

CAPÍTULO 6



Aplicación de metodologías para la eficiencia de la cadena de suministro: caso aplicado a una empresa de calzado en el municipio de Chinú, Córdoba

German Aguas Jiménez¹, José Ruiz-Meza², María Burgos Díaz³,
Paula Martínez Rivero⁴, Yeison Madera Angulo⁵

Resumen

Dentro de la cadena de suministro, la gestión de aprovisionamiento es considerada como uno de los aspectos más relevantes a lo largo de los sistemas productivos, debido a que comprende la planificación, ejecución y control de flujo eficiente y rentable de las materias primas necesarias para los procesos, lo cual permite alcanzar una mayor productividad. En este trabajo se aplicaron estrategias de control de la cadena de suministro de una empresa del sector cuero, calzado y marroquinería ubicada en el municipio de Chinú, Córdoba. Se identificaron distintos problemas enfocados en las políticas de planeación de la producción y la estandarización de tiempos de procesamiento, de manera que, mediante la estandarización de los procesos, pronósticos de demanda, selección proveedores y un modelo de planeación de la producción, se generaron escenarios de solución

1 Ingeniero Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: german.aguas@cecar.edu.co; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3341-3306>

2 PhD(c) en Logística y Gestión de Cadenas de Suministro. Maestría en Logística Integral. Ingeniero Industrial. Docente de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR, Grupo de investigación Simulación de Tecnologías para Procesos Industriales y Gestindustriales EOCA. Investigadornivel Junior MinCiencias. Correo: jose.ruizm@cecar.edu.co; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9155-5612>

3 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: maria.burgos@cecar.edu.co; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5630-8456>

4 Ingeniera Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: paula.martinezr@cecar.edu.co; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8739-4038>

5 Ingeniero Industrial. Corporación Universitaria del Caribe-CECAR. Correo: yeison.madera@cecar.edu.co; Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7609-6959>

para los problemas identificados. Se evaluaron diferentes modelos de pronósticos tomando como mejor opción el modelo ARIMA, el cual presentó una señal de seguimiento bastante aproximada a la realidad. Se aplicaron dos modelos para la selección de proveedores (el modelo análisis jerárquico-AHP y el modelo de ponderación), con los cuales se identificaron los proveedores que cumplen con las especificaciones de la empresa. Por último, se desarrolló un modelo matemático de planeación de la producción, el cual determinó las cantidades óptimas que se deben fabricar para maximizar las ganancias de la empresa.

Palabras clave: planeación de la producción, pronósticos, demanda, análisis jerárquico.

Application of methodologies for the efficiency of the supply chain: case applied to a footwear company in the municipality of Chinú, Córdoba

Abstract

Within the supply chain, supply management is considered as one of the most relevant aspects along the productive systems, because it includes the planning, execution and control of efficient and profitable flow of raw materials necessary for the processes, which allows to reach a higher productivity. In this work, supply chain control strategies were applied in a company of the leather, footwear and leather goods sector located in the municipality of Chinú, Córdoba. Different problems focused on production planning policies and standardization of processing times were identified, so that, through process standardization, demand forecasts, supplier selection and a production planning model, solution scenarios were generated for the problems identified. Different forecasting models were evaluated, taking the ARIMA model as the best option, which presented a tracking signal fairly close to reality. Two models were applied for supplier selection (the hierarchical analysis-AHP model and the weighting model), which were used to identify suppliers that meet the company's specifications. Finally, a mathematical production planning model was developed, which determined the optimal quantities to be manufactured in order to maximize the company's profits.

Keywords: production planning, forecasting, demand, hierarchical analysis

Introducción

El cuero, calzado y marroquinería es uno de los sectores que ha crecido, tanto así que los empresarios de este sector alrededor del mundo han tomado medidas para posicionar sus productos con altos estándares de calidad internacional, con el fin de satisfacer a la gran variedad de clientes que existen para este mercado cada vez más exigente (Sectorial 2017). Según Revista del Calzado (2018), la producción mundial de calzado alcanzó un monto de 24.200 millones de pares, aproximadamente el 2,7% más que en el año 2017, siendo China, India, Vietnam, Indonesia y Brasil los cinco principales países productores (Revista Calzado 2019). En Colombia, el sector se encuentra agrupado por la Asociación Colombiana de Industriales del Calzado, el Cuero y sus Manufacturas (ASICAM), constituida en un 98% por micros, pequeñas y medianas empresas. Además, el sector es uno de los más significativos de la industria colombiana, pues representa cerca del 1% de la producción y participa con más del 3% en la generación de empleo a nivel nacional (Asociación Colombiana de Industriales de Calzado, 2019).

Dentro de cada empresa existen una serie de actividades logísticas que contribuyen al desarrollo de un objetivo planteado, con la finalidad de maximizar la productividad a través de un manejo efectivo de los recursos disponibles (Alcocer-Quinteros and Knudsen-González 2019). Así, se genera un proceso de evaluación en cada una de estas actividades que involucra diversas estrategias, criterios, métodos y alternativas para la toma de decisión que, incluso, pueden entrar en conflicto con otras actividades (Osorio Gómez and Orejuela Cabrera 2008).

Como parte de ello, es imprescindible el desarrollo de estrategias entorno a la gestión de inventarios, selección de proveedores y distribución de los productos, sin olvidar que la eficiencia en el proceso de gerencia de la cadena de suministro involucra a la administración de los activos y los flujos de productos, con los cuales se puede maximizar la rentabilidad de la misma (Camacho *et al.* 2012). Así es que para administrar una cadena de suministro se hace necesario tomar en cuenta todas las actividades presentes en cada una de las etapas de los procesos. Por tal motivo, uno de los principales objetivos radica en la realización de pronósticos acertados que permitan mantener un adecuado nivel de inventarios y generar planes

de producción eficientes, sin omitir las políticas de costos-beneficio y de marketing establecidas previamente (Julian Andres Zapata Cortes 2014).

Por otra parte, de manera proporcional al crecimiento que ha presentado el mercado mundial del calzado en los últimos años, se producen desperdicios de muchos recursos dentro de los sistemas de producción; esto conlleva a que los clientes tomen la voz para que estos sistemas de fabricación sean más amables con el ambiente sin que se vean afectados en lo que respecta a la innovación en los diseños y los tiempos de entrega de los productos finales (Ald *et al.* 2018).

En este sentido, con la implementación de herramientas que midan la gestión del mismo sistema, se pueden obtener procesos logísticos que sean eficientes, generando así indicadores que reflejarán una serie de resultados para la toma de medidas orientadas a mejorar continuamente el sistema (Alcocer-Quinteros and Knudsen-González 2019).

Dentro del desarrollo de este artículo se plantearon estrategias de control para la cadena de suministro, tomando como caso de estudio una empresa productora de calzado del municipio de Chinú, Colombia. El objetivo planteado se centró en solucionar los problemas encontrados a lo largo de la cadena de suministro, con el fin de aumentar la productividad y permitirle a la empresa alcanzar un mayor crecimiento y reconocimiento en la región. Todo ello, mediante la estandarización de tiempos, el pronóstico de la demanda, la selección de proveedores y un modelo de planeación de la producción, para los cuales se utilizaron, como soporte para los cálculos, las herramientas Microsoft Excel, Statgraphics y el software de optimización GAMS.

En este sentido, se establece un proceso general que consta de diversos modelos estratégicos y de optimización aplicados a un caso realista que detalla su implementación para la solución de diversos problemas observados en la organización. Asimismo, el modelo matemático que se propone considera la especificidad de los problemas reales del caso de estudio, generando así una oportunidad para ser implementado en cualquier otro tipo de sistema similar.

El resto de este documento se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se realiza una caracterización del sistema productivo de la empresa caso de estudio; la sección 3 detalla los modelos aplicados a

los diferentes problemas identificados en la organización; finalmente, la sección 4 resume las conclusiones.

Caracterización del sistema productivo

El estudio desarrollado aborda la planeación de la producción, la cual implica estandarizar tiempos, seleccionar proveedores y pronosticar la demanda partiendo de datos históricos de 6 periodos, que equivalen a 6 semanas, en una empresa del sector cuero, calzado y marroquinería que se encarga de la fabricación y distribución de calzado.

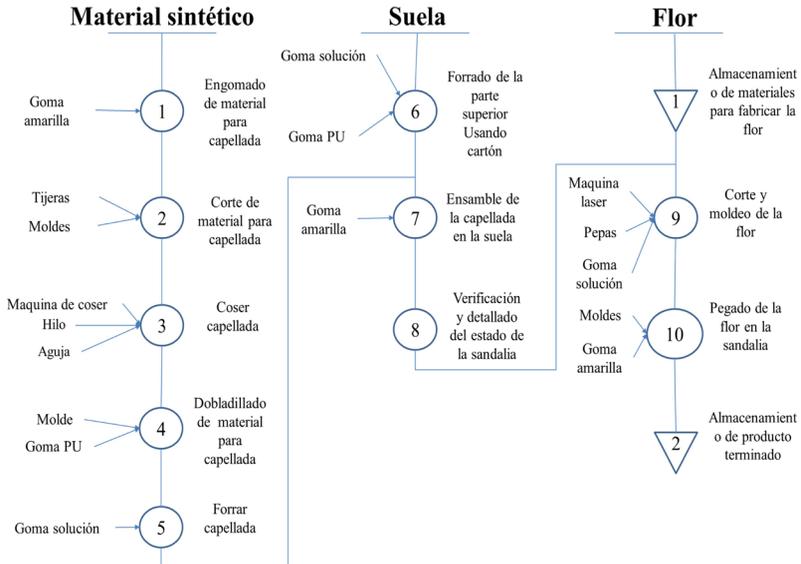
Este estudio maneja diversos alcances investigativos: descriptivo, debido a que se realizó una caracterización de la empresa; y exploratorio, debido a que se visitó la empresa y se observaron las actividades que se realizan en ella teniendo en cuenta las variables y situaciones que lo afectan.

El proceso de fabricación de calzado que se lleva a cabo actualmente en la empresa ha venido presentando ciertos problemas en sus diferentes etapas, dentro de las cuales se encontró que la empresa no cuenta con políticas de planeación al momento de realizar los pedidos a sus proveedores, ocasionando que la materia prima no cumpla con un estándar mínimo de calidad y que los tiempos de entrega, tanto de la materia prima como de los productos terminados, se incumplan.

De igual manera, dentro de la fabricación del producto se analizó que los tiempos de producción y las operaciones no están estandarizados y, consecuente a ello, se realizó un estudio de tiempo aplicando un método de medición directa que describe un enfoque metodológico definido para la toma de tiempos con cronómetro (Bures and Pivodova 2015). Mediante este estudio se calcularon los tiempos observados, normales y, posteriormente, se agregaron los suplementos para el cálculo de los tiempos estandarizados. Se tomó como base la construcción del diagrama de operaciones con el fin de establecer parámetros claros de todo el proceso e identificar las tareas a medir.

Figura 1

Diagrama de operaciones del sistema de producción actual.



Nota. Fuente: construcción propia.

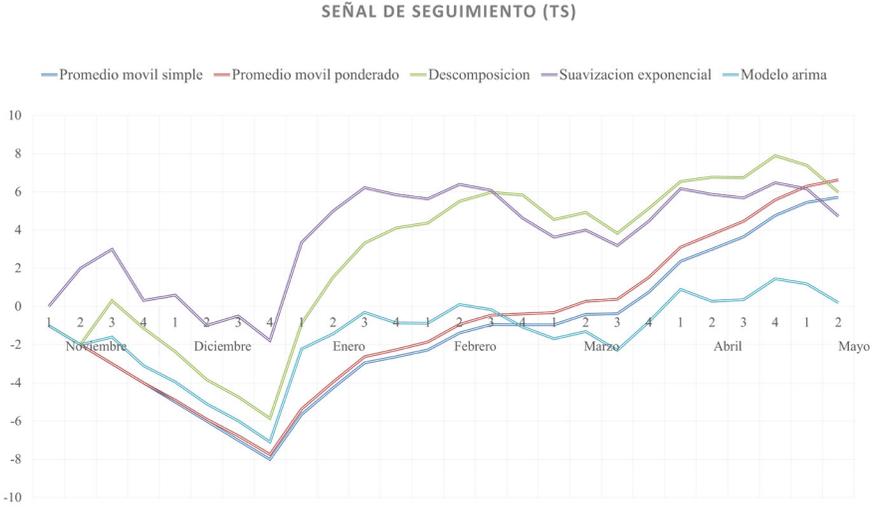
Posteriormente, se toma como base un número de 20 observaciones base según los criterios del estudio de tiempos por cronómetros de Niebel (Freivalds 2014). Asimismo, se aplica la ecuación para el cálculo del tamaño de las muestras y se procede a tomar las observaciones y la realización de los cálculos de los tiempos normales y estandarizados.

Aplicación de metodologías

Pronosticando la demanda usando Statgraphics y Microsoft Excel

Luego de caracterizar el sistema, se procedió a realizar un pronóstico de ventas de la empresa por medio de datos históricos desde el mes de noviembre hasta la mitad del mes de mayo, con el fin de pronosticar 6 periodos (cada periodo es equivalente a una semana). Para ello, se aplicaron diferentes modelos, entre ellos el promedio móvil simple, el promedio móvil ponderado, la descomposición, la suavización exponencial y los modelos ARIMA, para obtener una perspectiva global y a la vez parcializada de todos los datos que se obtuvieron, además de reducir la incertidumbre de la demanda (Suhermi et al. 2018).

Figura 2
Señales de seguimiento de cada modelo de pronóstico aplicado.



Nota. Fuente: construcción propia.

Al comparar las señales de seguimiento (TS) de cada uno de los modelos aplicados para estimar valores aproximados a las demandas reales de la empresa, se evidencia que el modelo ARIMA tiene un comportamiento muy ajustado al comportamiento de los datos históricos de la empresa. Por consiguiente, los resultados de este modelo serán utilizados más adelante para planear la producción. A continuación, se evidencian en tabla 1 los resultados obtenidos.

Tabla 1
Demandada proyectada por cada cliente.

Periodo	Comerciante 1	Comerciante 2
1	38	41
2	40	38
3	41	38
4	42	37
5	43	37
6	44	37

Nota. Fuente: construcción propia.

En este sentido, se proyecta un pronóstico para satisfacer la demanda de cada comerciante durante 6 periodos para que la empresa se centre en el diseño de estrategias de producción que permitan el aumento de su rentabilidad.

Selección de proveedores mediante el modelo AHP y modelo de ponderación

Debido a la falta de políticas de planeación para la eficiencia de los pedidos y la adquisición de materiales e insumos requeridos para la producción, se hace necesario que se fijen tiempos de entrega con lapsos permisibles, además de otras restricciones o requisitos que apunten a la optimización del desempeño de los proveedores. Por consiguiente, se emplearon dos modelos para determinar la identificación y selección de nuevos proveedores de cuero.

Inicialmente, se aplicó el modelo de Proceso de Análisis Jerárquico o AHP creado por Thomas Saaty (Saaty 1988) el cual permite evaluar varias estrategias cuando se consideran diferentes criterios (Benmouss et al. 2019) para la selección de la alternativa que presente un mayor peso en función del objetivo que se plantee (Wolnowska and Konicki 2019). En este caso se consideraron 4 peleterías ubicadas en el municipio de Chinú, Córdoba, y los criterios evaluados fueron: costo de la materia prima, costo de transporte, tiempo de aprovisionamiento y el rendimiento de la materia prima para una docena de producto.

Una vez definidos los criterios, se realizó el análisis por pares, es decir, se compararon cada una de las alternativas de proveedor frente a cada uno de los criterios asociándolos par por par y se les asignó una ponderación de acuerdo a la escala de comparación creada por Saaty (Sabaei, Erkoyuncu, and Roy 2015; Wolnowska and Konicki 2019), la cual se muestra en la tabla 2.

Una vez establecida cada comparación se normalizó la matriz, dividiendo cada término entre la suma de sus columnas, a partir de las cuales se realiza un promedio y se crea el vector de prioridad que se usa posteriormente para el resultado final. Ahora bien, para comprobar que las ponderaciones realizadas el coeficiente de consistencia fue calculado, el cual no debe ser mayor a 0,1 para que sea considerada aceptable la ponderación realizada. Para este caso, el coeficiente fue de 0,091, es decir, es aceptable y

los resultados sí podrán ser usados para tomar una decisión. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.

Tabla 2
Escala de comparación de SAATY.

Escala	Definición	Explicación
1	Igualmente, preferida	Los dos criterios contribuyen igual al objetivo
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen un poco a un criterio frente al otro
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un criterio frente al otro
7	Muy fuertemente preferida	Un criterio es favorecido muy fuertemente sobre el otro. En la práctica se puede demostrar su dominio.
9	Extremadamente preferida	La evidencia favorece en la más alta medida a un factor frente al otro

Nota. Fuente: construcción propia (Saaty 1988).

Tabla 3
Resultados obtenidos con el modelo AHP.

Criterio/ Alternativa	Costo Materia Pima	Costo Transporte	Tiempo Aprovisiona- miento	Rendimiento Mp X Docena	Prioriza- ción
Peletería La Esperanza	0,26	0,09	0,41	0,48	0,39
Peletería La Esperanza N° 2	0,08	0,54	0,32	0,28	0,24
Peletería La Matraca	0,50	0,14	0,17	0,06	0,20
Portamateriales del Caribe	0,16	0,22	0,09	0,18	0,17
Ponderación	0,29	0,04	0,09	0,57	

Nota. Fuente: construcción propia.

La principal opción para proveedor de la empresa es la peletería La Esperanza debido a que presentó el mejor comportamiento frente a las demás, con un porcentaje de 39%. De manera que puede cumplir con los

criterios establecidos por la empresa para el aprovisionamiento de materias primas.

Adicionalmente, se aplicó un modelo de promedio ponderado para seleccionar al proveedor más adecuado y verificar si seguía los resultados obtenidos con el AHP.

Se consideraron criterios de precios, rendimiento del material y el servicio de entrega del mismo. Para los cuales se les asignó porcentajes de 40%, 40% y 20%, respectivamente, los cuales denotan la importancia de cada criterio. De igual manera, la empresa estipuló un presupuesto de

\$13500 para comprar el material del cual se requieren 71,3 cm para producir una docena de zapatos. Ahora bien, para la selección de proveedores a través de este método, se aplica la ecuación . Los resultados se muestran en la tabla 4.

$$Er = \frac{(P_c C + P_s S + P_p P)}{P_c + P_s + P_p} \quad (1)$$

Tabla 4
Resultados de los modelos de ponderación.

Oferta de los proveedores			Selección de proveedores							
Empresa	Indicadores			Ponderaciones			Precio	Empresa seleccionada		
	Calidad P_c	Servicio P_s	Precio P_p	Calidad P_c	Servicio P_s	Precio P_p				
Peletería La Esperanza	75 cm	100%	14000	95,6%	100%	96,4%	40%	40%	20%	96,6%
Peletería La Esperanza N° 2	85 cm	100%	13600	83,6%	100%	99,3%	40%	40%	20%	87,4%
Peletería La Matraca	80 cm	80%	16800	89,6%	80%	80,4%	40%	40%	20%	87,4%
Portamateriales del Caribe	90 cm	95%	14700	79,7%	95%	91,8%	40%	40%	20%	83,1%

Nota. Fuente: construcción propia.

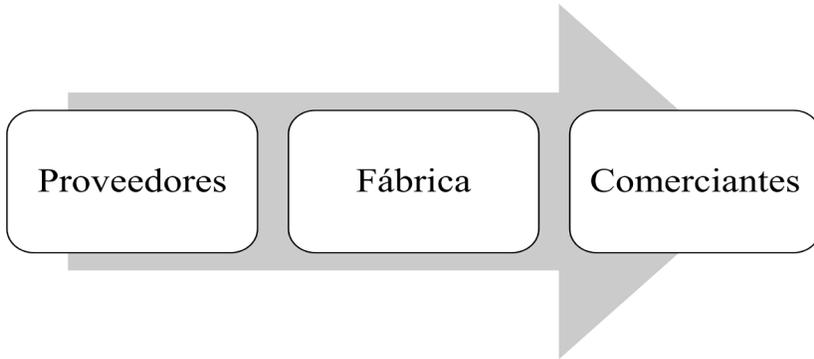
Al igual que el modelo AHP, la peletería La Esperanza es el proveedor que cumple con un valor porcentualmente más alto acorde a las especificaciones solicitadas por la empresa.

Modelo de planeación de la producción

El flujo de la cadena se presenta de manera lineal. Figura 3. Los fabricantes no tienen una relación directa con clientes finales. Asimismo, la empresa estudiada labora con base a un sistema bajo pedido, es decir, los

inventarios siempre son cero (0) con el fin de que no se produzcan costos por inventario (Puchkova, Le Romancer, and McFarlane 2016).

Figura 3
Alcance de la cadena de suministro



Nota. Fuente: construcción propia.

Acorde a las problemáticas de producción que se presentan en la empresa, se desarrolla un modelo matemático para la planeación de la producción, el cual toma como base los cálculos previos de selección de los proveedores, estandarización de tiempos y el pronóstico de la demanda de cada comerciante por cada periodo de tiempo. El modelo matemático se detalla a continuación.

Conjuntos

I Conjunto de materias primas

J Conjunto de clientes

T Periodos de tiempo

Parámetros

TE_t Tiempo estándar de la fabricación de una unidad por periodo t .

$Cmpn_i$ Cantidad de materia prima i necesaria para la fabricación de una unidad.

CmP_i Costos de materia prima i .

Cif_t Otros costos indirectos por periodos t .

$TTPP_t$ Tiempo de trabajo disponible por periodo t .

$DispMP_i$ Disponibilidad de materia prima i por periodo t .

Dem_{jt} Demandas pronosticadas de cada cliente j en el periodo t .

PgP_t Presupuesto general para cada periodo t .

Mon_t Mano de obra en el periodo t .

$CMon_t$ Costo de mano de obra por unidad a producir en el periodo t .

Cp_t Capacidad de producción de la planta por periodo t .

Pv_t Precio de venta de cada unidad en cada periodo t .

Variables

TO_t Tiempo de ocio que poseen los trabajadores en cada periodo de tiempo t .

x_{jt} Cantidades de productos a vender a cada cliente j por periodo pronosticado t .

Ipp_{jt} Ingresos que posee la empresa por cada cliente j en cada periodo t .

$Ccpp_{jt}$ Costos de la empresa por cada cliente j en cada periodo t .

Gpp_{jt} Utilidades que genera la empresa luego de restar costos a los ingresos por cada cliente j por cada periodo de pronóstico t .

Función objetivo

$$\text{Max } Z = \sum_j \sum_t Gpp_{jt} \quad (2) \text{ Restricciones}$$

$$x_{jt} = Dem_{jt} \quad \forall j, \forall t \quad \forall i, \forall t \quad (3)$$

$$\sum_j TE_t x_{jt} \leq TTPP_t \quad \forall t \quad (4)$$

$$\sum_j x_{ij} Cmpn_i \leq DispMP_i \quad \forall i, \forall t \quad (5)$$

$$\sum_i^I \sum_j^J Cmpn_i Cmon_i x_{jt} + Cmon_t + Cif_t \leq PgP_t \quad \forall t \quad (6)$$

$$\sum_j^J x_{jt} \leq Cp_t \quad \forall t \quad (7)$$

$$TTPP_t - \sum_j^J TE_t x_{jt} = TO_t \quad \forall t \quad (8)$$

$$x_{jt} Pv_t = Ipp_{jt} \quad \forall j, \forall t \quad (9)$$

$$\sum_i^I Cmpn_i Cmp_i x_{jt} + Cmon_t + Cif_t = Ccpp_{jt} \quad \forall j, \forall t \quad (10)$$

$$Ipp_{jt} - Ccpp_{jt} = Gpp_{jt} \quad \forall j, \forall t \quad (11)$$

$$x_{jt}, Ipp_{jt}, Ccpp_{jt}, TO_t \geq 0 \quad \forall j, \forall t \quad \forall j, \forall t \quad (12)$$

$$Gpp_{jt} \in \square \quad \forall j, \forall t \quad (13)$$

La ecuación pretende la maximización de las utilidades que se generan en la empresa. La restricción asegura el cumplimiento de la demanda pronosticada. La restricción evita que se sobrepase el tiempo disponible de producción. La restricción asegura que no se exceda el uso de materia prima disponible. La ecuación determina el uso del presupuesto para la producción. La restricción asegura que no se exceda la capacidad de producción de las instalaciones. La ecuación calcula el tiempo de ocio de los trabajadores. Las restricciones , y calculan los ingresos, costos totales y las utilidades del negocio, respectivamente. Por último, las restricciones y definen la naturaleza de las variables.

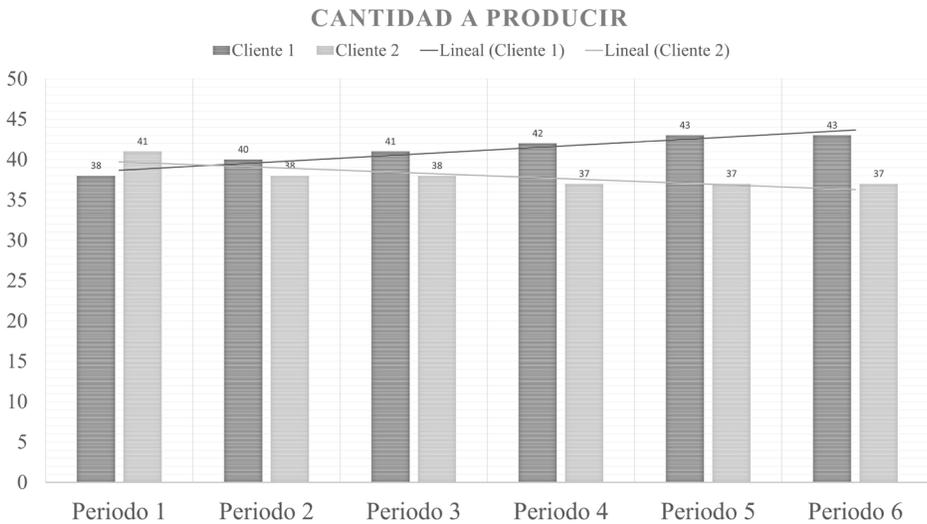
Resultados obtenidos con el modelo de optimización

El modelo fue codificado en el software GAMS y resuelto mediante el solver CPLEX en un computador con 20Gb de RAM, procesador Intel Core-i7 8th Generación y DD de 1Tb.

Las cantidades de productos que la empresa debe producir para satisfacer la demanda de cada cliente en cada uno de los seis periodos pronosticados se muestra en la Figura 4. Paralelamente, se puede

observar que las cantidades a producir para el cliente uno presentan un comportamiento ascendente en la medida en que pasa el tiempo mientras que las cantidades de producto a fabricar para el cliente dos disminuyen. De igual manera, se permite observar que en el periodo seis las cantidades a producir llegan a un máximo de 43 unidades frente a un mínimo de unidades de 38. Sin embargo, desde un punto de vista global, se puede inferir que las cantidades máximas que la empresa debe fabricar aproximadamente son de 80 en los periodos 5 y 6. Lo que relativamente se va a ver reflejado de forma positiva para la empresa.

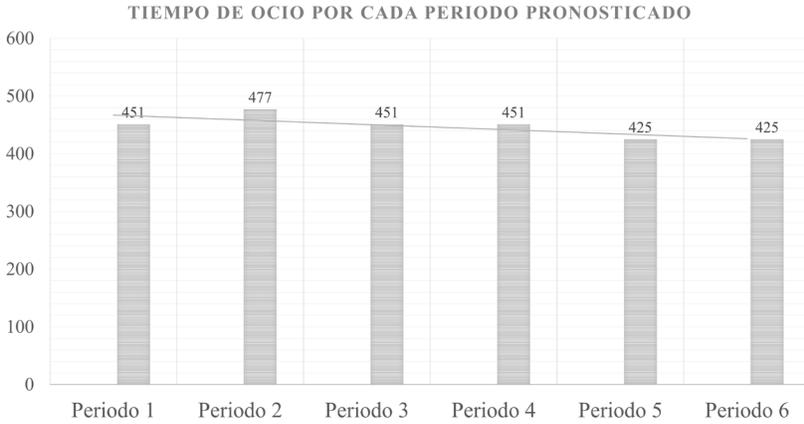
Figura 4
Satisfacción de la demanda.



Nota. Fuente: construcción propia.

Los tiempos de ocio varían de acuerdo con las cantidades que se deben fabricar por cada periodo pronosticado. Es decir, que el periodo en que más tiempo de ocio se podría presentar es el dos mientras que en el periodo 5 y 6 los tiempos de ocio son los menores. Figura 5.

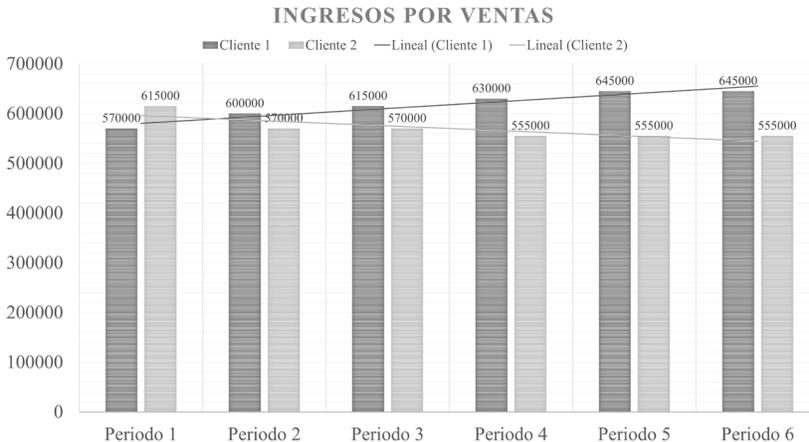
Figura 5
Tiempo de ocio por periodo pronosticado.



Nota. Fuente: construcción propia.

Como es de esperar, los ingresos por ventas en los periodos 5 y 6 son los más altos con valores equivalentes mientras que los menores ingresos se presentarían en el periodo 2. Figura 6. En el mismo sentido, se estima que los menores ingresos por ventas por cada periodo se ven afectados de manera proporcional por las demandas del cliente uno a lo largo del tiempo.

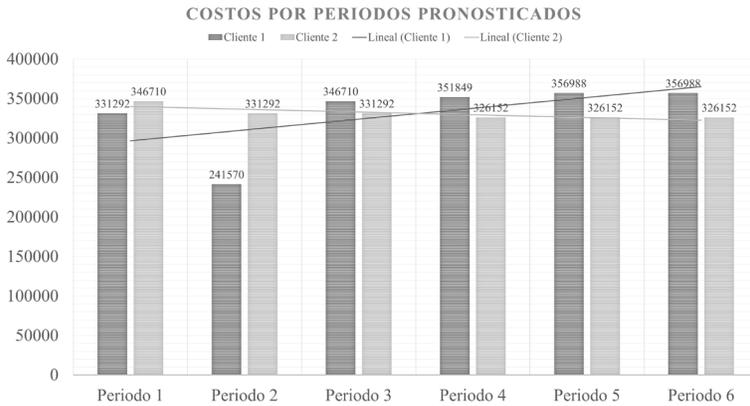
Figura 6
Ingresos por ventas.



Nota. Fuente: construcción propia.

Por otra parte, se destaca la relación creciente de los costos que conservan los periodos 5 y 6; siendo estos los más altos mientras que los menores costos son presentados por el total de productos fabricados en el periodo 2. Figura 7.

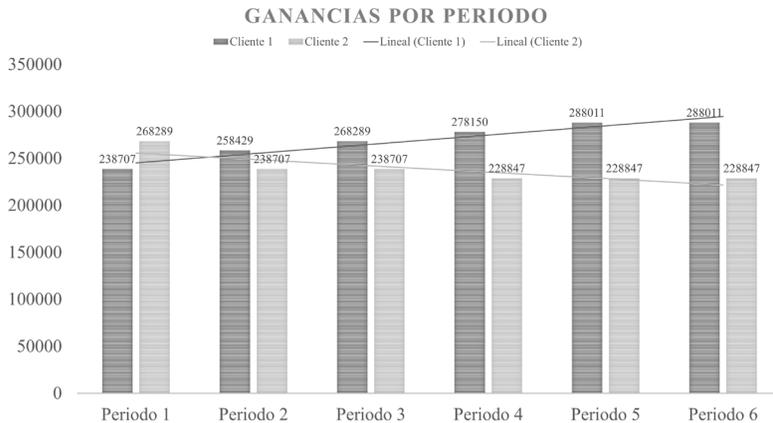
Figura 7
Costos por periodos pronosticados.



Nota. Fuente: construcción propia.

Como resultado esperado, se puede observar que las mayores ganancias se presentaron en el periodo 5 y 6 con un resultado total individual de \$516858 Figura 8.

Figura 8
Utilidades generadas.



Nota. Fuente: construcción propia.

Conclusiones

La aplicación de diferentes metodologías de optimización en la gestión de la cadena de suministro permite alcanzar mayores niveles de productividad, mediante el control y eficiencia de cada una de las actividades que se realizan en los eslabones. Lo que se refleja en una buena administración de activos y el flujo de los productos con los cuales se puede maximizar la rentabilidad.

Los problemas identificados en la empresa caso de estudio asociados a la planeación de la producción, elección de proveedores y pronóstico de demanda afectan tanto a la empresa misma como a la cadena de suministro en general, por lo cual se aplicaron diferentes metodologías para generar soluciones eficientes.

En este sentido, los métodos iniciales aplicados arrojaron como resultado los parámetros requeridos para poder desarrollar el modelo matemático de planeación de la producción. Con esto, se generó un modelo de toma de decisiones para mantener un flujo eficiente de los productos y satisfacer las necesidades de los eslabones aguas abajo de la cadena que, en este caso particular, corresponde a los dos comerciantes. Así bien, las cantidades a producir mediante un flujo eficiente de materia prima y las utilidades que se esperan del negocio fueron calculadas para un total de 6 periodos pronosticados.

Referencias

- Alcocer-Quinteros, Patricio Rubén, and José Alberto Knudsen-González. 2019. "Desempeño Integral de Los Procesos Logísticos En Una Cadena de Suministro." *Ingeniería Industrial* 40(1):78–87.
- Ald, Darwin Santiago, Portalanza Molina, Byron Andr, Chipantiza Ganan Dar, and Escuela Superior Polit. 2018. "Dialnet-GestionDeLosTiemposDePreparacionEnAparadoConLaMeto-6501349."
- ASOCIACION COLOMBIANA DE INDUSTRIALES DEL CALZADO, CUERO Y SUS MANUFACTURAS. 2019. *¿Como Va El Sector?–Enero a Octubre 2019*.
- Benmouss, Khaoula, Majida Laaziri, Samira Khouliji, Mohamed Larbi Kerkeb, and Abir El Yamami. 2019. "AHP-Based Approach for Evalua-

- ting Ergonomic Criteria.” *Procedia Manufacturing* 32:856–63. doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.294.
- Bures, Marek, and Pavlina Pivodova. 2015. “Comparison of Time Standardization Methods on the Basis of Real Experiment.” *Procedia Engineering* 100(January):466–74. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.392.
- Camacho, Hernando Camacho, Karol Lorena, Gómez Espinosa, and Camilo Andrés Monroy. 2012. *Importancia de La Cadena de Suministros En Las Organizaciones*. Panama.
- Freivalds, Andris. 2014. *Ingeniería Industrial de Niebel: Métodos, Estándares y Diseño Del Trabajo*. McGraw-Hill Interamericana Editores, SA de CV.
- Julian Andres Zapata Cortes. 2014. *Fundamentos de La Gestión de Inventarios*. Vol. 1. 1st ed. edited by D. A. Londonño Pulgarin. Medellín.
- Osorio Gómez, Juan, and Juan Orejuela Cabrera. 2008. “El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y La Toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación.” *Scientia et Technica* 2(39):247–52. doi: 10.22517/23447214.3217.
- Puchkova, Alena, Julien Le Romancer, and Duncan McFarlane. 2016. “Balancing Push and Pull Strategies within the Production System.” Pp. 66–71 in *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 49. Elsevier B.V.
- Revista Calzado. 2019. *Anuario Del Sector Mundial Del Calzado: Año 2018–Revista Del Calzado*. Madrid.
- Saaty, Thomas L. 1988. “What Is the Analytic Hierarchy Process?” Pp. 109–21 in *Mathematical models for decision support*. Springer.
- Sabaei, Davood, John Erkoyuncu, and Rajkumar Roy. 2015. “A Review of Multi-Criteria Decision Making Methods for Enhanced Maintenance Delivery.” *Procedia CIRP* 37:30–35. doi: 10.1016/j.procir.2015.08.086.
- Sectorial. 2017. “La Ilegalidad, El Principal Protagonista Del Sector Cuero y Calzado.”
- Suhermi, Novri, Suhartono, Dedy Dwi Prastyo, and Baharuddin Ali. 2018. “Roll Motion Prediction Using a Hybrid Deep Learning and ARIMA Model.” *Procedia Computer Science* 144:251–58. doi: 10.1016/j.procs.2018.10.526.

Wolnowska, Anna E., and Wojciech Konicki. 2019. "Multi-Criterial Analysis of Oversize Cargo Transport through the City, Using the AHP Method." *Transportation Research Procedia* 39(2018):614–23. doi: 10.1016/j.trpro.2019.06.063.