

15 septiembre 2020

AUTORES: Héctor Navarro Benavides

ARTÍCULO: Investigación sobre el uso de métodos heurísticos en la planeación de la producción de maquiladoras con ambientes de alta mezcla - bajo volumen (HMLV)

ARTÍCULO Núm: T191

Estimados autores,

Con agrado les informamos que, con fecha de hoy, el artículo arriba citado ha sido aprobado para su presentación en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2020. El congreso tendrá lugar los días 23 al 25 de septiembre del año 2020, en Villahermosa, Tabasco, México.

El artículo será incluido en las publicaciones del congreso, que incluyen modalidades ISBN, ISSN, e indización en *Fuente Académica Plus* de EBSCOHost.

Le rogamos que utilice su número de artículo en toda correspondencia con Academia Journals.

Saludos cordiales.



Dr. Rafael Moras, P.E.
Editor
Academia Journals
Info@academiajournals.com

CERTIFICADO

otorgado a

Ing. Héctor Navarro Benavides

por su artículo intitulado

Investigación sobre el uso de métodos heurísticos en la planeación de la producción de maquiladoras con ambientes de alta mezcla - bajo volumen (HMLV)

(Artículo No. T191)

El congreso fue organizado en colaboración con la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. La ponencia de este artículo fue presentada en el congreso desarrollado los días 23 al 25 de septiembre de 2020. El artículo fue publicado en las siguientes modalidades: (1) en el portal de Internet *AcademiaJournals.com*, con [ISSN 1946-5351 online](https://doi.org/10.24018/academiasjournals.com.12.6.2020.191), Vol. 12, No. 6, 2020 e indexación en la base de datos Fuente Académica Plus de EBSCOHOST, Massachusetts, Estados Unidos y (2) en el libro electrónico intitulado *Diseminación de Resultados de Investigación Universitaria - Tabasco 2020*, mismo que cuenta con [ISBN 978-1-939982-61-2 online](https://doi.org/10.24018/academiasjournals.com.12.6.2020.191).



Dr. Rafael Moras, P.E.
Director, Academia Journals

Investigación sobre el uso de métodos heurísticos en la planeación de la producción de maquiladoras con ambientes de alta mezcla - bajo volumen (HMLV)

Ing. Héctor Navarro Benavides¹

Resumen—En nuestro país la industria maquiladora ha tenido un crecimiento exponencial debido principalmente a los tratados comerciales con nuestros vecinos del norte, como resultado de este crecimiento las fábricas maquiladoras se han visto obligadas a producir una mayor variedad de productos con una cantidad limitada de recursos, este artículo de investigación pretende revisar elementos de los recursos de planeación para los ambientes de alta mezcla bajo volumen (HMLV) utilizando como referencia los métodos heurísticos, se revisará esta metodología ya que pudiera ser aplicada a través de algoritmos que permitan eficientar el uso de los recursos productivos con una razonable y limitada inversión inicial, para lograr este objetivo se analizará la literatura relacionada en la última década y se expondrán los casos de estudio más sobresalientes que permitan converger en un algoritmo aplicable para la industria local y que pueda ser usado con herramientas computacionales asequibles.

Palabras clave—Métodos Heurísticos, Cuello de botella, Planeación avanzada, Alta mezcla, Bajo volumen, HMLV, lean.

Introducción

Jones y Womack (2017) definen el pensamiento lean y su práctica como la forma más efectiva de abordar la mejora de los negocios de nuestra generación, sin embargo, cuando se habla de ambientes de alta mezcla y bajo volumen (HMLV), figura 1, inclusive los más expertos no logran ponerse de acuerdo.

Las plantas maquiladoras operan bajo esquemas de fabricación a partir de solicitudes de clientes, esto quiere decir que su capacidad instalada debe tal que permita cumplir con los requerimientos de numerosos clientes y para múltiples componentes diferentes, esto representa un reto para los procesos de planeación y análisis de capacidad ya que normalmente la filosofía de manufactura esbelta (lean) busca optimizar equipos y procesos para un producto específico, pero cuando se habla de múltiples líneas y múltiples productos incluso los más entendidos de la manufactura esbelta normalmente entran en conflicto, ¿Cómo poder optimizar los procesos y equipos cuando la planta no puede delimitar los productos a manufacturar?, ¿Cómo eficientar líneas y maximizar ganancias cuando hay dependencia de los pronósticos de demanda de los clientes? Y peor aún ¿Cómo adecuarse a cambios abruptos en demanda y productos cuando los recursos de manufactura, gente y máquinas, permanecen constantes en ambientes altamente variables?

Esto que describo arriba ha sido motivo de mi análisis personal a lo largo de los últimos años profesionales ya que a partir de mi trabajo en plantas maquiladoras he descubierto que este problema es el común denominador para la industria maquiladora, de forma específica en una de las regiones con mayor concentración de fábricas maquiladoras de México, me refiero a la ciudad de Guadalajara, Jalisco y su zona metropolitana, que se distingue por albergar una parte importante de la industria maquiladora del país, si bien actualmente se cuenta con plataformas que soportan la planeación avanzada a través de poderosas herramientas como lo son los ERP (Enterprise resource planner) o MRP (materials resource planner) invariablemente, las fábricas maquiladoras, continúan teniendo conflictos reales en sus líneas de producción debido a la falta de precisión de estas herramientas para los ambientes que hemos descrito previamente.

Hoy en día se cuentan con nuevas técnicas de planeación que están sustituyendo las técnicas lineales convencionales (como la programación de capacidad finita o los métodos heurísticos), que permiten entablar relaciones analíticas entre equipos de producción multidisciplinarios y aún mejor que pueden calcular la interdependencia de los recursos productivos, de tal suerte que se pueden aterrizar algoritmos avanzados de planeación que resuelven, al menos de forma parcial, la dicotomía del binomio de producción para alta mezcla y bajo volumen, este artículo pretende presentar una comparación entre un método convencional de planeación lineal y un método heurístico para un caso simulado y ver las diferencias en la precisión de los métodos, de igual manera presentar una recomendación para el uso de dicho método así como continuar la investigación sobre la

¹ Ing. Héctor Navarro Benavides es estudiante de la maestría en Manufactura Avanzada del posgrado CIATEQ A.C unidad Jalisco además de ser Ingeniero Mecatrónico por la Universidad Panamericana Campus Guadalajara con una Especialidad en Manufactura Avanzada por la misma casa de estudios y se desempeña como Gerente de Manufactura e Ingeniería para una empresa del ramo metalmecánico. hnavarro@trendtechnologies.com (autor correspondiente)

discusión de estas herramientas como parte de los recursos de planeación para los ambientes de alta mezcla y bajo volumen.

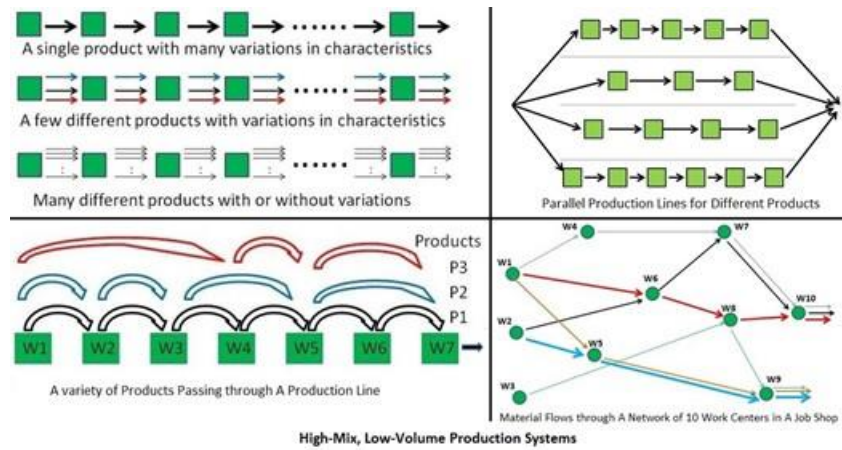


Figura 1.

Descripción del Método

Relevancia de la programación de la producción (JSS Job shop scheduling)

La programación juega un papel muy importante dentro de la organización de producción, especialmente en la planificación de la fabricación. El rendimiento de un sistema de planificación de fabricación consiste en calcular el rendimiento del método de programación. La clasificación de la programación se realiza según el entorno laboral, las características del puesto y el criterio de optimización.

El entorno de trabajo también se puede denominar entorno de máquina. Sobre la base del entorno de la máquina, la programación se clasifica en un sistema de una sola etapa (SS) y en un sistema de múltiples etapas (MS). En la programación SS con máquina única (m/cs) y “n” no. (Número) de tareas durante la programación de MS, tanto la máquina como los trabajos son más de uno. En este trabajo, hay un “p” número de trabajos y “q” no. de máquinas, por lo que este trabajo se incluye en el sistema MS. La programación de etapas múltiples se clasifica además como la programación de taller abierto, JSS (Job Shop Scheduling), flow shop, taller mixto y la programación de taller grupal como se muestra en la Figura 2.

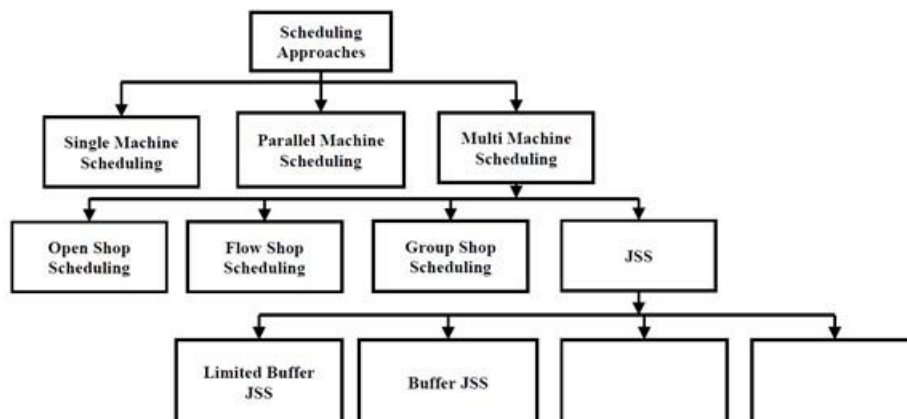


Figura 2.

En el problema de JSS estático, determinados trabajos son procesados por máquinas predeterminadas. La serie de operaciones para cada tarea (trabajo) es predeterminado y cada tarea debe visitar cada máquina una sola vez. No se

pueden realizar dos trabajos simultáneamente en una sola máquina, hay que esperar a que se complete la operación anterior en esa máquina.

Una disposición de la ranura de operaciones en un dispositivo (máquina) se denomina programación. El tiempo máximo de finalización de las tareas (trabajos) se denomina makespan y el objetivo del problema JSS es descubrir una programación que reduzca el tiempo de makespan. En este JSS el problema se denota como $J_m // C_{max}$. La complejidad del problema ha aumentado junto con el aumento en el número de operaciones.

El objetivo de los algoritmos es encontrar un programa de producción que minimice el tiempo total de producción del conjunto de trabajos: makespan.

Modelado del problema JSS

Suponga que hay “m” no. de m / cs (máquinas) y “n” no. de trabajos Cada trabajo sigue una ruta predeterminada (una secuencia de m / cs). Un m / c puede procesar una sola tarea a la vez, y una vez que se inicia una tarea, no se puede detener entre el procesamiento. El objetivo es reducir los tiempos totales de finalización de los trabajos (Minimizar C_{max}). La figura 3 muestra una descripción general de la programación de trabajos.

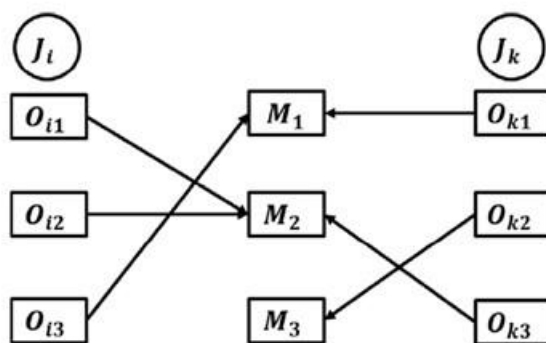


Figura 3.

Objetivo del método heurístico

La programación de la producción utilizando los métodos heurísticos intenta definir la asignación de recursos de fabricación maximizando la utilización de los mismos, de tal suerte que determina el momento más adecuado para ejecutar cada operación, teniendo en cuenta las relaciones temporales entre los procesos de fabricación y las limitaciones de capacidad de los recursos de fabricación compartidos.

Las asignaciones también afectan la optimización de un cronograma con respecto a criterios como el costo, la tardanza o el rendimiento (Shen, 2006). En resumen, la programación de la producción es un proceso de optimización en el que se asignan recursos limitados a lo largo del horizonte temporal entre actividades paralelas y secuenciales y su objetivo es optimizar uno o más objetivos. Este proceso de optimización se está volviendo cada vez más importante para que las empresas de fabricación de HMLV aumenten su productividad y rentabilidad a través de una mayor agilidad en el piso de producción para sobrevivir en un mercado competitivo a nivel mundial.

Algoritmos heurísticos

Para resolver el problema de JSS se han diseñado varios algoritmos de metaheurística en los años pasados. Las metaheurísticas actuales y exitosas son la optimización de colonias de hormigas (ACO) (Coloni y Dorigo, 1994), GA (Davis, 1985) y PSO (Lourenco, 1995). De la literatura se puede concluir que muchas técnicas heurísticas dan mejores resultados rápidamente.

Además, varios investigadores como Lourenco han construido procedimientos de búsqueda local (LS). Vaessens et al, Pinson y Cheng et al. son algunos de los que revisaron los métodos heurísticos para el problema JSS. Wang y Zheng desarrollan actualmente una estrategia de optimización híbrida para JSSP.

En este trabajo se ha desarrollado un modelo matemático para el problema JSS clásico. Este modelo tiene como objetivo minimizar la fabricación. Para resolver este problema de programación MIP (programación de enteros mixtos), se utiliza PSO, Shifting Bottleneck Heuristic (SB), GA, así como el procedimiento de búsqueda local y se realiza un estudio comparativo entre ellos. El diagrama de Gantt se dibuja para problemas JSS de diferentes tamaños utilizando diferentes algoritmos y reduce el tiempo de finalización de todas las tareas (trabajos).

Comentarios Finales

Resumen de resultados

En este trabajo investigativo se estudió el uso de los métodos heurísticos como una metodología para la solución del problema de análisis de capacidad para plantas maquiladoras con ambientes de producción de alta mezcla y bajo volumen (HMLV), como parte de la investigación se plantea el uso de uno de los métodos para comparar su eficiencia en un problema simulado. Los resultados de la investigación incluyen un análisis que compara los resultados de un método de planeación convencional y los resultados del método heurístico utilizando tablas, se concluye que se requiere mayor análisis pero se detecta una mejora importante en el resultado, se procede a continuar la investigación para entablar un algoritmo que permita implementar el método de manera simple.

Conclusiones

Los resultados demuestran la necesidad de profundizar la investigación y probar con más métodos heurísticos para solución de problemas de cuello de botella de planeación, se requiere entablar un algoritmo que permita aplicar el método de manera consistente, los resultados de esta investigación están siendo usados actualmente como parte de un proyecto de mejora en una planta maquiladora de la región.

Recomendaciones

Podríamos sugerir que hay un abundante campo todavía por explorarse en lo que se refiere a la utilización de los métodos heurísticos, no solo como una herramienta de planeación de la producción sino en general como una herramienta para la solución de problemas multivariable, continuaré con la investigación de distintos métodos y los resultados que puedan ofrecer para la solución del problema de cuello de botella de la planeación en ambientes de alta mezcla y bajo volumen, se requiere definir un algoritmo para la implementación y uso del método.

Referencias

- Jones, D.T. and Womack, J.P. (2017) The evolution of Lean Thinking and Practice. In: Netland, T.H. and Powell, D.J. [EDS] The Routledge Companion to Lean Management. Routledge, New York.
- Shen, W., Wang, L., Hao, Q.: Agent-Based Distributed Manufacturing Process Planning and Scheduling: A State of the Art Survey, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 36, No.4, 2006.
- Colomi, A., Dorigo, M., Maniezzo, V., & Trubian, M., Ant system for job-shop scheduling. Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science, 1994,34(1), 39-53.
- Lourenco, H. R., Job-shop scheduling: Computational study of local search and large-step optimization methods. European Journal of Operational Research, 1995, 83(2), 347-364.
- Davis, L. Job shop scheduling with genetic algorithms. In Proceedings of an international conference on genetic algorithms and their applications, Carnegie-Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania, Vol. 140, 1985.
- Vaessens, R. J. M., Aarts, E. H., Lenstra, J. K., Job shop scheduling by local search. INFORMS Journal on Computing, 1996, 8(3), 302-317.
- Wang, L., Zheng, D. Z., An effective hybrid optimization strategy for job-shop scheduling problems. Computers & Operations Research, 2001, 28(6), 585-596.
- Pinson, E., The job shop scheduling problem: A concise survey and some recent developments. Scheduling Theory and its Applications, 1995, 277-294.
- Cheng, R., Gen, M., Tsujimura, Y., A tutorial survey of job-shop scheduling problems using genetic algorithms, part II: hybrid genetic search strategies. Computers & Industrial Engineering, 1999, 36(2), 343-364.

Notas Biográficas

El **Ing. Héctor Navarro Benavides** es estudiante de la maestría en Manufactura Avanzada del posgrado CIATEQ A.C unidad Jalisco y además es ingeniero **Mecatrónico** por la Universidad Panamericana Campus Guadalajara y cuenta con una especialidad en procesos de manufactura avanzados, además con una carrera de 12 años de experiencia en la industria de la metalmecánica desempeñándose como ingeniero de procesos, coordinador de producción, gerente de ingeniería y gerente de manufactura, como parte de su responsabilidad ha implementado sistemas de Kanban y lean para diversos proyectos y actualmente cursa su maestría en manufactura avanzada.