

Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado

Scheduling and production control procedure of a small shoe business

Viviana Karolina Ortiz-Triana¹, Álvaro Junior Caicedo-Rolón²,

^{1,2} *Ingeniería Industrial, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia.*

vivianakarolinaot@ufps.edu.co

alvarojunior450@yahoo.es

Resumen— El propósito del presente artículo fue diseñar un procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado. Para realizar la programación de la producción se aplicó la investigación de operaciones específicamente la técnica de programación lineal junto con la teoría de restricciones. Para desarrollar el modelo matemático se identificó las restricciones del sistema productivo, el modelo determinó las cantidades óptimas de fabricación maximizando el throughput para un período de tiempo dado. A partir de este modelo, se plantea un procedimiento para la programación y control de la producción, el cual puede implementarse en pequeñas empresas de calzado que presenten las mismas características del caso de estudio.

Palabras clave— Optimización, procedimiento, programación de la producción, programación lineal, teoría de restricciones, TOC.

Abstract— The purpose of this article was to design a scheduling and control procedure for a small shoe business. The scheduling was done applying the operations research methodology, specifically the linear programming technique, together with the theory of constraints. The productive system's constraints were identified to develop a mathematical model. This model obtained the optimal quantities of manufacturing maximizing the throughput for a certain period. From that model a scheduling and control procedure for a small shoe business was made, this procedure could be implemented in small shoe businesses that have the same characteristics of the case study.

Keywords— Optimization, procedure, scheduling, linear programming, theory of constraints, TOC.

I. INTRODUCCIÓN

La programación de la producción, o scheduling, es una respuesta operativa para optimizar la producción de un bien o servicio. Existen diversas técnicas de programación de la producción [1]. Sin embargo, muchos investigadores

reconocen que los problemas de scheduling pueden ser resueltos óptimamente utilizando técnicas de programación matemática [2]. Un método que permite encontrar las relaciones óptimas que mejor operen un sistema, dado un objetivo específico es la investigación de operaciones [3]; la importancia de su aplicación radica en su fortaleza para modelar problemas complejos y resolver modelos de gran escala [4]. Otro método es la teoría de restricciones (TOC), el cual se centra en administrar activamente las restricciones que impiden el progreso de la empresa hacia su meta; ganar dinero hoy y en el futuro [5]. Las restricciones del sistema establecen su trípud (o throughput), este se define como todo el dinero que entra a la empresa menos el dinero que paga a sus proveedores [6]. TOC también es conocida como una filosofía de mejoramiento continuo; las compañías que han adoptado este modo de pensar han obtenido logros sobresalientes [7].

Se han realizado estudios con el fin de diseñar procedimientos como herramienta para la toma de decisiones en diversos sectores. En la pequeña y mediana industria manufacturera, se diseñó un procedimiento para la planeación agregada [8]. Así mismo, se desarrolló un procedimiento para la PYME manufacturera colombiana referente a la planeación agregada de costos, los procedimientos realizados permite a las PYMES contar con un buen soporte para la toma de decisiones en mínimo tiempo [9]. Por otro lado, para programar la producción de marquillas estampados por transferencia térmica, se implementó un procedimiento basado en algoritmos evolutivos, obteniendo como resultado un mejoramiento considerable en los indicadores propios de desempeño de la línea de producción [10].

Por otro lado, se han realizado investigaciones apoyadas en el desarrollo de modelos matemáticos para planificar y/o programar la producción en distintos sectores. En una fábrica de calzado, se propuso un modelo de

programación lineal entera para resolver un problema de planificación agregada de la producción, considerando como objetivo maximizar las utilidades; la mejora en la función objetivo fue del orden de un 8% [11]. Sin embargo, en una empresa de calzado de la ciudad de Cúcuta, se realizó una programación de la producción por medio del modelo de la teoría de restricciones, como resultado obtuvo las cantidades óptimas a fabricar por semana y que permiten maximizar las utilidades [12]. En la industria del aserrío, se diseñó un modelo de programación de la producción, el estudio determinó que existía un incremento en la rentabilidad de los pedidos al optimizar la asignación de materia prima para la elaboración de un pedido [13]. En una empresa de productos de jabonería, se elaboró un modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro que permite el máximo aprovechamiento de la capacidad instalada [14].

El proceso de planificación y programación no está acompañado de herramientas que permitan eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus operaciones, por lo cual es un campo abierto a la investigación en muchos sectores. Una errónea programación tiene efectos importantes en el aspecto operacional, como son: la pérdida de eficiencia, productividad y aprovechamiento de la materia prima, con su incidencia en los costos de producción [13]. Por lo que es necesario que las empresas, empiecen el camino de la mejora continua implantando un correcto sistema de programación de la producción [15]. “Desafortunadamente, muchos productores tienen sistemas de programación de la producción inefectivos” [16].

El sector calzado es un sector industrial estratégico [17, 18]. Según la Cámara de Comercio de Cúcuta, en el 2012 se encuentran registradas en el Área Metropolitana de Cúcuta 1070 empresas que componen los eslabones de la cadena del calzado y marroquinería. El eslabón transformación está compuesto por 359 empresas registradas. Las empresas más representativas del eslabón son los fabricantes de calzado de cuero con un 42,62% y los fabricantes de calzado de otros tipos con un 22,56%. No obstante, las universidades locales no prestan asistencia científica al sector [19, 20].

Dentro de las necesidades del sector, se destaca la de capacitar al empresario de calzado [21-23] en cuanto a habilidades técnicas de planificación, programación y control de la producción e inventarios, por medio de herramientas informáticas [24]. Por otro lado, el tamaño de la empresa influye en la capacidad para innovar, competir, exportar y financiarse [25]. Por lo que, las empresas del calzado que quieran surgir y competir, deben aumentar su productividad, su competitividad e innovación [21]. Además, los problemas relacionados con la productividad y la competitividad tienen una

participación del 43,7% y el 34,4% respectivamente [26]. Finalmente, las Mipymes de sector calzado y marroquinería del área metropolitana de Cúcuta presentan un nivel de productividad limitada [22].

El objetivo de esta investigación es diseñar un procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado, lo cual le brindará a la organización una herramienta que permita conocer las cantidades óptimas a fabricar y la utilización de su sistema productivo. Lo anterior facilita la respuesta de la compañía ante las necesidades de la demanda, considerando las restricciones del sistema productivo, logrando así maximizar el throughput.

II. METODOLOGÍA

La unidad de estudio es una pequeña empresa de calzado ubicada en la ciudad de San José de Cúcuta, Colombia. Su producción alcanza los 21.282 pares anuales distribuidas entre los 76 productos que allí se elaboran. Para desarrollar un programa óptimo de producción se aplicó la metodología de la investigación de operaciones, y la teoría de restricciones (TOC). El proceso de aplicar métodos cuantitativos requiere una sucesión sistemática de pasos [27], los cuales se observan en la figura 1.

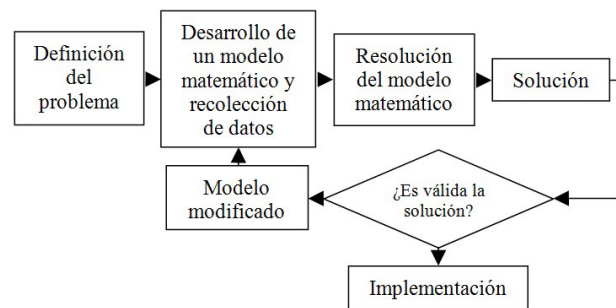


Figura 1. Metodología de la investigación de operaciones

El modelo de programación lineal, tiene tres componentes básicos: las variables de decisión que se trata de determinar, el objetivo (la meta) que se trata de optimizar, y las restricciones que se deben satisfacer [27]. Mediante la metodología de la investigación de operaciones se desarrolla el paso 1 de la teoría de restricciones.

La teoría de restricciones (TOC) se centra en el papel que juegan las restricciones en los sistemas con el fin de mejorar el desempeño del mismo hacia la meta. Las restricciones pueden ser de recursos internos, de mercado y de políticas. Los pasos de la teoría de restricciones [28], se pueden observar en la figura 2.

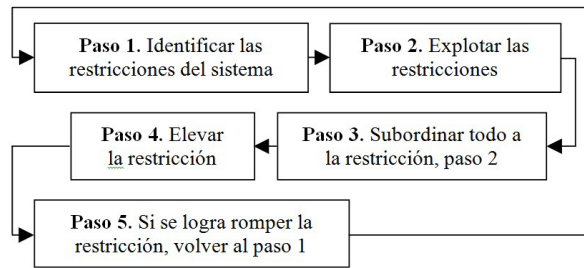


Figura 2. Pasos de la Teoría de restricciones

El sistema de programación desarrollado por TOC tiene su propio método específico; el método tambor, amortiguador, cuerda (TAC) [29]. Este método reconoce que la restricción (tambor) dictará la velocidad de producción de toda la planta. Se debe establecer un amortiguador de stock frente a cada recurso cuello de botella o recurso con restricción de capacidad (RRC). Para asegurar que el stock no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador de tiempo, debe atarse una cuerda desde la restricción hasta la primera operación [30]. Los principales pasos del método TAC [29] se resumen a continuación:

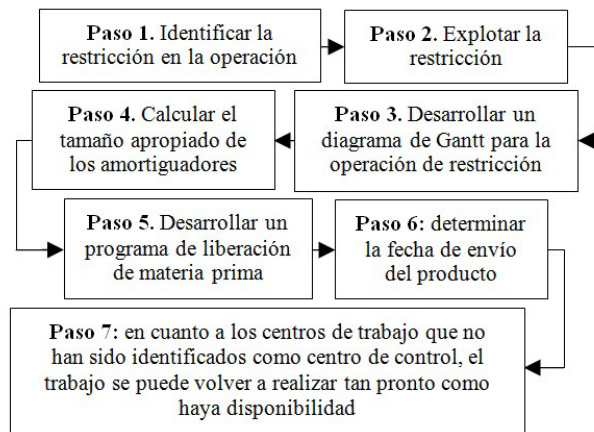


Figura 3. Principales pasos en el uso del método tambor amortiguador cuerda

Procedimiento

Teniendo en cuenta que la empresa se encuentra buscando nuevos mercados, especialmente en el exterior, y pensando en que a futuro la gerencia podría estar interesada en adoptar algún sistema de gestión de calidad, se optó por ajustar el procedimiento a la estructura establecida en la guía técnica colombiana GTC-ISO/TR10013 directrices para la documentación del sistema de gestión de calidad [31]. Dicha guía indica que los procedimientos documentados deberían estar definidos mediante: texto, diagramas de flujo, tablas, o una combinación de éstas, o cualquier otro método de acuerdo con las necesidades de la organización.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Procedimiento para la programación y control de la producción

Objetivo: describir en forma precisa y ordenada las actividades requeridas para la programación y control de la producción de calzado.

Alcance: el procedimiento inicia con la identificación de los requerimientos de la demanda y termina con la entrega de productos a despachos, y el manejo de devoluciones.

Condiciones generales

1. Se debe conocer: los requerimientos de la demanda, la capacidad de producción y los tiempos de entrega de materiales y sus tasas de consumo.

2. En la ejecución del programa de producción se debe considerar:

Si es oportuno asignar una o varias ordenes de producción a un mismo operario.

No asignar ordenes de producción si se encuentra algún material o pieza faltante.

Determinar el tamaño de los lotes de proceso, y lotes de transferencia.

Determinar el tamaño del amortiguador.

Si es pertinente dividir el lote de producción entre el número de operarios disponibles.

3. Si alguna máquina se descompone se debe:

Asignar las órdenes de producción correspondientes a otra máquina, y/o distribuirlas entre las máquinas que se encuentren disponibles.

4. Se debe:

Tener proveedores confiables y/o ejecutar acciones que permitan garantizar la disponibilidad de los materiales.

Tener subcontratistas confiables y/o ejecutar acciones que permitan garantizar el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

5. La programación de la producción considera la implementación de turnos de trabajo flexibles.

6. Tenga en cuenta que para hacer un uso adecuado del documento de trabajo denominado modelo matemático, se recomienda tener conocimientos previos en Microsoft Excel y su complemento Solver. Además, de manejar algún software de investigación de operaciones, como WinQSB o LINGO.

El procedimiento requiere de la ejecución de una serie de pasos (Ver tabla 1).

Nº	Descripción
1	Recolectar la siguiente información: requerimientos de la demanda, tiempos requeridos para la fabricación de los pedidos, tiempo disponible para la fabricación de los productos, disponibilidad y requerimiento de materiales y el throughput por producto, ya que esta información

	<p>es requerida por el modelo matemático para realizar la programación de la producción.</p>	<p>Paso 3. Identificación de restricciones El modelo matemático tiene en cuenta las limitaciones de: demanda, cantidad mínimo de pedido, capacidad, disponibilidad de materiales, y de no negatividad.</p>
2	<p>Ingresar los datos correspondientes, y se procede a calcular las cantidades de productos que van a ser fabricadas. El modelo matemático se muestra a continuación:</p> <p>Paso 1. Definición de variables de decisión del programa óptimo de producción C_{ij} = Cantidad de pares a fabricar por producto i, durante el período j. Definición de parámetros constantes del modelo U_i = Utilidad o throughput por par fabricado de producto i. D_{ij} = Demanda del producto i en pares en el período j. P_{ij} = Cantidad mínima de pedido del producto i en pares en el período j. T_{ci} = Tiempo de corte requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{cj} = Tiempo total disponible (en minutos) para el corte de productos en el período j. T_{ti} = Tiempo de troquelado requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{tj} = Tiempo total disponible (en minutos) para el troquelado de productos en el período j. T_{gi} = Tiempo de costura (guarnición) requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{gj} = Tiempo total disponible (en minutos) para la costura (guarnición) de productos en el período j. C_{pij} = Cantidad de pares de producto i que el subcontratista puede procesar en el período j. T_{mi} = Tiempo de montado requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{mj} = Tiempo total disponible (en minutos) para el montado de productos en el período j. T_{si} = Tiempo de Soleteado requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{sj} = Tiempo total disponible (en minutos) para el Soleteado de productos en el período j. T_{li} = Tiempo de limpieza y empaque requerido por par del producto i, expresado en min/par. T_{lj} = Tiempo total disponible (en minutos) para la limpieza y empaque de productos en el período j. T_{Mki} = Consumo de cada material k requerido en sus respectivas unidades, por par para la fabricación del producto i. M_{kj} = Cantidad disponible de cada material k en sus respectivos unidades, para la fabricación de productos en el período j.</p> <p>Paso 2. Función objetivo Para el modelo matemático el objetivo propuesto es maximizar la utilidad o throughput. La función objetivo denominada Z viene dada por la expresión:</p> $\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n U_i * C_{ij} \quad (1)$	<p>Los valores de la demanda fueron extraídos de las órdenes de pedido de la feria de calzado realizada en el período seleccionado.</p> $C_{ij} \geq D_{ij} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (2)$ <p>Restricción de cantidad mínima de pedido Las cantidades mínimas de pedido fueron establecidas por política de la alta dirección, y representan el monto mínimo que debe recibirse de un producto para poder ser enviado a producción.</p> $C_{ij} \geq P_{ij} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (3)$ <p>Restricción de capacidad Se determinaron las capacidades de las operaciones de: corte, troquelado, guarnición, montado, Soleteado y limpieza y empaque, mediante la ejecución de un estudio de tiempos.</p> <p>Restricción de capacidad de corte</p> $\sum_{i=1}^n T_{ci} * C_{ij} \leq T_{cj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (4)$ <p>Restricción de capacidad de troquelado</p> $\sum_{i=1}^n T_{ti} * C_{ij} \leq T_{tj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (5)$ <p>Restricción de capacidad de guarnición</p> $\sum_{i=1}^n T_{gi} * C_{ij} \leq T_{gj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (6)$ <p>Restricción de capacidad de tejido Esta operación es subcontratada. Para determinar la capacidad de respuesta del subcontratista, se utilizaron los registros históricos de entrega, y los compromisos de cumplimiento.</p> $\sum_{i=1}^n C_{ij} \leq C_{pij} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (7)$ <p>La variable de decisión C_{ij} representa la cantidad de pares a fabricar por producto i, durante el período j, que requieren de la operación de tejido. El parámetro constante C_{pij} representa la cantidad de pares a fabricar por producto i que el subcontratista puede procesar en el período j.</p> <p>Restricción de capacidad de montado</p> $\sum_{i=1}^n T_{mi} * C_{ij} \leq T_{mj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (8)$ <p>Restricción de capacidad de Soleteado</p> $\sum_{i=1}^n T_{si} * C_{ij} \leq T_{sj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (9)$ <p>Restricción de capacidad de limpieza y empaque</p> $\sum_{i=1}^n T_{li} * C_{ij} \leq T_{lj} \quad \forall i=1\dots I, j=1\dots J \quad (10)$ <p>Restricción de disponibilidad de materiales Para determinar la disponibilidad de los materiales se utilizaron los registros de compras, el control de inventarios de materias primas, y la</p>

	<p>experiencia del personal con el fin de calcular la cantidad disponible de los materiales correspondientes y en sus respectivas unidades, para el período seleccionado.</p> $\sum_{i=1}^n TM_{ki} * C_{ij} \leq M_{kj} \quad \forall i = 1 \dots I; j = 1 \dots J; k = 1 \dots K \quad (11)$ <p>De la misma manera, se identificaron las tasas de consumo de los materiales correspondientes en sus respectivas unidades.</p> <p>Otros estudios han desarrollado modelos matemáticos apoyados en la técnica de programación lineal y la teoría de restricciones para la programación de la producción [12,32], aunque estos no tienen en cuenta la restricción de materiales, aspecto en el que difiere con el presente estudio.</p> <p>Restricción de no negatividad</p> <p>Esta restricción hace referencia a que la variable de decisión del modelo no debe ser negativa.</p> $C_{ij} \geq 0 \quad \forall i = 1 \dots I; j = 1 \dots J \quad (12)$ <p>El modelo matemático para la programación óptima de la producción se muestra a continuación:</p> <p>Función objetivo:</p> $\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J U_i * C_{ij} \quad (1)$ <p>Sujeto a: ecuaciones (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), y (12)</p>		<p>El tamaño sugerido del amortiguador corresponde a ¼ o 25% del tiempo de entrega total real del sistema. El lote de proceso corresponde a la cantidad de pares de cada pedido consolidado.</p> <p>8 Se realiza el diagrama de Gantt, en el cual se evidencia los tiempos de inicio y terminación de cada pedido, durante cada etapa del proceso.</p> <p>9 Se entregan los materiales gradualmente según sus requerimientos y se controlan los inventarios de materias primas.</p> <p>10 Se ejecuta el programa de producción. Se asignan las órdenes de producción y se envían los trabajos en el orden establecido. Se subcontratan y controlan las operaciones y/o actividades correspondientes. Si durante la ejecución del programa de producción recibió pedidos adicionales, ir al paso No. 1. Al llegar al paso No. 8, se debe tener en cuenta que los pedidos adicionales van de último en el programa, por tanto, son enviados a producción al terminar con lo que estaba inicialmente programado.</p> <p>11 Se analiza el comportamiento del sistema productivo desde que se inicia la ejecución del programa de producción. Para esto, se utilizan indicadores como herramientas para la medición.</p> <p>12 Se pregunta si, ¿se está cumpliendo con la programación? Si, ir al paso No. 11 No, ir al paso No. 13</p> <p>13 Se identifican los pedidos atrasados y las causas de los atrasos. Una vez se identifican los pedidos y motivos de atraso, se deben plantear y ejecutar actividades que permitan terminar con la fabricación de dichos productos y dar cumplimiento a la programación realizada. Luego, se procede a actualizar el diagrama de Gantt. Para esto se debe reasignar el pedido correspondiente en el programa de producción.</p> <p>14 Realizar seguimiento a cada orden de producción durante todo el proceso productivo. Para esto, se efectúan controles de inventarios de producto en proceso y producto terminado. Tan pronto se tiene el producto terminado, se le entrega a despachos para que se programe su distribución a los clientes.</p> <p>15 Se pregunta, ¿si hubo devoluciones? Si, ir al paso No. 16 No, Fin</p> <p>16 Cuando se recibe una devolución se debe contactar al cliente y se identifican los motivos por el cual la mercancía fue devuelta. Además, se debe acordar con el cliente si el pedido será enviado nuevamente, o si por el contrario se cancela y se descuenta en la facturación. En caso de acordar nuevamente el envío del pedido, ir al paso No.1. Al llegar al paso No. 8, se debe tener en cuenta que las devoluciones pueden enviarse al</p>
3	<p>Se pregunta si, ¿se satisface la demanda? Si, ir al paso No. 5 No, ir al paso No. 4</p>		
4	<p>Identificar el motivo por el cual no se satisface la demanda y se deben ejecutar las acciones pertinentes según sea el caso. En caso de requerir de capacidad adicional, se sugiere considerar las siguientes alternativas: contratar más personal, subcontratar algunas operaciones o pedidos, laborar días festivos, laborar horas extras, habilitar un segundo turno de producción, (implementando turnos flexibles), adquirir maquinaria adicional. En todo caso, se debe considerar los costos y ventajas de cada una de las alternativas mencionadas. La organización debe seleccionar la(s) que considere pertinente(s).</p>		
5	<p>Se efectúan los pedidos de los materiales requeridos en un período previamente determinado por la organización. Tenga presente que se debe garantizar la disponibilidad de los mismos. Se registran las especificaciones de cada pedido. En caso de no ser requerido, saltar al paso 6.</p>		
6	<p>Determinar la secuencia de producción, dando prioridad a los productos que tienen mayor tróput, y al mismo tiempo a los productos que usan el menor tiempo de procesamiento en la restricción.</p>		
7	<p>Determinar el tamaño del amortiguador, de los lotes de proceso, y de los lotes de transferencia.</p>		

final de la programación, aun así es preferible considerar adquirir capacidad adicional para darles tratamiento. En este caso, se debe establecer un tiempo de recepción (o espera) en el cual se acumulan devoluciones, para luego programar su envío a producción.

Tabla 1. Información general del procedimiento

El flujograma del procedimiento se puede observar en la figura 4.

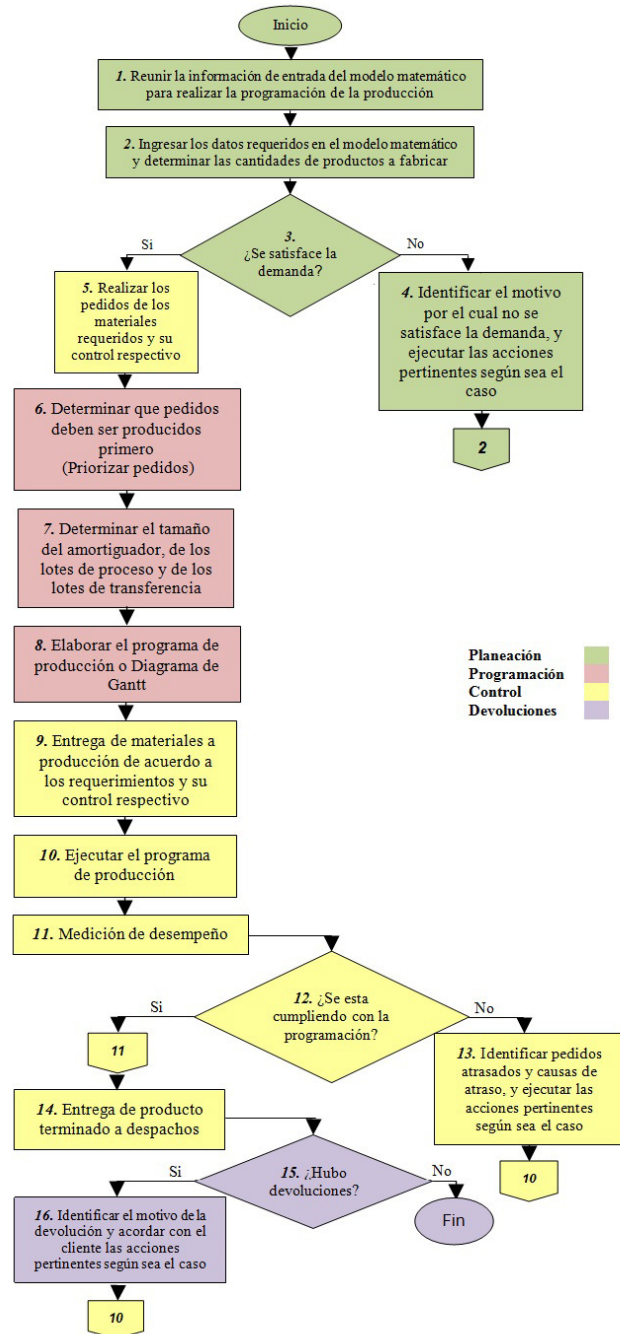


Figura 4. Flujograma del procedimiento

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó un procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado, el cual contempla un modelo matemático que representa el programa óptimo de producción para un período específico de tiempo, el cual puede ser utilizado por cualquier pequeña empresa que cuente con las características y operaciones similares a las de la empresa estudiada.

El programa óptimo de producción desarrollado, constituye una herramienta con la cual el empresario puede generar una ventaja frente a la competencia y ser más productivo, mientras maximiza sus utilidades o *throughput*.

El procedimiento diseñado puede ser aplicado por 28 pequeñas empresas de calzado que se encuentran ubicadas en la ciudad de San José de Cúcuta, que están registradas en ACICAM, y que en general cuentan con características similares a las de la empresa de estudio. De esta manera este procedimiento contribuiría al mejoramiento de la gestión de la producción de una parte representativa del sector calzado en la región.

Los pasos seguidos para dar solución a la problemática identificada representan un acercamiento novedoso para abordar este tipo de problemas. Además, el tener en cuenta las características y funcionamiento del sector permite ofrecer una solución óptima y real para las pequeñas empresas de calzado que deseen aplicarlo.

RECOMENDACIONES

Validar el procedimiento diseñado implementándolo en pequeñas empresas de calzado de la ciudad de San José de Cúcuta que presentan características similares a las de la empresa de estudio.

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de la empresa de calzado, por toda su colaboración, apoyo, y asesoría para el desarrollo de dicho estudio.

REFERENCIAS

- [1] Herrera Ramírez, M. M., "Programación de la producción. Una perspectiva de productividad y competitividad," *Virtual Pro*, no. 111, p. 4, Apr. 2011.
- [2] Jain, A. S. and Meeran, S., "A state of the art review of job shop scheduling techniques," *European Journal of Operations Research*, no. 113, pp. 390-434, 1999.
- [3] Prawda, J., *Métodos y modelos de investigación de operaciones. Vol. 1. Modelos*

- determinísticos*. México: Limusa, 2004, pp. 19-21.
- [4] Alvarado Boirivant, J., "El análisis post-optimal en programación lineal aplicada a la agricultura," *Reflexiones*, vol. 90, no. 1, pp. 161-173, 2011.
- [5] Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. and Malhotra, M. K., *Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor*, 8th ed. México: Pearson Education, 2008, p. 255.
- [6] Corbett, T., *La Contabilidad del Trúput. El Sistema de Contabilidad Gerencial de TOC*. Bogotá, Colombia: Ediciones Piénsalo, 2001, pp. 29-36.
- [7] Davies, J. and Mabin, V., "Theory of Constraints," *Virtual Pro*, no. 116, p. 20, Sep. 2011.
- [8] Torres Acosta, J. H., "Procedimiento para la planeación agregada en la pequeña y mediana industria manufacturera," *Ingeniería*, vol. 6, no. 1, pp. 23-29, 2001.
- [9] Torres Acosta, J. H., "Planeación Agregada de Costos: procedimientos para la PYME manufacturera colombiana," *Ingeniería*, vol. 7, no. 1, pp. 6-10, 2002.
- [10] Vargas Nieto, F. and Montoya Torres, J. R., "Implementación de un procedimiento basado en algoritmos evolutivos para programar la producción de marquillas estampadas por transferencia térmica," *Ingeniería y Universidad*, vol. 12, no. 2, pp. 269-299, 2008.
- [11] Álvarez Uribe, F. A., "Un modelo de planificación de la producción en una fábrica de calzados," Universidad de Concepción, Concepción, Tesis de maestría 2009.
- [12] Parra Llanos, J. W., "Programación de la producción por medio del modelo de teoría de restricciones para la empresa de calzado Mountain Power de la ciudad de Cúcuta," Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, 2011.
- [13] Romero Romero, R., Poblete Grandón, M. and Baesler Abufarde, F., "Modelo de programación de la producción para la industria del aserrío," *Ingeniería Industrial*, no. 1, pp. 19-23, 2004.
- [14] Garza Ríos, R. and González Sánchez, C., "Modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro," *Ingeniería Industrial*, vol. 25, no. 2, pp. 26-29, 2004.
- [15] Álvarez M., J., Inche M., J. and Salvador W., G., "Programación de operaciones mediante la teoría de restricciones," *Industrial Data*, vol. 7, no. 1, pp. 12-19, Aug. 2004.
- [16] Herrmann, J. W., "The Legacy of Taylor, Gantt, and Johnson: How to Improve Production Scheduling," University of Maryland, College Park, Technical Report TR 2007-26, 2007.
- [17] Comisión Regional de Competitividad de Norte de Santander, Avances del Plan Regional de Competitividad a Diciembre de 2009. Plan de Acción 2010, 2010, San José de Cúcuta..
- [18] Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, El Cuero, y sus Manufacturas, Plan de mejoramiento de la cadena productiva del calzado, el cuero y sus manufacturas, 2000, Bogotá.
- [19] Angulo, M., "Visión de Competitividad Regional," *El Empresario*, no. 53, pp. 4-5, Dec. 2007.
- [20] Banco de la República de Colombia, Notas Económicas Regionales. Región Centro Oriente, no. 3, 2004, Bucaramanga.
- [21] Estrada Mejía, S., Payan, A. F. and Patiño, H. F., "El sector calzado del área metropolitana centro occidente. Rumbo a la productividad y competitividad con ingenio e innovación," *Scientia et Technica*, vol. XII, no. 31, pp. 189-194, Aug. 2006.
- [22] Gobernación de Norte de Santander, Establecer estrategias que permitan el fortalecimiento de las exportaciones de las Mipymes de sector calzado y marroquinería del área metropolitana de Cúcuta a los países de Chile, Argentina, Ecuador, Perú, para la consecución del plan regional de competitividad de Norte de Santander. Gobernación del Norte de Santander. Consejería Departamental de Competitividad y Comercio Exterior, 2011, San José de Cúcuta.
- [23] Gobernación de Norte de Santander, Análisis comparativo de los sistemas productivos de las Mipymes del sector calzado, y marroquinería del área metropolitana de Cúcuta, 2010, San José de Cúcuta.
- [24] Niño Rico, J. V., "Plan de capacitación en habilidades gerenciales para los gerentes de producción del sector industrial del calzado, cuero y sus manufacturas en el área metropolitana de Cúcuta," Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, 2011.
- [25] González González, P. and Bermúdez, T., "Fuentes de información, indicadores y herramientas más usadas por gerentes de Mipyme en Cali, Colombia," *Contaduría y Administración*, no. 232, pp. 83-108, 2010.
- [26] Servicio Nacional de Aprendizaje, Cadena productiva del cuero. Caracterización ocupacional. Actualización. Mesa sectorial el cuero, calzado, y marroquinería, 2004, Medellín.
- [27] Mathur, K. and Solow, D., *Investigación de Operaciones. El arte de la toma de decisiones*. México: Prentice Hall Hispanoamericana, 1996,

- p. 977.
- [28] Sipper, D. and Bulfin, R., *Planeación y Control de la Producción*. México: McGraw Hill, 1998, p. 657.
 - [29] Chapman, S. J., *Planificación y Control de la Producción*. México: Pearson Education, 2006, p. 288.
 - [30] Goldratt, E., *La Carrera*. Argentina: Ediciones Gránica S.A., 2008, p. 198.
 - [31] *Directrices para la documentación del Sistema de Gestión de la Calidad, GTC-ISO/TR10013*, 2002.
 - [32] Ortiz Zambrano, Y. Y. and Osorio Jaimes, E., "Propuesta de programación de la producción de la empresa Confecciones Y7 en la ciudad de Cúcuta por medio de la teoría de restricciones," Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, 2009.
 - [33] Torres Acosta, J. H., "Procedimiento para la planeación agregada en la pequeña y mediana industria manufacturera," *Ingeniería*, vol. 6, no. 1, pp. 23-29, 2001.