

COMPONENTES DE ARTICULACIÓN ENTRE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO Y LAS ESTRATEGIAS DE FABRICACIÓN

ARTICULATION COMPONENTS BETWEEN MAINTENANCE MANAGEMENT AND MANUFACTURING STRATEGIES

Diana Lorena Cardona Montoya¹, Alex Mauricio Ovalle Castiblanco^{2,♦},
Carlos López Botero³, Cristian Felipe Jiménez Varón⁴

RESUMEN

Las organizaciones deben velar porque sus áreas de trabajo estén integradas y los procesos que realicen apunten a los objetivos organizacionales. Históricamente se ha presentado un conflicto entre las áreas de producción y de mantenimiento, ya que cada una de estas áreas prioriza objetivos que en la mayoría de los casos no son coherentes con los objetivos globales de la organización. De esta manera, se pretenden determinar si existen componentes de articulación entre la gestión del mantenimiento con las estrategias de fabricación; a partir del análisis de información primaria, recolectada con herramientas metodológicas diseñadas por expertos de la Universidad Autónoma de Manizales y validada mediante prueba piloto. Se confirma como las estrategias de flexibilidad, a las que recurren las organizaciones con el fin de responder a las demandas y variaciones del mercado, presentan una asociación estadística con la forma como se direcciona la gestión del mantenimiento, de manera que, los cambios de la producción estén acordes con las funciones del mantenimiento. A nivel general, se puede apreciar que las empresas que tienen una gestión del mantenimiento implementada tienen en cuenta las características de la gestión de la producción, como es el caso de las configuraciones de flujo lineal que requieren un mantenimiento con el mínimo tiempo de preparación de las máquinas.

Palabras clave: Modelo de gestión, Mantenimiento, estrategias de fabricación, articulación.

¹Universidad Autónoma De Manizales. Departamento de Mecánica y Producción. Manizales, Colombia. dcardona@autonoma.edu.co.
orcid.org/0000-0002-3199-2917

²Universidad Autónoma de Manizales Departamento de Mecánica y Producción. Manizales, Colombia. movalle@autonoma.edu.co.
orcid.org/0000-0002-1634-9456

³Universidad Autónoma de Manizales. Departamento de Mecánica y Producción. Manizales, Colombia. clopez@autonoma.edu.co.
orcid.org/0000-0002-3182-4761

⁴Universidad Autónoma de Manizales. Departamento de Física y matemáticas. Manizales, Colombia. cristian.jimenezv@autonoma.edu.co.
orcid.org/0000-0001-7471-3845

♦Autor para correspondencia: movalle@autonoma.edu.co

ABSTRACT

Organizations must ensure that their work areas are integrated and the processes they carry out are aimed at organizational objectives. Historically there has been a conflict between the production and maintenance areas, since each of these areas prioritizes objectives that in most cases are not consistent with the overall objectives of the organization. In this way, it is intended to determine if there are articulation components between maintenance management and manufacturing strategies; from the analysis of primary information, collected with methodological tools designed by experts of the Universidad Autónoma de Manizales and validated by pilot test. It is confirmed how the flexibility strategies, to which organizations resort to respond to the demands and variations of the market, present a statistical association with the way maintenance management is directed, so that production changes are in accordance with the functions of maintenance. A general level, it can be seen that companies that have a maintenance management implemented take into account the characteristics of production management, as is the case of linear flow configurations that require maintenance with the minimum machine setup time.

Keywords: Management model, Maintenance, manufacturing strategies, articulation.

INTRODUCCIÓN

A través de los años, las organizaciones comprendieron la importancia de un buen funcionamiento de los equipos en los sistemas de producción y su aporte a los objetivos monetarios (Olarte, 2010). El área de mantenimiento, relegada históricamente a funciones de preservación de la maquinaria y equipos de la empresa, toma importancia, debido, a que la correcta gestión del mantenimiento debe estar orientada a la búsqueda, no de los rendimientos focalizados de los departamentos, sino a la integración organizacional con miras al logro de los objetivos empresariales. Parida y Chattopadhyay (2007) y Kans (2008) aducen que los objetivos de mantenimiento deben ser coherentes con los objetivos de producción y los resultados estratégicos de la compañía, así mismo, es importante la congruencia en las políticas y decisiones en los diferentes niveles estratégicos.

Existen problemas cuando los miembros de la dirección de una empresa dejan de fijar objetivos al más alto nivel o no se aseguran de que estos objetivos sean correctamente traducidos a niveles inferiores (Galar *et al.*, 2010). En los contextos empresariales suele existir un permanente conflicto entre el área productiva y el servicio mantenimiento. Como lo expresa García-Garrido (2012), producción aduce que el área de mantenimiento no responde en forma oportuna y de la mejor manera a las solicitudes de producción con respecto al servicio de los equipos. Mientras que, para mantenimiento el área de producción, obstaculiza las labores, con el argumento de la necesidad de continuidad en la operación de las máquinas, para cumplir con las metas propuestas.

La gestión del mantenimiento (GM), está definida por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), como las actividades de gestión que determinan los objetivos o prioridades de mantenimiento, las estrategias y las responsabilidades en la gestión (Parra

Marquez & Crespo Marquez, 2015). La Figura 1, representa un modelo de gestión de mantenimiento, el cual considera la definición y la implementación como factores primordiales para el funcionamiento del sistema, la definición está estructurada desde la planeación estratégica en la cual se definen las políticas, misión y visión, alineados con los objetivos organizacionales y la implementación abarca los conceptos de criticidad, que dan origen a los tipos de mantenimiento requeridos con el fin de diseñar, implementar y dar seguimiento al modelo de gestión del mantenimiento, consecuentes con el ciclo Deming.

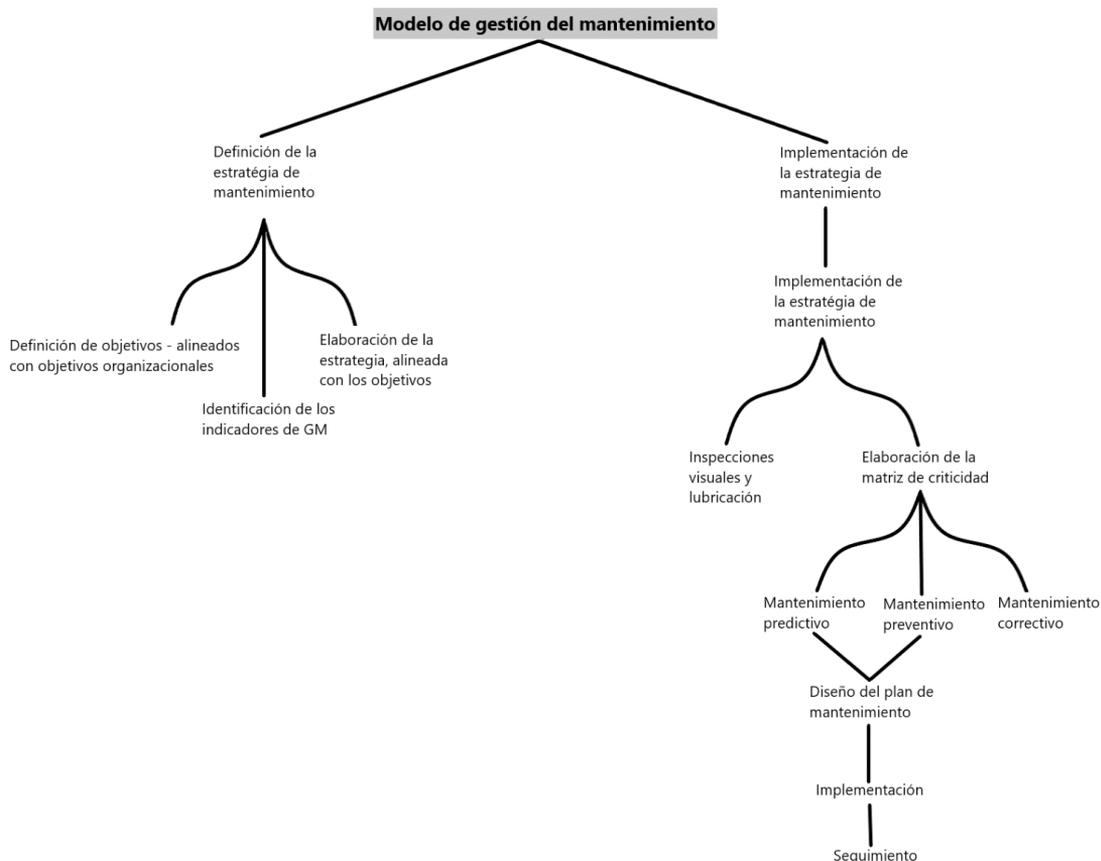


Figura 1. Modelo de gestión del mantenimiento

La GM es asumida como una de las actividades más importantes en las empresas para garantizar la disponibilidad y conservar los activos, por esta razón, el contar con una gestión de conocimiento, hace que las funciones de la empresa sean mejoradas, así mismo, las compañías orientan sus esfuerzos a mejorar sus operaciones, incluyendo a este propósito todos los recursos, priorizando en el factor humano que es uno de los mayores responsables de las funciones tácticas de la empresa. (Cárcel Carrasco, 2014).

A nivel nacional, la Asociación Colombiana de Ingenieros – ACIEM (ACIEM, 2008), ha indicado que el área de mantenimiento depende de estructuras jerárquicas superiores que retrasan su funcionamiento y gestión. El estudio también menciona la inconformidad de los responsables de estas áreas, debido a que no son tenidos en cuenta como parte de la gestión integral y toma de decisiones. Percibiéndolos como “apaga incendios” dentro de la

empresa. (ACIEM, 2008).

El desarrollo de políticas de mantenimiento adecuadas, garantizan la eficiencia de las plantas de producción, en términos de calidad y disponibilidad (Faccio *et al.*, 2014). Para que los objetivos de esta área sean alcanzables, es fundamental la GM, ya que esta permite procesos funcionales e integra tecnología para simplificar procesos, lo que conduce a costos competitivos. (Tavares, 2000).

Como lo expresa Bin Bon y Karim (2011), los cuatro factores principales que causan defectos en la calidad del producto han sido la negligencia humana, la mala calidad de la materia prima, la máquina que necesitan mantenimiento y procedimiento de trabajo.

En consecuencia, es necesario definir metas y objetivos sobre el comportamiento de las variables importantes del mantenimiento, esto adicionado a políticas motivacionales en el recurso humano implicando autorrealización y orientación al logro de las personas encargadas del mantenimiento (Mora Gutiérrez, 2012; Díaz-Cañas *et al.*, 2014). De igual manera Tsang (1999) citado por Oliveira *et al.* (2016), afirma que la medición del desempeño de mantenimiento es necesaria, con el propósito de proporcionar al gerente de mantenimiento información cuantitativa sobre las metas de mantenimiento que se pueden alcanzar y de las acciones que se necesitan retomar para mejorar los resultados de la operación y de esta manera cumplir con los objetivos. Por lo anterior, actividades como el mantenimiento deben ser rediseñadas, para que contribuya a los resultados de la empresa (Tavares, 2000).

Por otra parte, Skinner (1978), Skinner (1985), Schmenner (1979), Wheelwright (1984), Hayes y Wheelwright (1984), Platts y Gregory (1990) y Schroeder (1993), caracterizan la estrategia de producción, como funcional y consecuente con la empresarial y adicionalmente coherente con la misión, los objetivos y políticas organizacionales.

A mediados del siglo XX, los departamentos de producción fueron identificados como áreas estratégicas que aportaban a la competitividad de la empresa, ya sea esta industrial o de servicios.

(Sarache Castro *et al.*, 2007). La década de los '90 se constituyó en un periodo importante para el enfoque estratégico de la producción, porque se le daba mayor importancia a los sistemas logísticos y las cadenas de suministros; Ferdows (1989) y De Meyer y Wittenberg (1994) han establecido que la importancia de la logística en la ejecución de una estrategia de producción, se debe a que es la encargada de valorar el estado actual y pronosticar el futuro de la cadena de valor, brindando el apoyo a la estrategia empresarial, con el objetivo de otorgar un abastecimiento de alto nivel cumpliendo con todos los parámetros establecidos.

La estrategia de fabricación, es el conjunto de políticas o decisiones de carácter estructural que pone en práctica la fábrica, en coherencia con su objetivo o prioridad competitiva, que ha sido previamente establecido en consonancia con la estrategia competitiva de la empresa (Fernandez-Sanchez *et al.*, 2006).

Para el adecuado funcionamiento de una empresa, se necesita de la aplicación de los procedimientos apropiados, que según Miltenburg (2005) proporcionen un esquema coherente en tres elementos principales: (1) las prioridades competitivas, (2) el sistema de producción y (3) las palancas de fabricación (Figura 2), para observar el comportamiento de las prioridades competitivas, la configuración productiva, los outputs de fabricación, y algunos indicadores de gestión facilitadores de desempeño en el sistema productivo.



Figura 2. Elementos de la Estrategia de fabricación
Adaptado de (Miltenburg, 2005)

Teniendo en cuenta las anteriores argumentaciones, el proyecto pretende, establecer asociación entre las variables que componen las estrategias de fabricación y la GM en las empresas objeto de estudio, que permitan alinearse con los objetivos organizacionales.

METODOLOGÍA

Se plantea una investigación descriptiva de tipo cuantitativo, en el cual la unidad de análisis son las medianas y grandes empresas del sector manufacturero de los municipios de Manizales y Villamaría, clasificadas respecto al número de personas según la ley 905 de 2004, que se encuentran en el registro expedido por la cámara de comercio de Manizales por Caldas (Tabla 1).

Tabla 1. Listado clasificación de empresas

Sector	Número de empresas	Tamaño
Alimentos	6	Grande
	2	Mediana
Construcción	2	Grande
Metalmecánico	6	Grande
	8	Mediana
Textil/ Confección	3	Grande
	2	Mediana
Otros	1	Grande
	1	Mediana

Fuente: Cámara de Comercio de Manizales por Caldas (2018)

La información recolectada se realizó, a través de la adaptación de dos instrumentos, estructurados en preguntas cerradas, y enfocados en las dos áreas que se pretenden estudiar, mantenimiento y producción. El instrumento diseñado para la recolección en el área de mantenimiento, está enfocado a determinar el sistema de gestión del mantenimiento (GM), utilizado por la organización, consta de seis aspectos que intervienen en la GM: planeación estratégica, jerarquización de equipos, análisis de causa raíz, diseño del plan de mantenimiento, ejecución del plan de mantenimiento, evaluación y control de la ejecución del mantenimiento; y de allí se plantean una serie de preguntas para cada aspecto, clasificadas en una escala de 1 a 4 según su grado de cumplimiento, siendo 1 la ausencia total de esta actividad y 4 el cumplimiento total de ella.

El otro instrumento, recolecta la información sobre las estrategias de fabricación, el cual se enfoca específicamente en los tipos de sistemas o configuraciones productivas, agrupándolas en el tipo Job shop, flujo en lotes, flujo en línea y flujo continuo, a los cuales se les determinaron 19 características para su medición. Dicho instrumento fue diligenciado por los responsables de la programación de la producción en las empresas objeto de estudio.

Para las pruebas de asociación realizadas entre variables de los instrumentos de las estrategias de fabricación y la gestión del mantenimiento, se realiza una prueba chi-cuadrado para la independencia, posteriormente se calcula el p-valor para compararla con el nivel de significación y determinar la existencia o no de asociación entre las variables. Para las variables en las que la hipótesis nula de independencia se rechazó, se calcula el coeficiente de contingencia como medida de la fuerza de la asociación presente. (Newbold & Carlson, 2012; Mendivelso & Rodríguez, 2018).

Con el propósito de determinar si existe o no asociación estadística entre las variables de los instrumentos de recolección de datos, en general, se propuso una prueba de hipótesis de la siguiente estructura:

$$H_0: v_i \text{ es independiente de } v_j$$
$$H_1: v_i \text{ está asociada con } v_j$$

Donde v_i es la variable del instrumento de estrategias de fabricación, para $i=1, \dots, 14$ v_j es la variable j del instrumento de gestión del mantenimiento, para $j=1, \dots, 6$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 71% de las empresas objeto de estudio aducen tener establecido un sistema de gestión del mantenimiento, con cumplimiento de los aspectos de planeación estratégica, de jerarquización de equipos, de análisis de causa raíz, de diseño del plan de mantenimiento, de ejecución del plan de mantenimiento y de evaluación y control de la ejecución del mantenimiento, con calificaciones mayores o iguales a 3, según el instrumento utilizado, mientras que el 23% de las empresas obtuvieron calificaciones que en su mayoría los ubicaban en el nivel 2, en el cual no existe un establecimiento claro de estos aspectos y finalmente el 6% de las empresas no tienen definidos estos aspectos de la GM (Figura 3).



Figura 3. Gestión de Mantenimiento en las empresas objeto de estudio

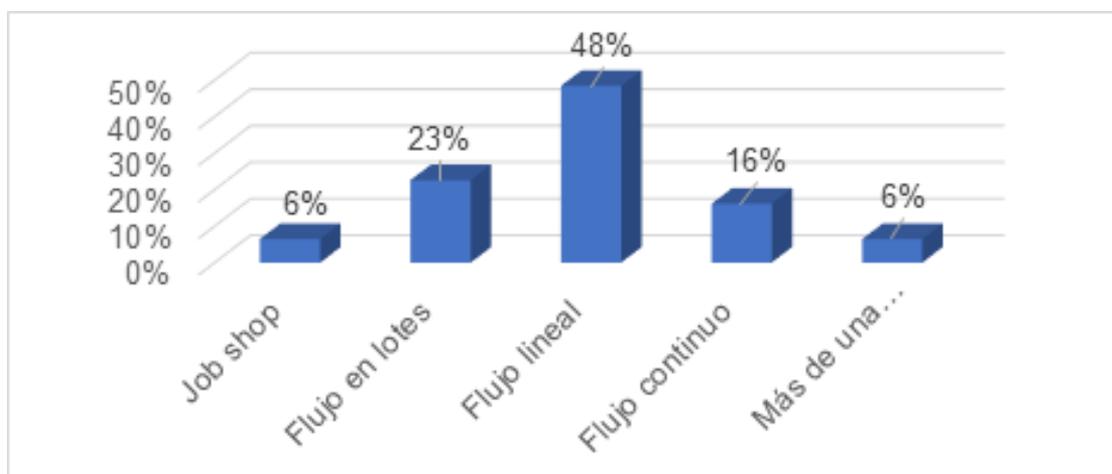


Figura 4. Porcentaje de empresas según el tipo de configuración productiva

En la Figura 4, se observa el tipo de configuración y la distribución porcentual de las empresas objeto de estudio, en la que el 87% presentan configuración por lotes, lineal y continua, debido a las características de los productos que fabrican y a la forma de demanda de sus proveedores; así mismo, según la información encontrada en las empresas objeto de estudio, se tiene que el número de empresas cuya configuración productiva es flujo lineal, es 5 de alimentos, 2 de construcción, 4 de metalmecánico y 4 de textil.

A nivel de discusión se expresa como, en la medida que las organizaciones utilicen una configuración que va acorde con los objetivos y características del mercado, como es el caso de la configuración por lotes, en la que se requieren cambios frecuentes en los formatos de producción, el área de mantenimiento debe propender por satisfacer las necesidades de asistencia oportuna en las líneas de producción y ajustar sus planes de mantenimiento a la disponibilidad de los equipos que lo requieran en coherencia con los planes del área de producción, evitando así el detener el proceso productivo, afirmación soportada en la literatura en los trabajos de (Muchiri & Pintelon, 2011; Hadidi *et al.*, 2012).

La configuración Job Shop solo se encontró en el sector metalmecánico, lo cual corresponde a las características del proceso de personalizar productos. Acorde con Díaz-Cazaña *et al.* (2014), los objetivos de planificación en este nivel buscan el óptimo aprovechamiento de las capacidades de producción y cumplir las fechas de entrega de productos, de acuerdo con el criterio de minimizar el tiempo de puesta a punto de las máquinas, siendo por ello necesario la sincronización de las estrategias de mantenimiento con las de producción para el logro del objetivo propuesto.

A manera de ejemplo, se puede apreciar en las Tablas 2, 3, y 4 que para las pruebas de asociación entre las variables diferenciación del producto y la consulta si ¿El plan de mantenimiento tiene en cuenta los objetivos organizacionales?, se presenta un error de 0,048, lo que permite rechazar la hipótesis nula de independencia, ya que es inferior al nivel de significación de 0,05, concluyendo una relación de asociación estadística entre las variables.

Tabla 2. Tabla cruzada Diferenciación del producto: ¿El plan de mantenimiento tiene en cuenta los objetivos organizacionales?

		El plan de mantenimiento no tiene en cuenta los objetivos organizacionales ya que no los conoce	Mantenimiento, aunque conoce los objetivos organizacionales, no los tiene en cuenta para la planeación	El plan de mantenimiento se basa en los objetivos	Existe un responsable dentro de la empresa y un equipo de	Total
Diferenciación del producto	Hechos a la medida	2	0	1	3	6
	Más estandarizados	2	1	8	2	13
	Estandarizados	0	4	2	6	13
Total		4	5	11	11	32

Tabla 3. Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	15,642a	8	0,048
Razón de verosimilitud	17,781	8	0,023
N de casos válidos	32		

a:15 casillas (100%) han esperado un recuento menor que 5.

El recuento mínimo esperado es ,19.

Tabla 4. Medidas simétricas

		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Coefficiente de contingencia	0,573	0,048
N de casos válidos		32	

En la Tabla 5, se resaltan los resultados de la asociación del cruce de las variables que pueden determinar las componentes de articulación entre, la gestión del mantenimiento y las estrategias de fabricación, debido a que estadísticamente, se establecen aspectos como un plan de mantenimiento que esté acorde a los objetivos organizacionales.

También se puede apreciar como los aspectos de flexibilidad necesarios para el funcionamiento de la producción y respuestas del mercado, tienen una asociación directa con las estrategias organizacionales, siendo este uno de los temas de discusión entre las áreas de mantenimiento y producción. Como lo expresa el trabajo realizado por Díaz-Cazañas y De la Paz-Martínez (2016) quienes aducen que en la práctica empresarial se evidencia una notable brecha entre los procesos de toma de decisiones que tienen lugar en los departamentos de producción y mantenimiento, ocasionando resultados adversos para las organizaciones.

Se resalta como los encargados de la programación de la producción, para determinar el tamaño del lote a programar, tienen en cuenta las programaciones de mantenimiento con respecto a la parada de los equipos, como se puede observar en el grado de asociación que presentan las variables tamaño de las corridas/lotes y ¿Realiza un plan de mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de mantenimiento de cualquier activo en su entorno operacional?, con un coeficiente de contingencia de 0,653.

Tabla 5. Resumen de asociación de variables con dependencia existente

Variables asociadas		P-Valor	Coeficiente de contingencia
Gestión de producción	Plan de mantenimiento		
Número de productos	¿Realiza un plan de mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de mantenimiento de cualquier activo en su entorno operacional?	0,013	0,666
Diferenciación del producto	¿El plan de mantenimiento tiene en cuenta los objetivos organizacionales?	0,048	0,573
Inventario de producto terminado	¿La empresa cuenta con estrategias organizacionales?	0	0,742
Inventario de producto terminado	¿Realiza un plan de mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de mantenimiento de cualquier activo en su entorno operacional?	0,034	0,641
Flujo de proceso	¿La empresa cuenta con objetivos para el departamento de mantenimiento?	0,013	0,628
Tipos de equipo	¿Los objetivos del departamento de mantenimiento están alineados con las estrategias organizacionales?	0,005	0,653
Tamaño de las corridas/lotes	¿Realiza un plan de mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de mantenimiento de cualquier activo en su entorno operacional?	0,045	0,633
Tamaño de las corridas/lotes	¿La empresa cuenta con una programación del mantenimiento?	0,009	0,673
Cuellos de botella	¿Se analizan los indicadores de gestión del mantenimiento seleccionados por la organización?	0,05	0,588
Control de calidad	¿Se realiza un análisis de causa raíz a los equipos?	0,029	0,646
Flexibilidad	¿La empresa cuenta con estrategias organizacionales?	0,003	0,722

CONCLUSIONES

Dentro de las pruebas estadísticas realizadas, debido al tamaño de la muestra y al tipo de preguntas cerradas encontradas en los instrumentos de recolección, se obtuvieron frecuencias inferiores a 5 en algunas de las categorías analizadas, afectando de alguna manera la prueba de independencia de Chi-cuadrado, lo que puede afectar la confiabilidad de la prueba.

A nivel general, se puede apreciar que las empresas que tienen una gestión del mantenimiento implementada en categorías de 3 y 4 según el instrumento utilizado, tienen en cuenta las características de la gestión de la producción, esto se deduce del coeficiente de contingencia que mide el grado de asociación entre las variables, como es el caso del tamaño de lotes con la realización de un plan de mantenimiento teniendo en cuenta las necesidades de los activos en su entorno operacional, que tienen una intensidad de asociación del 63,3%.

En la literatura consultada se logra apreciar, como las organizaciones, han realizado grandes esfuerzos en encontrar propuestas y modelos enfocados en la obtención de secuencias de programación de productos alineados a estrategias de mantenimiento de equipos, que busquen el logro de los objetivos organizacionales y la satisfacción de los clientes tanto internos como externos, ratificando las asociaciones que presentan las variables presentes en el estudio.

Se confirma como las estrategias de flexibilidad, a las que recurren las organizaciones con el fin de responder a las demandas y variaciones del mercado, presentan una asociación estadística con la forma como se direcciona la gestión del mantenimiento, de manera que los cambios de la producción estén acordes con las funciones del mantenimiento.

El estudio demuestra como las empresas objeto de estudio que poseen sistemas de gestión del mantenimiento estructurados y lineamientos de producción acordes con los objetivos organizacionales, lograron presentar algunos aspectos de asociación en un alto grado de significancia.

El número de productos determinado como una variable de producción (siendo esta variable muy característica de la configuración de flujo lineal) presenta una asociación alta con respecto al plan de mantenimiento que tiene en cuenta las necesidades de mantenimiento de cualquier activo en su entorno operacional, determinándose así que entre menos paren las máquinas, mayores volúmenes de producción se pueden presentar, axioma que ha sido uno de los pilares en la problemática que se presenta entre estas dos áreas.

Lograr la articulación del modelo de gestión del mantenimiento con las estrategias de fabricación, se torna pertinente, en la medida que el mantenimiento, deja de ser visto como una actividad más del sistema productivo y pasa a ser un elemento articulador que piensa en soluciones integrales y a largo plazo a nivel organizacional

REFERENCIAS

- ACIEM. (2008). Encuesta del estado del arte Mantenimiento en Colombia. informe final, Comisión nacional de mantenimiento & mecánica, Asociación Colombiana de Ingenieros (ACIEM) <https://silo.tips/download/estudio-estado-del-arte-mantenimiento-en-colombia>
- Bin Bon, A. T. y Karim, N. (2011). Total productive maintenance application to reduce defects of product. *Journal of applied science research* 26(79), 11-17.
- Cárcel Carrasco, F. J. (2014). *Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial basado en técnicas de gestión del conocimiento*. Omnia Science Monographs. ISBN: 978-84-941872-8-5. Disponible: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.198>

De Meyer, A. y Wittenberg, Cox, A. (1994). *Nuevo enfoque de la función de producción*. Barcelona: Colección: Biblioteca de Empresa. Negocios.

Díaz-Cazañas, R. y De la Paz-Martínez, E (2016). Procedimiento para la planeación integrada Producción-Mantenimiento a nivel táctico. *Ingeniería Industrial* [en línea], XXXVII(1), 36-48. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360443665004>

Díaz-Cazañas, R., Costa -Salas, Y. y Sarache-Castro, W. (2014). Heuristic for production scheduling on job-shop plants considering preventive maintenance tasks. *DYNA* [en línea], 81(187), 215-222. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n187.46103>

Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F. y Zanin, G. (Enero de 2014). Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. *International Journal of Production Economics* [en línea], 147, 85-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.018>

Ferdows, K. (1989). *International Manufacturing*. Georgetown: North Holland

Fernández- Sánchez, E., Avella Camarero, L. y Fernández Barcala, M. (2006). *Estrategia de producción*. 2ª edición. Madrid: McGraw- Hill. ISBN: 9788448149383.

Galar, D., Berges Muro, L., y Royo, J. (Junio de 2010). La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento. *Dyna* [en línea], 85(5), 429. <http://dx.doi.org/10.6036/3447>

García- Garrido, S. (2012). *Ingeniería del mantenimiento*. Editorial Renovetec. <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/5-la-ingenieria-del-mantenimiento>

Hadidi, L.A., Al-Turki, U. y Rahim, A. (2012) Integrated models in production planning and scheduling, maintenance and quality: a review. *International Journal of Industrial and Systems Engineering* 10(1), 21-50.

Hayes, R. y Wheelwright, S. (1984). *Restoring Our Competitive Edge: Competing through manufacturing*.

Kans, M. (2008). An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. *Computers in Industry* [en línea], 59(1). <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2007.06.003>

Mendivelso, F. y Rodriguez, M. (2018). Prueba chi-cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. *Revista Medica Sanitas* 21(2), 92-95. <https://n9.cl/him3b>

Miltenburg, J. (2005). *Manufacturing strategy* (2 ed.). Portland, Oregon: Productivity Press.
Mora Gutierrez, L. A. (2012). ¿Será factible medir la gestión gerencial del mantenimiento? *Revista Universidad EAFIT* [en línea], 26(79), 45-65. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1538>

Muchiri, P. y Pintelon, L. (2011) Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics* 131(1), 295-302.

Newbold, P. y Carlson, W. T. (2012). *Statistics for Business and Economics* (8 ed.). Prentice Hall.

Olarte, W. B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et Technica* [en línea], 21(44), 354-357. <https://n9.cl/odm3>

Oliveira, M., Lopes, I. y Rodrigues, C. (2016). Use of Maintenance Performance Indicators by Companies of the Industrial Hub of Manaus. *Procedia CIRP* [en línea], 52, 157-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.071>

Parida, A. y Chattopadhyay, G. (08 de 2007). Development of a Multi-criteria Hierarchical Framework for Maintenance Performance Measurement Concepts, Issues and Challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [en línea], 3, 241-258. <http://dx.doi.org/10.1108/13552510710780276>

Parra Marquez, C. A. y Crespo Marquez, A. (2015). *Ingeniería de Fiabilidad y Mantenimiento aplicada en la Gestión de Activos* (Segunda ed.). (INGEMAN, Ed.) Sevilla, España.

Platts, K. y Gregory, M. (1990). Manufacturing Audit in the Process of Strategy Formulation. *International Journal of Operations & Production Management* [en línea], 10(9), 5-26. <http://dx.doi.org/10.1108/EUM0000000001264>

Sarache Castro, W., Cárdenas -Aguirre, D., Giraldo-García, J. y Parra Sánchez, J. (2007). Procedimiento para evaluar la estrategia de manufactura: aplicaciones en la industria metalmeccánica. *Cuadernos de administración* [en línea], 20(33). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20503305>

Schmenner, R. (1979). Look Beyond the obvious in the plant location. 126-132.

Schroeder, R (1993). *Operations Management: Decision Making in the operations function*. McGraw-Hill Publishing Company; 4a edición. ISBN-100071128425.

Skinner, W. (1978). *Manufacturing in the Corporate Strategy*. New York: John Wiley.

Skinner, W. (1985). *Manufacturing: The Formidable Competitive Weapon*. New York: John Wiley.

Tavares, L. A. (2000). *Administración moderna del mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.

Tsang, A., Jardine, A. y Kolodny, H. (1999). Measuring maintenance performance: a holistic approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(7), 691-715.

Wheelwright, S. (1984). Manufacturing Strategy: Defining the missing link. *Strategic Management Journal* [en línea]. 5(1), 77-91. <http://dx.doi.org/10.1002/smj.4250050106>

BIOGRAFÍA

Diana Lorena Cardona- Montoya, Ingeniera Mecánica de la Universidad Autónoma de Manizales, Especialista en Mantenimiento Industrial y Magister en Ingeniería. Forma parte del Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales. Coordinadora del programa de Ingeniería mecánica en la UAM.

Alex Mauricio Ovalle- Castiblanco, Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Especialista en Gerencia de Negocios Internacionales, Magister en Creatividad e Innovación en las Organizaciones y actualmente es candidato a doctor en Ingeniería - Industria y Organizaciones. Es par evaluador reconocido por Colciencias en la categoría de Investigador Asociado. Coordinador del Departamento de Mecánica y Producción en la UAM

Cristian Felipe Jiménez- Varón Ingeniero Químico e ingeniero industrial de la Universidad Nacional de Colombia y Magister en matemáticas aplicadas. Forma parte del departamento de física y matemáticas de la Universidad Autónoma de Manizales como profesor a tiempo completo. En este departamento, pertenece al grupo de investigación en física y matemáticas. Su interés de investigación actual incluye modelos matemáticos, sistemas dinámicos y análisis de datos aplicados a diferentes campos en ingeniería y economía

Carlos López-Botero. Ingeniero Industrial, Especialista en salud ocupacional, Magister en prevención de riesgos laborales, profesor a tiempo completo de la Universidad Autónoma de Manizales, investigador del grupo de diseño mecánico y desarrollo industrial, categoría A en COLCIENCIAS.