	13	14	13	14	14	13	13	13	2	122	0,116
$\sum R_j =$											1050	1,000

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realiza la demostración:

Coefficiente de Concordancia Kendall

Prueba de hipótesis:

H0: No hay acuerdo entre los expertos

H1: Hay acuerdo entre los expertos

$$W = 12 S / K^2 (N^3 - N)$$

Donde: $S = \sum (R_i - \sum R_i / N)^2$ $S = \sum (R_i - \sum R_i / N)^2$

RC: $N \leq 7$ $S > S'$ (tabla)

RC: $N > 7$ $K(N-1) W > \chi_{\alpha, n-1}^2 \chi_{\alpha, n-1}^2$

N: número de características

K: número de expertos

Como $N=14 > 7$ luego la región crítica es RC: $N > 7$ $K(N-1) W > \chi_{\alpha, n-1}^2 \chi_{\alpha, n-1}^2$

Los resultados resultan procesados en el software Minitab versión 17, arrojando como salida los resultados del análisis de concordancia donde se encuentran los coeficientes kappa y el coeficiente de concordancia de Kendall (W), el resultado de este último se muestra a continuación, ver figura 6.

Fig 6: Valor obtenido del Coeficiente de Concordancia de Kendall.

Kendall's Coefficient of Concordance			
Coef	Chi - Sq	DF	P
0.603868	78.5029	13	0.0000

Fuente: elaboración propia.

Al tener el valor del coeficiente de concordancia de Kendall, está en condiciones de aplicar la región crítica (RC) antes definida. Por lo que es necesario determinar el valor de Chi-cuadrado (χ^2), para ello se determinan los grados de libertad (N-1) y el valor de alfa (α). Se tiene un (N-1) = 13 y un valor de $\alpha = 0.05$ ya que el autor trabajó con un nivel de confianza (NC)=95%. Realizando los cálculos de la (RC):

$$K(N-1) W > \chi_{\alpha, n-1}^2 \chi_{\alpha, n-1}^2 = 10(14-1)0.6038 > \chi_{0.05, 13}^2 \chi_{0.05, 13}^2 = 78.494 > 22.362$$

Por tanto, se concluye que como se cumple la RC, se rechaza H_0 y los resultados son válidos, por lo que hay concordancia entre los expertos. Por tanto, al cumplirse la Región crítica (RC), se rechaza H_0 y los resultados son válidos, por lo que hay concordancia entre los expertos. De este método se concluye que las variables resultantes de la tercera ronda pueden utilizarse para evaluar la gestión del mantenimiento en las EAA.

Como resultado del análisis anterior se propone como variables para evaluar la gestión de mantenimiento los elementos contenidos en el grupo 2 y 3 de la Ilustración 7, por contener los más fuertemente analizadas por los autores para la evaluación de la gestión del mantenimiento, donde se encuentra: estructura organizativa, aplicaciones informáticas, gestión logística, gestión de almacenes, gestión de inventarios, gestión de indicadores, contratación (tercerización) y útiles y herramientas, estos ocho (8) elementos corresponden al grupo número 2. En el grupo número 3 se encuentran cinco (5) elementos: gestión de órdenes de trabajo, planificación, programación, capacitación y gestión de costos de mantenimiento, en caso del grupo número 1 solo es utilizado por el autor la variable plantilla, ya que para realizar un mantenimiento es necesario que existan personas en cantidades correspondientes a la envergadura del trabajo a realizar y los medios y herramientas a emplear. Por lo que se tiene un total de 14 elementos que se consideraran como variables a evaluar a nivel operativo, en el binomio operación-mantenimiento

dentro del ciclo de vida del activo, contribuyendo a la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se realiza un estudio bibliográfico donde se determinan las variables más fuertemente analizadas por los autores en las distintas herramientas propuestas, dichas herramientas se basan en métodos multicriterio y evalúan la gestión del mantenimiento a partir de áreas funcionales donde se demuestra que no existe acuerdo entre los autores de cuales áreas funcionales tener en cuenta, pero si se ponen de acuerdo de que variables deben analizar, por lo que el factor más importante a la hora de evaluar la gestión del mantenimiento no son las áreas funcionales si no las variables contenidas en ellas.

A partir del diseño del grupo de experto siguiendo la metodología seleccionada se determina para el sector objeto de estudio el grupo de expertos en el área de mantenimiento y su gestión que mayor índice de experticia tienen, los que a partir de sus criterios recogidos en cuestionarios y analizados por el método Delphi por rondas, corroboraron la validez de las variables analizadas a partir de las consultas bibliográficas, teniendo como resultado de la aplicación de la prueba de hipótesis correspondiente que existe acuerdo entre ellos por lo que las 14 variables quedan validadas para las empresa de acueducto y alcantarillado (EAA) para luego ser empleadas para la evaluación de la gestión del mantenimiento de estas entidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borroto Pentón, A. L., Duménigo Sierra (2013). Evaluación y Control del Mantenimiento. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Samuel Feijoo. ISBN: 978-959-250-848-4
- Castaño Reyes, A. F., & Monroy Osorio, L. M. (2011). Desarrollo de un entorno programado para el análisis de confiabilidad con base en distribución Weibull biparamétrica. <https://repositorio.utp.edu.co/handle/11059/2874>
- Díaz Concepción, A., Castillo Serpa, A. D., & Villar Ledo, L. (2017). Instrumento para evaluar el estado de la gestión de mantenimiento en plantas de bioproductos: Un caso de estudio. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 306-313. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052017000200306&script=sci_arttext
- Duran, J., & Sojo, L. (2008). Implementando un plan de gestión de activos en el tiempo de vida, con el estándar PAS 55. *ASSET MANAGEMENT*, 14.

- Espinel Blanco, E. (2014). Distribuciones no Tradicionales para medir Confiabilidad. *Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), que se ajustan a varias fases de la Curva de Davies (Master's thesis, Universidad EAFIT)*.
- Gutiérrez, L. M. (2009). Mantenimiento. Planificación, Ejecución y Control. Alfa Omega Grupo Editor, S.A de C.V., México, ISBN:987-958-682-769-0
- Hernández, R. A. M., & Fernández, A. S. (2022). Diseño del grupo de expertos para contribuir a la gestión de la planificación del mantenimiento. *Universidad y Sociedad*, 14(S1), 97-109. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2615>
- Marrero-Hernández, R. A., Vilalta-Alonso, J. A., & Martínez-Delgado, E. (2019). Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento. *Ingeniería Industrial*, 40(2), 148-160. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362019000200148&script=sci_arttext&lng=en
- Norma ISO 9001., Gestión de la calidad-Sistemas de Gestión-requisitos, ISO estándar: Ginebra, Suiza, 2015, pp. 9-11. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:en>
- Norma Cubana (2015). Gestión de Activos-Sistemas de Gestión - Requisitos [ISO 55001: 2014, (Traducción Certificada), IDT]. O. N. d. Normalización. Cuban National Bureau of Standards.
- Oviedo Rodríguez, M., Medina León, A., & Ojeda, Y. E. A. (2018). Procedimiento para la planificación operativa con enfoque de procesos en instituciones de Educación Superior, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(5), 379-388. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202018000500379&script=sci_arttext
- Parra, C., Viveros, P., Kristjanpoller, F., Crespo, A., González-Prida, V., & Gómez, J. (2021). Técnicas de auditorías para los procesos de: mantenimiento, fiabilidad operacional y gestión de activos (AMORMS & AMS-ISO 55001). *INGEMAN, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Sevilla, España*, 2(35842.61124), 4. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Parra-19/publication/349505815_TECNICAS_DE_AUDITORIA_PARA_LOS_PROCESOS_DE_MANTENIMIENTO_FIABILIDAD_OPERACIONAL_Y_GESTION_DE_ACTIVOS_AMORMS_AMS-ISO_55001/links/603efb2d92851c077f129ca6/TECNICAS-DE-AUDITORIA-PARA-LOS-PROCESOS-DE-MANTENIMIENTO-FIABILIDAD-OPERACIONAL-Y-GESTION-DE-ATIVOS-AMORMS-AMS-ISO-55001.pdf
- PCC (2011): «Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la revolución»,
- Tavares, L. A. (1999). *Administración moderna de mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48591600/administracion-moderna-de-mantenimiento-libre.pdf?1473095445=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAdministracion_moderna_de_mantenimiento.pdf&Expires=1721861985&Signature=f5bRoKcOIXxM1DWggPtfYhofLc-8YGcvL2hCm3wnGc3c12YDI-grHTufbnRqvZsj2KwCMwSG-6n-DP7-dD45rojNqP7WJ00OntbyjBpiwx0FG1UvyuzEE79aubLdOhuERSZGqHX5EpWmerHR8Cpm5I18DVBqj8N-Uu6eNTZcoYK3KwNZcwj-qTqQM3jCc mVWlpKvr9YCh6sBXrjF~9MtMGZnYRYc4Z9Ak-WsA7VOCRe0~I7~PMA-Lawf-rXi2KPaHQD7TT-BYnyiEeq1-8H1uVoithWs~YJyrFS5ilppzbtbQHw6DKM0W8E6w80ATPM68lzCSObnjyws1XIOa600IHuA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Useche, A. O., Monroy, C. R., & Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista venezolana de gerencia*, 18(61), 86-104. <https://www.redalyc.org/pdf/290/29026161004.pdf>
- Vásquez, E., & PDVSA, G. (2014). Instrumento de Medición para Diagnosticar la Gestión del Mantenimiento. *Recuperado de: http://web. b. ebscohost. com/ehost/detail/detail*.
- Vásquez, E., & Sallik, V. (2012). Modelo para auditar la gestión de mantenimiento de PDVSA caso: refinería SAN ROQUE. *Revista Mantenimiento en Latino América*, 4(3), 10-20.
- Villar Ledo, L., Díaz Concepción, A., Infante Abreu, M. B., Vilalta Alonso, J. A., Alfonso Álvarez, A., & Rodríguez Soto, Á. A. (2022). Análisis de herramientas para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 493-510. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000100493&script=sci_arttext