

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INTEGRAR EL SEGUIMIENTO FINANCIERO A LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Área de investigación: Finanzas

Magda Gabriela Sánchez Trujillo
Escuela Superior de Tepeji del Río
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México
mgabyst@gmail.com

Lázaro Jaime Garrido López
Escuela Superior de Tepeji del Río
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
México
jlgarrido@hotmail.com

XVIII
CONGRESO
INTERNACIONAL
DE
CONTADURÍA
ADMINISTRACIÓN
E
INFORMÁTICA



Octubre 2, 3 y 4 de 2013 ♦ Ciudad Universitaria ♦ México, D.F.



ANFECA
Asociación Nacional de Facultades y
Escuelas de Contaduría y Administración

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INTEGRAR EL SEGUIMIENTO FINANCIERO A LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Resumen

Se asume que una estrategia adecuada entre la planeación de la producción y la administración financiera incidirá positivamente sobre las ganancias de las empresas y les llevará a expandirse. Diversas metodologías constituyen avances para lograrlo. Charnes, et al. (1959) ya proponían la posible integración de la planificación de la producción con las finanzas. Sin embargo, persisten problemas en el proceso de planificación, tales como: la forma jerárquica en que se diseña el plan de producción; niveles de inventario, la previsión de la demanda, nivel de producción, los suministros en cantidad y fecha de entrega, calidad de la materia prima, el pronóstico de plantilla, entre otros. Mientras que la planeación financiera considera el flujo de efectivo, estrategias de pago a proveedores, políticas de créditos, y otros criterios que pueden afectar los planes de producción. Siendo así que la gestión financiera trabaja en el mejor de los casos de forma paralela al proceso pero no integrada. El propósito del presente trabajo es ampliar las posibilidades de utilización práctica de la planificación agregada y el alcance de la misma mediante el diseño de un modelo que incorpore de forma progresiva decisiones de todas las áreas funcionales de la empresa.

Palabras clave. Planificación integral, planificación financiera, gestión financiera

Abstract

An appropriate strategy between production planning and financial management have a positive impact on corporate profits and lead them to expand. Various methodologies are steps to achieve. Charnes, et al. (1959) proposed the possible integration of production planning with finances. However, problems remain in the planning process, such as the hierarchical form that the production plan is commonly designed; inventory levels, demand forecasting, production level, supplies in quantity and date of delivery, quality raw material, staffing forecast, among others. The purpose of this paper is to expand the possibilities of using aggregate planning practice and the scope of it by designing a model that incorporates a progressive decision over all functional areas of the company.

Keywords: Integral planning, production planning, financial management.



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA INTEGRAR EL SEGUIMIENTO FINANCIERO A LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Introducción

La Planeación es el punto de partida del proceso administrativo, el cual consiste en determinar los objetivos y formular políticas, planes, estrategias, procedimientos y métodos para lograrlos. Kazmier, (2002).

Al abordar el tema de Planeación Agregada (PA en adelante), se hace referencia a planes estratégicos de la empresa, anuales, trimestrales, mensuales, etc., teniendo como objetivo el minimizar los costos de los recursos requeridos para cubrir la demanda en determinado periodo, es decir se planea la producción.

Esta PA, se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como base fundamental, de acuerdo al planteamiento de varios autores (Schroeder,1992; Chase y Aquilano,1995; Nahmias,1997; Heizer y Render,1997; Rusell& Taylor,1998; Domínguez Machuca et al, 1995), la de establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo que, generalmente, fluctúa entre 3 y 18 meses, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente, considerando algunas variables como pueden ser, nivel de personal, volumen de producción y horas extra en el periodo, además de datos del área comercial.

Esta visión de la PA limita las ventajas que la empresa puede lograr en este nivel de planificación, ya que sólo se consideran decisiones referentes a la producción y de forma superficial algunas de las correspondientes a la gestión financiera.

En la búsqueda constante por mejorar la rentabilidad y situación financiera de las organizaciones, desde la década de los 50's los investigadores han encontrado que raramente se reconoce la interdependencia entre el flujo financiero y el operativo y que las decisiones son basadas en diferentes criterios (Protopappa-Sieke 2010). A partir de todo lo anterior, el problema que plantea la investigación reside en que las empresas llevan a cabo la planeación de las operaciones tomando decisiones de forma separada en función de niveles de inventario, niveles de producción, materia prima, servicio y por otro, de desempeño financiero en términos de ganancia, necesidades de capital de trabajo y de retorno de inversión, lo cual hace que los administradores financieros tomen decisiones parcialmente arbitrarias enfocadas al rango deseado de desempeño financiero que en muchos casos se convierten en restricciones para el consecución de la planeación operativa.

Aunque se han mostrado avances en esta integración, persiste la necesidad de integrar en la PA áreas distintas de la producción. Así, el objetivo central que persigue el presente trabajo es crear un enfoque conjunto entre los aspectos financieros y operativos de una PyME manufacturera para la toma de decisiones, a través del diseño y aplicación de un modelo cuantitativo de optimización que permita la combinación de los mencionados criterios para lograr minimizar costos considerando los diferentes elementos que cada área toma para la planeación y administración de sus recursos. En este mismo avance, se busca



destacar la importancia del seguimiento financiero, como un instrumento integrador de control interno en la planeación de la producción, estableciendo un pronóstico óptimo.

La investigación se enmarca como un estudio cuantitativo no experimental de corte transversal, dado que los datos se toman de un periodo dado tal y como se presentan el alcance es exploratorio- descriptivo ya que se busca indagar los modelos, métodos y herramientas de la planeación agregada desde nuevas perspectivas. Este análisis permite desvelar los avances y limitaciones de los modelos propuestos hasta el momento, y de ahí sugerir líneas de investigación que lleve al seguimiento financiero a convertirse en un elemento de la PA para prever e integrar a mediano plazo otras áreas funcionales de la empresa, de manera que garantice la coordinación de las mismas, optimizando de esta forma los recursos y los beneficios integrales.

Una vez desarrollado el marco conceptual y metodológico, se consideró desarrollar el aspecto teórico de las variables, aquí el objetivo está enfocado a definir las variables de decisión y los parámetros constantes que tengan potencial explicativo y probabilidad de ser incluidos en la función objetivo del modelo.

La investigación se llevará a cabo en una PyME manufacturera textil ubicada el Municipio de Tepeji del Rio, Hidalgo, con la que se tiene establecido un convenio de colaboración, el objetivo consiste en diseñar y aplicar un modelo que permita interrelacionar el seguimiento financiero en la planeación de la producción con el fin de poder visualizar estas actividades como una ventaja competitiva para la empresa.

Sabemos que gran número de entidades cierran operaciones, al no obtener los resultados financieros esperados, la revisión de literatura apunta a una falta de integración y seguimiento financiero a la producción, sustentada en sistemas eficientes y confiables. El resultado esperado es una propuesta confiable para la toma de decisiones de las PyMES, tomando como sustento el seguimiento financiero a la planeación de la producción, favoreciendo su crecimiento.

Derivado de lo anterior consideramos que la presente investigación resulta pertinente en el campo de la administración, dado que se aborda un problema real que contempla el cálculo de la producción con un horizonte de planeación para determinar la capacidad productiva de la misma, lo cual a su vez es importante ya que está relacionada con una aportación o desembolso de capital y está ligada con el éxito o el fracaso que pueda tener, por esta razón resulta relevante sincronizar y optimizar los recursos materiales y financieros que sean utilizados.

1. MARCO TEÓRICO

Los aspectos más relevantes que consideramos al realizar la revisión de literatura son: la incorporación de decisiones financieras en la cadena de suministro y operación, así como manejo de inventario bajo restricciones de capital de trabajo.



Estudios Pioneros

En la Literatura revisada aparece como el estudio seminal el trabajo de planificación agregada de Rathenau, (1918), donde plantea la previsión suficiente y oportuna de recursos para alcanzar una eficiencia en las operaciones de producción.

A partir de los años 50`s (Holt, 1955, Modigliani y Muth 1956 y Simon 1960), describen modelos de aplicación a la producción agregada, donde se distingue la PA como un método para calcular la cantidad de producción y su desarrollo en el mediano plazo.

Sin embargo se continúa considerando únicamente decisiones relativas a la producción, dejando de lado aspectos de gestión financiera. No obstante, Charnes, et al., 1959 aluden la posibilidad de integrar la planificación de la producción con el área de finanzas. No obstante, dada la escasa eficiencia de los medios de cálculo disponibles en esta época, la integración en un solo proceso de las decisiones correspondientes a todas las áreas funcionales de la empresa quedaba lejos del alcance de tal aplicación por lo que tal enfoque se vio limitado.

En una evolución natural, Damon y Schramm, (1972) amplían el modelo de Holt, et al., al incorporar en su modelo variables que representan al área comercial y la gestión financiera.

Siguiendo esta misma línea Kirca y Koksalan (1996) desarrollan un modelo de planificación agregada que integra decisiones de producción y finanzas. De esta manera Cunningham y Chien (2000) realizan la propuesta de un procedimiento para integrar decisiones de diversas áreas funcionales de la empresa.

Estudios Recientes

Los modelos se han ido trasladando desde hace décadas en la integración de las áreas funcionales de la empresa. Boiteux, et al. (2007) hacen una clasificación según el alcance de esa integración:

- a) Modelos que solo estiman el área de producción con dimensiones fijas de plantilla, como Tadei, et al. (1995). Otra propuesta es el modelo de programación lineal entera mixta Techawiboonwong y Yenradee, (2003) con trabajadores polivalentes para adaptar la capacidad de producción sin tener que optar a variaciones de plantilla.
- b) Modelos que distinguen el área de producción y decisiones de variación de plantilla. Dobos, (1996) presenta un modelo basado en la ley de control óptimo. Leung et al. (2003) un modelo de programación lineal por metas. Leung et al. (2006) un modelo estocástico con una distribución de probabilidad sobre pronósticos de demanda.
- c) Trabajos que integran el área de producción y modalidades de organización flexible del tiempo de trabajo. Corominas, et al. (2002), Lusa, (2003), Corominas, et al. (2004 y 2007), proponen la planificación del tiempo de trabajo de una plantilla con jornada anualizada.
- d) Propuestas que integran el área de producción y el área financiera. Damon y Schramm, (1972), utilizan modelos secuenciales de programación no lineal basados



en reglas de decisión. Chien y Cunningham, (2000) proponen un sistema de manejo de hojas de cálculo con decisiones secuenciales. Kirka y Koksala, (1996), utilizan un modelo de programación lineal que integra la planificación de la producción y la planificación financiera.

- e) Por su parte Protopappa et al., 2010 integran un modelo de interrelación operacional y financiera para el control de niveles de inventario.

El Problema de la Planificación Agregada

El enfoque clásico de la planificación de la producción se plantea de forma lineal y jerárquica, en cuanto a decisiones y plazos considerados, como se puede apreciar en la figura 1.

La distinción de niveles diferentes de planificación basados en el período de tiempo y la cantidad de detalle de los planes es conocida como Planificación Jerárquica de la Producción (HPP) (Hax y Meal, 1975; Hax y Candea, 1984).

En un punto inicial aparece la planeación estratégica en este nivel estratégico de la planificación a largo plazo la alta dirección adopta decisiones de inversión relativas a la capacidad instalada para la producción. Otro nivel lo constituye la planificación agregada a cargo del área de producción donde se trabaja con agregados de productos y recursos (que hace referencia a periodos de plazo medio, dividido en meses). La información en este nivel es muy agregada y su fuente es principalmente externa. Las decisiones estratégicas crean restricciones para el nivel táctico de planificación, dado que este nivel implica la planificación de los recursos a medio y corto plazo. En esta área (producción) desarrolla el plan maestro de producción se intenta prever la demanda y ajustarla a la producción con el menor costo posible, considerando variables tales como: suministros, mano de obra, tiempo de producción, horas extras e inventarios para cada periodo. Es decir, la coordinación de la planta de producción se encarga de las decisiones en tiempo real. Su objetivo es respetar tanto como sea posible el programa de producción, reaccionar rápidamente frente a perturbaciones imprevistas y tener la habilidad para analizar un flujo entrante de información irregular que describe la evolución del entorno para tomar las medidas oportunas. Por último, el resultado de toda esta operación afecta a la gestión de personal y repercute en finanzas.



Figura 1

Planificación Jerárquica de la Producción



Fuente: Adaptado de Miranda et al. (2005).

Existe la necesidad por tanto de una estrecha vinculación predominante y sistemática del área de producción y el proceso de planificación agregada con otras áreas funcionales de la empresa como son: compras y abastecimientos, ventas, producción, factor humano y finanzas con el fin de concertar las decisiones correspondientes. En efecto Singhal, (2006) apunta que la PA puede intervenir como una aplicación que coordine las decisiones tácticas oportunas a los diversos departamentos de la empresa

En este punto vemos que la PA cumple su función de forma limitada, ya que las decisiones correspondientes que involucran a las demás áreas mencionadas no se determinan simultáneamente, sino que se parte de la previsión de la demanda para tomar las decisiones de nivel de producción y tiempo de fabricación que finalmente repercuten en las compras, en personal y finanzas.

Por otra parte la evolución de los modelos requiere que las variables específicas que intervienen en los mismos respondan a las particularidades de gestión habituales en las empresas y el comportamiento del mercado donde se encuentran insertas.

Principios de Evaluación de PA

El tipo de mercado. Este es un punto relevante para determinar el horizonte de tiempo del plan de producción, ya que como plantea Bufo y Taubert, (1972) Si el mercado en el que se compite es estacional por cualquier razón la planificación requiere prever tiempos de entrega de materia prima, proveedores, mano de obra, volumen de producción, frecuencia de revisión y plazos de entrega, así como los controles de la producción.

Aspectos económicos. Se refiere a maximizar el beneficio (ventas-costos totales), esto equivale a minimizar costos, ya sea de mano de obra (directa o por turnos), contratación de personal, despidos, subcontratación, mantenimiento de stocks, costos financieros y costos de oportunidad.



De producción. Minimizar variaciones en el nivel de producción, disminuir demoras en las entregas de pedidos, minimizar variaciones en personal requerido.

Métodos para la solución del problema de PA

Los métodos propuestos en la literatura se pueden clasificar en tres grupos: comparación de alternativas, reglas de decisión y programación matemática.

La comparación de alternativas utilizando hojas de cálculo y gráficos para planificar la producción a nivel agregado. Alford, (1945).

El método de reglas de decisión trabaja a partir de los datos (pronósticos de demanda, costos, inventarios actuales), mediante un conjunto de expresiones matemáticas que pueden ser lineales o no. Holt, (1955) utiliza regla de decisión lineal (LDR), en la que utiliza además regla de decisión cuadrática de los costos asociados a la nomina, cambios en el volumen de producción y el tamaño de la plantilla para periodos siguientes utilizando pronósticos agregados de ventas. Este procedimiento proporciona resultados óptimos para este tipo de funciones y sin restricciones, lo cual es una limitación del método porque en la realidad los datos son diferentes. Sin embargo este modelo dio lugar a ampliaciones del mismo tales como el modelo LDR y la capacidad de planta (Sypkens, 1967), el método de Bowman, (1963) que propone un modelo de coeficientes de dirección y el método de regla de decisión por búsqueda (Taubert, 1968).

En los **modelos de programación matemática**. Bowman, (1956) es el precursor y en este grupo se han propuesto numerosos modelos de programación lineal entera mixta (PLEM) y de programación no lineal (PNL). Así también tenemos modelos que utilizan la lógica difusa los cuales son una ampliación del modelo lineal, considerando una variación en la demanda ya que está dada de manera vaga o imprecisa.

Para el diseño del modelo que nos ocupa se utilizará programación lineal determinista que maneja coeficientes de las restricciones.

Asumimos que los valores de la demanda están definidos en el intervalo $[D_i, D_i + D_i]$ para cada periodo, donde D_i es la demanda pronosticada para el periodo i .

Hasta este punto vemos que en la planificación agregada es necesaria la coordinación de todos los elementos de la empresa, diversos autores coinciden en que las decisiones de cada una de ellas de manera coordinada haría posible una toma de decisiones más oportuna y suficiente, dado que el desempeño de la organización es dinámico y cambiante. Consecuentemente, las interacciones del desempeño (internas y externas) deben ser cuantificadas (Najmiet *al.* 2005), esta medición permite a los implicados en la toma de decisiones, ejercer acciones correctivas cuando se considera necesario.

La incorporación de las decisiones financieras en la cadena de suministros y la revisión constante de los modelos de inventario desde el punto de vista de restricciones de capacidad, son temas que han sido abordados por varios investigadores como (Shen 2005,



Ettl et al., 2000, Sharma and Bhagwat 2007, Buzacott and Zhang 2004), por citar solo algunos.

A su vez, en la revisión de la literatura Protopappa-Sieke y Seifert (2010), Arango et al. (2010) han ubicado los conceptos y el estado actual relacionado con la optimización en la gestión de la cadena de suministro operativa, así como la consideración conjunta de ésta con la cadena de suministro financiera. Conceptos tales como Capital de Trabajo, Indicadores de Desempeño Operativo y de Desempeño Financiero, Rentabilidad, ROI, Satisfacción del Cliente, Demoras en Pagos (en los ámbitos, hacia el proveedor y del cliente), Niveles de Inventarios, Predictibilidad en el Flujo de Efectivo, Ahorros en Costos, Políticas de Ordenamiento Óptimas, Relaciones de Compromiso y los vínculos a considerar en un modelo matemático que busque dilucidar los parámetros óptimos conjuntamente considerados, bajo un escenario específico. Lo anterior derivado de los avances en la investigación, tanto de carácter cualitativa como cuantitativa.

Siguiendo con Arango y Protopappa, encontramos un modelo de programación lineal que incorpora un parámetro difuso como una alternativa al enfoque estocástico para enfrentar la variabilidad de la demanda, en el contexto de minimizar los costos al elaborar el plan agregado de la producción que siga dicha demanda. El modelo resultante cuenta con 84 variables de decisión, derivadas de 7 variables fijas, que aparecen en 12 periodos mensuales, en un horizonte de planeación de un año; en tanto que el número de restricciones resultante es de 120, 10 por cada periodo, derivadas del mercado, los materiales e inventario, la capacidad, y las políticas de carácter administrativo asociadas a la producción, además de la no negatividad.

Para este modelo se propone trabajar con niveles de demanda conocidos (determinista), debido a que se conocen las características que tendrán los productos. A continuación se presenta la metodología.

Metodología

El trabajo de campo se realiza en una empresa ubicada en el municipio de Tepeji del Río, Hidalgo, dedicada a la fabricación de toallas, los datos se obtienen específicamente en el área de maquila. Se acudió a la áreas de costura lineal y costura de cabecera para observar el proceso correspondiente a cada una de ellas anotando las actividades, la empresa proporciona los tiempos estándares de fabricación, la cantidad de empleados, niveles de inventario, turnos, ventas, costos, políticas de compras, de pagos a proveedores y tiempos de retraso en cobros, considerando el año 2012 y los 4 productos más vendidos en el mismo periodo. Es importante mencionar que la recolección de estos datos está en proceso. Los datos obtenidos se transcriben a excell para su posterior análisis de las características y las cantidades óptimas de demanda. Consideramos un horizonte periódico finito de un año (2012), ya que estamos interesados en calcular las políticas óptimas que minimicen los costos asociados al plan agregado bajo restricciones de capital de trabajo.



Consideramos este aspecto ya que en la práctica los tiempos de entrega y plazos de pago no resultan procesos iguales en los periodos, lo cual podría afectar el incremento de capital de trabajo y éste a su vez impactar en niveles de stock más bajos.

Es decir, que bajo las restricciones de capital de trabajo la empresa no se cubriría contra la volatilidad de la demanda y con el potencial déficit o incluso exceso de capital de trabajo. El diseño del modelo matemático que se propone en esta investigación, como ya mencionamos busca capturar los aspectos esenciales de las decisiones operativas relacionadas con la planeación financiera. En específico planteamos la relación entre capital de trabajo y decisiones de inventario. A continuación se presenta el modelo:

Las variables de decisión que se consideran son las siguientes:

CEi = Cantidad de empleados en el periodo i .
 $CHEi$ = Cantidad Producida en Horas Extras en el Periodo i .
 $CUSi$ = Cantidad de Producción Subcontratada en el Periodo i .
 $CECi$ = Cantidad de Empleados Contratados en el Periodo i .
 $CEDi$ = Cantidad de Empleados Despedidos en el Periodo i .
 $PJRi$ = Producción Jornada Regular en el Periodo i .
 NUi = Número de Unidades en Inventario en el Periodo i
 NI = Nivel de inventario al final del periodo i
 WPI = Capital de trabajo en el periodo i
 Ci = Flujo de efectivo en el periodo i
 CUI = Costo de Unidad en Inventario
 NI = Nivel de inventario al final del periodo n
 ξ = Demanda
 β = Cantidad disponible antes de la demanda

La función objetivo:

El Plan Agregado persigue varios objetivos, para este caso se propone la disminución de los costos asociados al plan agregado de producción, con restricciones de capital de trabajo, de esta manera se plantea la función objetivo que está conformada por costos de mano de obra y costos de manejo de inventario en el horizonte de planeación conocido. A continuación se presenta en qué consiste cada uno ellos:

Costos mano de obra.

Este tipo de costos hace referencia a los ocasionados por el incremento de la producción, no son costos fijos, es decir, son costos asociados a la manufactura de productos en horas regulares, extraordinarias y costos de unidades subcontratadas. También se incluyen los costos de contratación y despido de personal con el fin de alcanzar la demanda prevista. El modelo de estos costos es el siguiente:

$$CMO = \sum_{i=1}^{12} (CDLi \times CEi \times CHEED \times CostHR) + \sum_{i=1}^{12} (CHEi \times CHTEU \times CostHE) + \sum_{i=1}^{12} (CUSi \times CostUS) + \sum_{i=1}^{12} (CECi \times CostC) + \sum_{i=1}^{12} (CEDi \times CostD) \quad [1]$$



Dónde:

CMO= Costo de la mano de obra

Costos Asociados al manejo de inventarios

Estos costos se producen por un descenso en la demanda cuando se mantiene el ritmo de producción, lo cual genera un exceso de productos en almacenes.

Dicha cantidad de artículos almacenados permitirán satisfacer un exceso de demanda en caso de requerirse sin necesidad de modificar el ritmo de producción. Sin embargo la acumulación de inventarios tiene un costo importante, por lo que se requiere cautela en esta opción.

El costo a considerar es el producido por almacenar producto, en este caso no estamos considerando costo de ruptura de stock debido a que en la estrategia de alcance de la demanda que se emplea en el modelo no hay unidades faltantes. Buscamos minimizar al final del periodo el valor presente neto acumulado por abundancia y escasez de productos en todos los periodos con respecto a las decisiones de demanda. El modelo se plantea como sigue:

$$CMI = \sum_{i=1}^{12} (NUI_{i-1} \times \text{CostUI}) \quad [2]$$

Donde:

CMI: Costo de manejo de inventario

Nivel de inventario al final del periodo¹

$$NI = \min q [\sum_{n=1}^{12} (\beta_{n-1} - \sum_{i=n-\xi}^{12} \xi) + p (\sum_{i=n-L}^{12} \xi - \beta n - L) +] \quad [3]$$

Donde:

Una vez definidos los costos de mano de obra y manejo de inventario se plantea la función objetivo como sigue:

$$\text{Min CAPA} = \text{CMO} + \text{CMI} + \text{CUI} \quad [4]$$

Donde:

CAPA= Costo de aplicación del plan agregado

En caso de no contratar mano de obra, la función objetivo quedaría de esta forma:

$$\begin{aligned} \text{MinCAPA} = & \sum_{i=1}^{12} (\text{CDL}_i \times \text{CE}_i \times \text{CHEED} \times \text{CostHR}) + \sum_{i=1}^{12} (\text{CHE}_i \times \text{CHTEU} \times \text{CostHE}) + \\ & \sum_{i=1}^{12} (\text{CUS}_i \times \text{CostUS}) + \\ & \sum_{i=1}^{12} (\text{CEC}_i \times \text{CostC}) + \sum_{i=1}^{12} (\text{CED}_i \times \text{CostD}) + \sum_{i=1}^{12} \text{NUI}_{i-1} \times \text{CostUI} \end{aligned} \quad [5]$$

Donde:

CAPA= Costo de aplicación del plan agregado

¹ Véase el trabajo de Protopapa (2010)



Restricciones

Los problemas de materiales, inventario y capacidad le saltan a la vista al administrador de la producción, por lo tanto, es posible que estas reciban gran atención.

Por ello, el modelo de programación lineal que proponemos para una planeación agregada considera además de las restricciones de capacidad, de materiales e inventario, de mercado, administrativas, la de capital de trabajo.

Capital de Trabajo

El capital de trabajo se define como la suma del efectivo C_n más el valor del inventario ln en un periodo $WP_n = C_n + ln$.

En el modelo la posición del capital de trabajo en cada periodo no puede exceder la constante A [6]. Asumimos que las restricciones del capital de trabajo se dan al final de cada periodo. Cuando no hay faltantes en el sistema, todo el capital de trabajo que excede este límite en efectivo es enviado a un depósito externo para evitar una indebida o poco realista acumulación de capital de trabajo en el sistema, además este depósito no podrá utilizarse para financiar operaciones a futuro.

Cuando el valor del inventario excede el umbral entonces asumimos que no se procede con nuevas órdenes esperando que el nivel de inventario disminuya, por lo tanto al final de periodo n la expresión [6] requiere ser cubierta.

$$WP_n = C_n + ln \leq A, \text{ para } 1 \leq n \leq N \quad [6]$$

Donde:

WP_n = Capital de trabajo

C_n = Efectivo

ln = Valor del inventario

N = Nivel de inventario

Como consecuencia la suma de efectivo se envía a caja, esta restricción queda definida como D_n :

$$D_n = \{ WP_n - A, \text{ Si } WP_n \geq A, C_n \geq 0, ln \leq A, X_{n+1} \geq 0 \quad [7]$$

Se asume que el resultado de pedidos en espera es cero, ya que hemos definido el valor del inventario al final del periodo n como ln , donde $ln = \max(0, c(\beta_{n-1} - \sum_{i=n-L}^n \xi_i))$.

De capacidad

Las horas regulares disponibles, están sujetas a la cantidad de empleados por periodo y dicha producción por período está sujeta a la cantidad de horas regulares útiles.

$$CDL_i \times CE_i \times CHEED_i \left(\frac{1}{CHTEU} \right) = PJR_i \quad [8]$$



Reemplazando parámetros constantes y unidades de las variables de decisión tenemos:

$$CDL_i[\text{dia}] \times CE_i[\text{empleado}] \times \left[\frac{[\text{hora}]}{[\text{empleado-dia}]} \right] \times \left[\frac{1}{\frac{[\text{hora}]}{[\text{unidad}]}} \right] = PJR_i[\text{unidad}] \quad [9]$$

Otro tipo de restricción de capacidad tiene que ver con el límite de empleados que la empresa puede albergar.

$$\begin{aligned} CE_{i-1} + CEC_i - CED_i &\leq CME \\ CE_i = CE_{i-1} + CEC_i - CED_i &\quad [10] \end{aligned}$$

De mercado

Este tipo de restricciones existen debido a la estrategia de alcance de la demanda prevista que se utiliza para la planeación agregada, la cual adapta el ritmo de la producción en cada periodo a la demanda existente. A Continuación se muestra el modelo de la restricción de mercado que se utilizara.

$$PJR_i + CHE_i + CUS_i + NUI_{i-1} \geq D_i \quad [11]$$

Reemplazando parámetros constantes y unidades de las variables de decisión tenemos:

$$\left[CDL_i[\text{dia}] \times CE_i[\text{empleado}] \times 8 \frac{[\text{hora}]}{[\text{empleado-dia}]} \times \left[\frac{1}{2 \left[\frac{[\text{hora}]}{[\text{unidad}]} \right]} \right] \right] + CHE_i[\text{unidad}] + CUS_i[\text{unidad}] + NUI_{i-1}[\text{unidad}] \geq D_i[\text{unidad}] \quad [12]$$

Administrativas

Estas restricciones tienen que ver con las diferentes políticas que la gerencia ha impuesto en la empresa. Seguidamente se expondrán y detallaran estas políticas y las restricciones que estas conllevan.

- Política de horas extras

En la mayoría de los casos cuando se tienen políticas de horas extras, estas se calculan como un porcentaje de la producción en tiempo regular.

$$CHE_i \leq PHE \times PJR_i \quad [13]$$

- Políticas de contrataciones y despidos

Esta política empresarial trata de no contratar o despedir más de un número de empleados en un solo período.

$$CEC_i \leq PCE \quad [14]$$

$$CED_i \leq PDE$$

- Políticas de máxima subcontratación

Esta restricción limita el número de unidades de producción que es conveniente delegar a otra empresa.



De No Negatividad

Esta restricción implica que ninguna de las variables de decisión en el modelo deber ser negativa.

En el caso de la restricción de capital de trabajo no debe ser negativo al final de cada periodo.

$$WP_n \geq 0 \text{ para } 1 \leq n \leq N \quad [15]$$

Para complementar lo anterior mencionaremos de acuerdo a Protopappa, (2010) que la dinámica del capital de trabajo está presente todo momento.

El punto de partida se da con el inventario disponible que abarca desde el periodo $n-1$ hasta el periodo $n+1$, es decir desde el inventario de entrada, hasta pedidos e inventario de salida por ventas.

De la misma manera el flujo de caja inicia con el periodo $n-1$ hasta el periodo $n+1$ dado el flujo caja de entrada por ventas y flujo de salida para pagar costos de adquisición, costo por insolvencia, costos por envío de dinero en efectivo para depósito. Es decir cuando existe retraso de pagos las ordenes de decisión q_n en el periodo n dependen de todos los pedidos del siguiente periodo u porque el pedido de demanda q_n depende de los pedidos de z_n y la disponibilidad de flujo de caja $WP_{n-1} + u$ cuando se tienen pagos pendientes.

Ahora bien, las siguientes son algunas importantes complicaciones al analizar la interrelación entre los flujos de operación y financiero.

- 1.- Las restricciones de capital difieren de las restricciones estocásticas en varios aspectos:
- 2.- La disponibilidad de capital de trabajo compuesta en dos componentes: flujo de caja disponible e inventario disponible.
- 3.- Aspectos financieros contenidos en el modelo en contraste con las restricciones convencionales de operación.
- 4.- El exceso de efectivo se envía a deposito externo para ayudar a financiar las operaciones generales de la empresa, de esta forma el capital de trabajo no se puede acumular en el sistema sin estar ligado con el tiempo.

Por esta razón la investigación está enfocada en optimizar las políticas óptimas que permitan a la compañía financiar sus operaciones con capital propio.

Conclusión

En la literatura, los flujos financieros son trabajados frecuentemente desconectados o fragmentados de los flujos físicos de productos. En este trabajo presentamos un paso inicial para disminuir esta separación tratando los flujos financieros como restricciones sobre decisiones de inventario. Sin embargo, existen limitaciones en este estudio debido a la naturaleza del problema, es decir la característica dinámica de los flujos de efectivo e inventario, la optimización de la demanda, hasta su política para que sea óptima.

A fin de considerar las entradas y salidas de efectivo e inventario, recurrimos a considerar conocimientos gerenciales, es decir no investigamos como el capital de trabajo es



determinado en detalle, más bien la consideramos como un parámetro exógeno que está ligado a la gerencia de operaciones con el departamento financiero.

En este punto, al integrar en un modelo determinístico las variables de producción y gestión financiera haría posible alcanzar mayores beneficios y resultados óptimos, dado que en cada fase del proceso de planificación van implícitos costos que se requieren minimizar y recursos que optimizar.

Con la aplicación de la propuesta metodológica para integrar el seguimiento financiero a la planeación de la producción en la empresa citada, estaremos en la posibilidad de realizar comparaciones de los resultados óptimos y los obtenidos por la mencionada empresa.

Permanecen abiertas futuras áreas de investigación, tales como: incorporar financiamiento externo, variación de tasas de interés, financiamiento en términos pagos retrasados, esto podría enriquecer aún más las ideas sobre la asignación de capital de trabajo dentro de la cadena de suministro.

Referencias

Alford, L. P. (1945). *Production Handbook*. The Ronald Press Co.

Bowman, E. H. (1956). Production scheduling by the transportation method of linear programming. *Operations Research*, 4: 100-103.

Bowman, E. H. (1963). Consistency and optimality in managerial decision making. *Management Science*, 9: 310-321.

Boiteux, O. D.; Corominas, A.; Lusa, A., Martínez, C. (2008). Modelo de planificación agregada de la producción, la plantilla, el tiempo de trabajo y la tesorería. Working Paper IOC-DT-P-2008-6.

Bufo, E.S.; Taubert, W.H. (1972). *Production-Inventory Systems*. Irwin.

Damon, W.W.; Schramm, R. (1972). A simultaneous decision model for production, marketing and nance. *Management Science*, 9, (2), 161-172.

Dobos, I. (1996). Aggregate planning with continuous time. *International Journal of Production Economics*, 43, 1-9. Domínguez Machuca, J.A.; Alvarez Gil, M.J.;

Domínguez Machuca, M.A.; García González, S.; Ruiz Jiménez, A. (1995). *Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. México: McGraw-Hill.

Charnes, A., Cooper, W. W.; Miller, M. H. (1959). Application of linear programming to financial budgeting and the costing of funds. *Journal of Business*, 32, 20-46.



Chase, R., Aquilano, N., Jacobs, R. (1995). Administración de producción y operaciones - Manufactura y servicios. (8ª. Edición). McGraw-Hill

Chien, Y. I.; Cunningham, W.H.I. (2000). Incorporating production planning in business planning: a linked spreadsheet approach. *Production Planning y Control*, 11: 299-307.

Corominas, A.; Lusa, A.; Olivella, J. (2008). Planificación del tiempo de trabajo con cuentas de horas: el caso industrial. *Dirección y Organización*, 35: 110-115.

Damon, W. W.; Schramm, R. (1972). A simultaneous decision model for production, marketing and finance. *Management Science*, 9: 161-172.

Hax, A., Candea, D. (1984). *Production and Inventory Management*. Prentice- Hall.. 69-101.

Hax, A.C. (1978). *Handbook of Operations Research. Models and Applications*. Litton Educational Publishing ed.

Heizer, J.; Render, B. (1997). *Dirección de la producción- Decisiones tácticas*. (6ª. Edición): Prentice-Hall Iberia.

Rathenau, W. (1918). *Die neue wirtschaft*. Berlin: Fischer.

Kirca, Ö.; Köksalan, M.M. (1996). An integrated production and financial planning model and an application. *IIE Transactions*, 28, 677-686.

Leung, S.C.H.; Wu, Y.; Lai, K.K. (2003). Multi site aggregate production planning with multiple objectives: a goal programming approach. *Production Planning & Control*, 14-(5), 425-436.

Lusa, A. (2003). *Planificación del tiempo de trabajo con jornada anualizada*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña.

Miranda Gonzalez, F.J.; Rubio, S.; Chamorro, A.; Bañegil, T. (2005). *Manual de dirección de operaciones*. Thomson.

Singhal, J.; Singhal, K. (2007). Holt, Modigliani, Muth and Simon's work and its role in the renaissance and evolution of operations management. *Journal of Operations Management*, 25: 300-309.

Sypkens, H. A. (1967). *Planning of Optimal Plant Capacity*. Tesis de Maestría inédita, Sloan School of Management, MIT.

Taubert, W. H. (1968). A Search Decision Rule for the Aggregate Scheduling Problem. *Management Science*, 14-6, 343-359.

Tadei, R.; Trubian, M.; Avendaño, J.L.; Della Croce, F.; Menga, G. (1995). Aggregate planning and scheduling in the food industry: A case study. *European Journal of Operational Research*, 87, 564-573.

