

**EVALUACIÓN METODOLÓGICA DE PLANEACIÓN CONTRA PEDIDO EN UNA
EMPRESA MANUFACTURERA DEL SECTOR PLÁSTICO.**

**CARLOS FERNANDO SOLER ALVARADO
9500594**

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA EN LOGÍSTICA INTEGRAL
SANTA FÉ DE BOGOTÁ
2014**

EVALUACIÓN METODOLÓGICA DE PLANEACIÓN CONTRA PEDIDO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DEL SECTOR PLÁSTICO.

METHODOLOGICAL EVALUATION OF PLANNING AGAINST ORDER IN A MANUFACTURING COMPANY OF PLASTIC INDUSTRY.

Carlos Fernando Soler Alvarado
Ing. de Producción Biotecnológica
Bogotá, Colombia
fsdexterint@gmail.com

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo busca contribuir presentado una propuesta de mejoramiento en la cadena interna de suministro específicamente al proceso de planeación de producción, tomando como punto de partida la situación actual de cómo se desarrollar este proceso para así optar por el título de Especialista en Gerencia en logística integral.

OBJETIVO GENERAL

Determinar si en el área de impresión de una empresa manufacturera es posible elaborar el programa de producción a medida que los pedidos son radicados por el cliente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y evaluar los modelos y teorías relacionadas con la planeación de producción contra pedido.

Recolectar la información relevante del proceso productivo y definir el modelo adecuado que aplique de acuerdo a los datos suministrados.

Analizar los resultados arrojados por el modelo para determinar si es posible programar sobre pedido teniendo en cuenta las capacidades de fabricación y sus restricciones.

RESUMEN

La programación de producción en empresas manufactureras es una problemática a la que varios autores han propuesto soluciones planteando diferentes alternativas, de estas se han logrado implementar muy pocas dado que su alta complejidad, los supuestos dinámicos planteados y la variabilidad de procesos en la industria manufacturera no hace la tarea fácil. El presente artículo expone una evaluación

metodológica de la planeación del área de impresión de una compañía manufacturera empleando para este fin metodología de teoría de colas con la que se analizó la viabilidad de fabricar contra pedido una vez conocidos los ciclos de máquina, los pronósticos para el año de las principales referencias y las restricciones asociadas al proceso.

Palabras claves: planeación de producción, teoría de colas, ciclos de producción.

ABSTRACT

Production scheduling in manufacturing companies is a problem to which several authors have proposed solutions considering different alternatives, these have been able to implement very few because its high complexity, raised dynamic assumptions and process variability in manufacturing not makes the task easy. This paper presents a methodological evaluation of planning the printing area of a manufacturing company using for this queuing theory methodology with which the viability of mail to order manufacturing process was analyzed, once machine cycles, the forecasts for the year of the main references and associated restrictions process were known.

Keywords: production planning, queuing theory, production cycles.

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas constituyen un grupo significativamente importante para el desarrollo socioeconómico del país. El 96% de las empresas del país corresponde a las Pymes, el 63% del trabajo industrial es generado por ellas, efectúan el 25% de las exportaciones no tradicionales y pagan el 50% de los salarios, según datos del Ministerio de Desarrollo. “No sólo eso, sino que su dinamismo ha sido superior al de la gran industria. De acuerdo con un reciente estudio de Anif el índice de producción real de las Pymes fue mayor que el del total de la industria en la última década” (Alzate, 2002, p.65)

La pequeña y mediana empresa es una categoría de empresa considerada en el mundo y en Colombia como generadora y propulsora de desarrollo. En nuestro país este tipo de empresas son la mayor fuerza productiva, además sobresalen puntualmente en las industrias relacionadas a las confecciones, alimentos y bebidas, cuero (productos y subproductos), calzado, muebles, productos de madera, artes gráficas, productos químicos, y manufacturas (caucho, plástico y metalmecánica) (Beltran, & Burbano, 2003).

Una de las principales características de estas organizaciones es la falta de un direccionamiento claro basado en información confiable, que les permita establecer políticas eficaces y eficientes (Andriani, 2003, p.17), para competir en igualdad de condiciones en un mercado cambiante, que acelera la necesidad de estar preparado para afrontar la era de la globalización económica.

Como herramienta de apoyo para facilitar el adecuado direccionamiento en este segmento de empresas puede emplearse el uso de herramientas metodológicas para la planeación de sus procesos productivos, un modelo de planeación estructurado permite entender las relaciones entre los elementos de un determinado sistema, evaluar su comportamiento dinámico ante los diversos escenarios sin necesidad de ser llevados a cabo sobre el sistema real (Higuera, 2009), facilitando con ello una mejor comprensión del mismo y el establecimiento de políticas que probablemente conlleven a los resultados más deseados.

La aplicación de modelos de planeación en un sistema real constituye una tarea compleja debido a la necesidad de un trabajo interdisciplinario que requiere soluciones en diferentes áreas, entre las que se destacan: planeación y producción. También es viable trabajar conjuntamente con la academia para que, conjuntamente se encuentren o planteen soluciones que permitan un direccionamiento empresarial más claro, confiable y acertado, además contribuya a la academia en la formación de profesionales mejor capacitados para satisfacer las necesidades del medio empresarial.

MARCO TEÓRICO

Las limitaciones de la vida útil de los elementos obligan a las organizaciones a planificar cuidadosamente su producción en cooperación con sus socios de la cadena de suministro. Tiempos de espera significativos implican un aumento del trabajo en proceso, las existencias deberían aumentar para cumplir con las entregas; por lo tanto aumentar la probabilidad de deterioro (Pahl, Voss, & Woodruff, 2011), además de la posibilidad de incurrir en costos adicionales. En el peor de los casos, tales artículos no se pueden utilizar para su propósito original y deben ser eliminados. Esto es particularmente problemático en la industria donde se producen pérdidas significativas durante el manejo, procesamiento y distribución del producto (Gustavsson, Cederberg, Sonesson, van Otterdijk, & Meybeck, 2011). El deterioro tiene una gran influencia en la gestión de inventario y también en todos los demás elementos del proceso de producción donde los artículos se almacenan o son forzados a esperar debido a la incertidumbre de la demanda, las cuestiones técnicas, las variabilidades o interrupciones del proceso de producción (Pahl, Voss, & Woodruff, 2007).

El objetivo más importante de las actividades en todas las compañías, incluyendo las plantas de producción, es la de generar el máximo de utilidades. Todas las actividades desarrolladas en la empresa deben estar enfocadas en la manera de alcanzar este objetivo. El proceso de planeación de producción es uno de los más complejos y un elemento influyente en los resultados financieros. El objetivo de la planificación de la producción es tomar decisiones basadas en el cumplimiento de los objetivos económicos y disminución de costos. Para lograr este objetivo, los sistemas de planificación de producción se tornan cada vez más complejos con el fin de aumentar tanto la productividad como la flexibilidad del sistema en busca de satisfacer la demanda del cliente (Pochet & Wosley, 2006).

Debido a la creciente competencia del mercado, diversos servicios de valor agregado se ofrecen para mejorar la satisfacción del cliente. Por ejemplo, procesos basados en las formas de los productos de los clientes, características especiales y requisitos son asumidos por las empresas en lugar de los clientes. Además, se utiliza una estrategia de fabricación contra pedido para proporcionar " el artículo correcto en la cantidad adecuada, en el momento justo, en el lugar correcto, en el precio correcto, en la condición correcta, al cliente correcto " (Van Lear & Sisk, 2010, p.8). Por lo tanto, las instalaciones de fabricación están integradas en todos sus procesos y, los directores deben reconocer la importancia de las decisiones en su operación, en la cual, la planificación de la producción es una decisión operativa básica.

La planificación de la producción es una actividad vital en cualquier sistema de producción, y, naturalmente, implica la asignación de los recursos disponibles para las operaciones requeridas. Al realizar la programación de producción contra los pedidos recibidos se le permite al cliente especificar como desea el producto o bajo qué condiciones, siempre y cuando esta solicitud sea basada en componentes estándar, además se le puede informar una vez radicada su solicitud la fecha de entrega caso que no aplica en fabricación contra stock ya que:

Para iniciar la planeación de producción es necesario comenzar comparando la demanda esperada con la disponibilidad de la empresa, como los inventarios y la capacidad de la producción o con lo que se espera tener disponible en cada periodo. Así mismo una vez se establezca la demanda que se espera por cada periodo, se debe proseguir con la determinación de una relación adecuada entre la producción y los niveles de inventario. (Higuira, 2009, p.12).

Dado que en las industrias manufactureras intervienen factores importantes como lo son hombre – máquina, de los cuales depende la fabricación del producto la problemática surge en cuanto a la demanda variable en cuanto a el producto, cantidades, unidad de empaque entre otras siendo la planeación la herramienta fundamental para solventar estos inconvenientes. Higuira (2009) afirma:

La planeación proporciona un marco de referencia a la toma de decisiones y que resulta del proceso de conexión entre estrategias empresariales y las estrategias de operaciones de la empresa, y por lo tanto, representa el estudio y la fijación de objetivos de la empresa tanto a largo como a corto plazo. Este proceso resulta ser una vía para aprovechar las fortalezas y eliminar las debilidades de nuestro sistema, a la vez de conocer y utilizar las oportunidades. (p.13).

Frecuentemente se confunden los conceptos de producción contra pedido y producción contra stock debido a que puede parecer que la producción contra stock no tiene en cuenta la demanda de los clientes, pero no es así. En la producción contra stock los productos son tomados del almacén de productos terminados de acuerdo con la demanda del cliente. Por tanto, numerosas empresas aseguran trabajar contra pedido cuando realmente su fabricación es contra stock. La desventaja es que estos productos tienden a ser específicos de manera que no representan variedad ni diferencian al cliente de sus competidores ni le generan valor agregado al producto.

Las ventajas de planear la producción contra pedido se ven reflejadas en la integración de la cadena de producción con el fin de disminuir las unidades en inventario pudiendo manejar las restricciones generadas por el mismo proceso junto con los diferentes requerimientos en los pedidos del cliente sin afectar las entregas del producto.

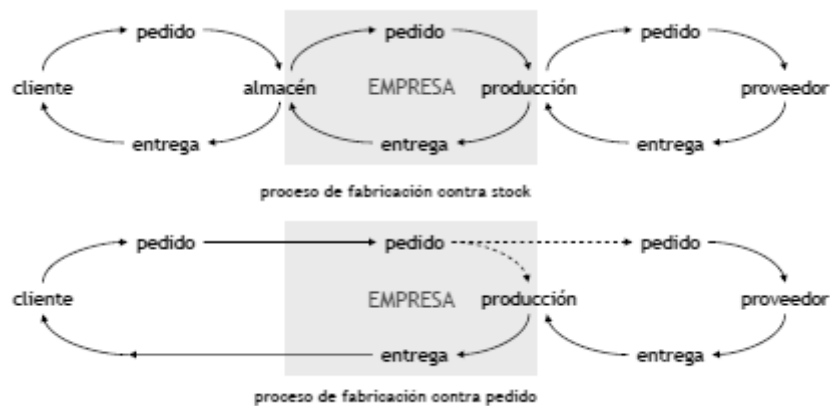


Figura 1. Tipos de planificación.

Fuente: Organización de la Producción II, 2007

Teniendo como requisito programar basado en pedido y para poder gestionar de manera adecuada los recursos de la empresa según Orejuela, Ocampo & Micán (2010):

Se realiza un listado con el número de máquinas y equipos de trabajo con los que se cuenta, y de acuerdo con los diagramas de proceso se determina para cada uno de los subprocesos la máquina o equipo de trabajo mediante el cual opera. Paso seguido, se codifican los nombres de las máquinas y los productos; posteriormente se crea la relación de Tipo de Máquina- Familia de Producto, mediante Diagramación Matricial y notación del sistema binario, en el cual se indica si una familia de producto hace uso de la máquina con el número 1, en caso contrario, se denota con el número 0. (p. 104).

La planeación debe estar íntimamente ligada al sistema de producción utilizado por la empresa, además las características de cada sistema de producción deben ser plenamente atendidas por el programa elaborado haciendo que el sistema de producción funcione de forma más eficiente.

Problemas de planificación de la producción han sido ampliamente estudiados por las comunidades de investigación académica e industrial desde sus inicios hace más de 50 años (Jans & Degraeve, 2008).

La planificación de producción determina un calendario de producción, minimizando los costos del proceso, costos de producción y mantenimiento de inventario cuando la variación de la demanda se conoce de antemano. En los últimos años se han estudiado numerosos tipos de problemas de planeación (Brahimi, Dauzere-Peres,

Najid & Nordli, 2006; Buschkühl, Sahling, Helber, & Tempelmeier, 2010), en los cuales, varias restricciones adicionales (como la capacidad de producción y ciclos de máquinas) y decisiones (tales como división del trabajo y su asignación) se integran dentro de los problemas clásicos de la planeación de producción según sus aplicaciones reales en la industria.

Las ventanas de tiempo juegan un papel importante en la planeación contra pedido (Azevedo & Sousa, 2000). Liao y Rittscher, 2007 estudiaron las limitaciones de la planeación de producción con tiempos de entrega definidos. Además, los tiempos de proceso en la planificación de producción también han sido mencionados por (Wolsey, 2006; Hwang, 2007). Los tiempos de entrega significan que las órdenes deben ser entregadas dentro de un intervalo de tiempo dado. Sin embargo, toda la demanda aún puede ser programada en el primer horizonte de planeación, y el costo de explotación se consideraría nulo si está satisfecha la demanda en su correspondiente intervalo de tiempo (Absi, Kedad-Sidhoum & Dauzère-Pérès, 2011). El tiempo de producción es el intervalo de tiempo durante el cual la orden debe producirse (es decir, la orden no puede ser producida antes de su período programado).

Hung & Cheng, (2002) dirigieron el modelado de un híbrido para el uso de máquinas alternativas en el programa de producción aplicando programación lineal. Aghezzaf & Landeghem (2002) presentaron la solución cercana para resolver un sistema de producción híbrido de dos etapas en la que la primera etapa es un sistema de producción en línea y el segundo es un sistema de producción por lotes. Los objetivos eran optimizar la producción y los costos del inventario en las dos etapas del sistema mientras se satisface las demandas del cliente. Jain & Palekar (2005) proponen una formulación basada en una configuración para un ambiente de fabricación donde la producción implica comportamientos disímiles de máquinas, de operación similar, con diferentes ciclos y sus equipos pueden ser interconectados para formar diferentes líneas de producción. Byrne & Hossain (2005) proponen un modelo de programación lineal extendido siguiendo un enfoque híbrido en el que la carga de trabajo está subdividida e introduce el concepto de JIT.

Da Silva, Figueira, Lisboa & Barman (2006) presentaron un modelo de planeación de producción agregada considerando la maximización del beneficio, minimización de órdenes y la minimización de cambios de nivel de fuerza de trabajo de la producción agregada. Propusieron el modelo para determinar el número de trabajadores para cada tipo de trabajo, el número de horas extras, el nivel de inventario para cada categoría de producto y el nivel de subcontratación con el fin de satisfacer la demanda prevista para un período de planificación. Corominas, Lusa & Pastor (2007) propusieron dos modelos de programación lineal entera y mixta para resolver el problema de la planificación de la producción, las horas de trabajo y las semanas de vacaciones para los miembros de un equipo que operan en un proceso de multi-producto donde los productos son perecederos, la demanda puede ser diferida y trabajadores temporales son contratados para sustituir a los empleados.

Lukac, Soric & Rosenzweig (2008) consideraron un problema de planeación de producción con configuraciones dependientes de secuencia como un problema de programación bi-nivel. El objetivo del líder es asignar los productos a las máquinas con el fin de minimizar el tiempo de configuración dependiente de secuencia total, mientras que el objetivo del seguidor es minimizar la producción, el costo de almacenamiento y la configuración de la máquina. Liu & Tu (2008) consideran un problema de planificación de producción con la capacidad de inventario como un factor limitante. Se considera el problema con las siguientes características: la falta de stock está permitida, la producción y la pérdida por costos varían con el tiempo, el inventario es constante.

Cormier & Rezg (2009) desarrollaron un modelo matemático para la generación de planes de producción de moldes y sus componentes que se fabrican con ellos simultáneamente. Las entradas consideradas son la demanda, manteniendo los costos, junto con la distribución estadística de la vida útil de los moldes y su correspondiente amortización, reemplazos preventivos y correctivos de componentes. Cyplik, Hadas & Fertsch (2009) presentaron un modelo de planeación de producción con elaboración simultánea de componentes idénticos para alimentar la línea de ensamble y como piezas de repuesto para la industria mecánica. El planeamiento modelo propuesto se basa en las teorías de gestión de almacenamiento y los métodos de planeación de requerimiento de materiales.

Basnet & Leung (2005) propusieron tamaños de lote multiperiodo con un problema de selección de proveedor para decidir qué productos, en qué cantidades, cual proveedor y en qué periodo realizar el pedido. Un algoritmo de búsqueda enumerativa y un algoritmo heurístico fueron presentados para abordar el problema. Liao, & Rittscher (2007) aplican un algoritmo genético para resolver un problema de dimensionamiento multiobjetivo con muchos elementos únicos, que integra la selección de proveedores, cociente del reparto de orden, muchos tamaños de lotes, dimensionamiento y selección del operador. Ding, Benyoucef & Xie (2009) estudiaron un problema de diseño de una red de producción-distribución que incluye la configuración de la cadena de suministro y las decisiones operacionales relacionadas como la orden de inicio, asignación de transporte, de red y control de inventarios.

Cheng, & Ye (2011) abordaron un problema de orden de separación entre proveedores paralelos y presentaron un solo modelo de periodo bi-objetivo con dos criterios: (i) reducir al mínimo el costo total y (ii) reducir al mínimo la desviación de la tasa de carga de producción entre cualquiera de dos proveedores seleccionados. Azevedo, & Sousa (2000) mencionaron que las órdenes de producción y la asignación a máquinas son las tareas principales de un problema de orden de inserción con ventanas de tiempo de producción. Estas tareas ubican la producción de una orden de cliente entrante en un sistema de producción de múltiples sitios y multiperíodo contra pedido. Jaruphongsa, & Lee (2008) estudiaron también un problema de tamaño de lote dinámico con ventanas de tiempo de entrega y los costos de transporte basados en el envase. Se propusieron dos algoritmos de tiempo polinomial para los dos casos especiales del problema donde se permite la separación de orden de entrega.

Skinner (2004) sugiere que la empresa (fábrica) enfocada siempre supera a la fábrica fuera de foco. Argumenta que una planta puede ser excelente solo con dos demandas del mercado al mismo tiempo, y que los productos con diferentes volúmenes deben estar separados.

Este concepto implica un equilibrio en las capacidades de fabricación de una empresa. Recientes estudios muestran que la compensación no es necesaria en la práctica, es decir, que algunas empresas superan a sus competidores en todas las capacidades de fabricación (costo, flexibilidad, entrega y calidad). La respuesta a esta contradicción se basa en los conceptos de aprendizaje y trayectoria. Las proposiciones son verdaderas desde un punto de vista estático. Con el tiempo, sin embargo, con el uso de nuevas tecnologías y mediante el aprendizaje, una empresa puede mejorar todas sus capacidades (Clark, 2006).

Bitrán & Morabito (2006) usan teoría de colas de redes para demostrar cómo línea de montaje de particiones (es decir, las líneas dedicadas de montaje según tipo de producto) pueden mejorar el rendimiento del sistema. Establecen las condiciones de demanda del producto y el tiempo de procesamiento donde se realiza tal rendimiento mejorado. Tang (2004) presentan una formulación de programación matemática para encontrar la cantidad óptima de clientes y el número de estaciones asignadas a cada clase de cliente con el fin de minimizar el costo total.

En la fabricación celular o tecnología de grupo (TG), productos similares se producen en un conjunto de máquinas dedicadas, llamadas células. En contraste, en las plantas de manufactura las máquinas similares están agrupadas y están disponibles para todos los tipos de productos. Uno de los beneficios de la fabricación celular es una potencial reducción de tiempos de montaje dentro de cada clase de productos agrupados. Con la reducción de configuraciones, los tamaños de lote pueden reducirse en cada nueva célula, dando consecuentes mejoras en los tiempos de espera.

Dos estudios de simulación (Flynn, 2007; Flynn, & Jacobs, 2006) sugieren algunos de los efectos adversos de la fabricación celular enfocados en los tiempos promedio para las diferentes piezas. Como resultado de la asignación de cada máquina las colas pueden agrandarse en diseños de celulares y de hecho resultar en mayores plazos que en la disposición de la fábrica de manufactura convencional, a pesar de la distribución reducida y tiempos de manipulación de materiales. Estos resultados fueron confirmados posteriormente mediante modelos teóricos M/M/c (Suresh, 2001). Buzacott (2006) estudió el problema de asignar óptimamente partes de productos a las células de fabricación con el fin de minimizar el rendimiento del sistema (suma de los tiempos a través de los productos). Cada célula se modela como una cola M/G/1, y la solución óptima indica que las piezas que requieren requisitos de procesamiento similares deben agruparse en la misma celda. Además, estos autores indican que producen todas las piezas en una súper célula de una cola M/G/1 con capacidad c veces más rápida que el de las células individuales; esto es atractivo cuando todas las piezas son similares. Estos resultados son ampliados a un escenario de GI/G/c por Lee (2006).

El propósito de aplicar fabricación celular en la planeación de producción contra pedido empleando metodología de teoría de colas es mejorar el rendimiento del proceso productivo de los diferentes tipos de producto que se van abordar, tomando los tiempos estándar de fabricación y sus volúmenes de producción para agruparlos en una sola una unidad de proceso, esto permite medir el rendimiento en función de los parámetros del sistema, planear la demanda de acuerdo a las capacidades de la célula y determinar los tiempos de espera para el despacho al cliente.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se describen los materiales y método empleados en la investigación, para evaluar la posible planeación contra pedido para el área de impresión en la planta de manufactura.

1.1. INFORMACIÓN, REFERENCIAS, CICLOS Y PRONÓSTICOS.

La información obtenida fue suministrada por la compañía con el fin de desarrollar la presente investigación. Las referencias a evaluar son las que mayor rotación presentan generando el 70% de la producción neta del área, de estas referencias se cuenta con la información de ciclos en máquina, y pronósticos de las unidades a producir para el año 2014 sobre los cuales se va a desarrollar la evaluación empleando el método de teoría de colas.

Las referencias, ciclos y pronósticos se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Pronóstico de la demanda

Pronostico para el año 2014 en cantidad de unidades						
Mes	Referencia A	Referencia B	Referencia C	Referencia D	Referencia E	Referencia F
Enero	345.481	617.048	234.929	225.808	391.517	134.580
Febrero	105.857	192.305	140.002	474.921	83.297	155.371
Marzo	440.883	217.461	415.163	504.673	341.007	181.947
Abril	405.809	433.519	539.758	406.522	196.483	92.551
Mayo	531.135	893.422	450.266	591.079	139.362	138.201
Junio	630.540	846.283	761.321	379.342	284.671	50.686
Julio	561.879	514.609	492.806	457.206	282.980	110.124
Agosto	1.072.422	226.090	522.025	1.014.554	175.289	288.544
Septiembre	696.733	492.407	418.943	394.094	386.148	205.510
Octubre	937.120	601.385	821.850	517.752	332.373	195.612
Noviembre	810.547	484.993	351.712	9.669	264.232	237.089
Diciembre	572.386	558.382	377.563	20.145	231.595	190.941
Total	7.110.792	6.077.905	5.526.340	4.995.765	3.108.955	1.981.158

Fuente: El autor.

Para su proceso productivo la compañía cuenta con 6 máquinas impresoras que trabajan a un clico de 1800 unidades/hora, destinadas para el manejo de las referencias mencionadas y las referencias restantes que no hacen parte del estudio. La distribución de máquinas para el estudio se hizo asignando exclusivamente a cada máquina un solo tipo de referencia para facilitar su análisis; no se toma como factor determinante los ciclos de fabricación plástico puesto que el cuello de botella para el cumplimiento de las entregas es el proceso de impresión por sus ciclos más largos. Como medida que facilitara el análisis de datos se determinó analizar solo la demanda anual por cada referencia, ajustando los ciclos a unidad de tiempo por año de 360 días laborables.

1.2. MÉTODOLÓGIA DE TEORÍA DE COLAS

Como los sistemas suele tener incertidumbre, para modelar la incertidumbre relacionada a la inexactitud de los pronósticos y la variación del ciclo de máquina (inherentes a los procesos productivos) se utilizó una distribución exponencial asumiendo que las llegadas y los ciclos están exponencialmente distribuidos. Por ende se usó el modelo MMS.

Notación

λ = Tasa de llegadas anual

μ = Tasa de servicio anual de la máquina

ρ = Factor de ocupación o utilización

s = Número de máquinas asignadas

L_s = Número esperado de unidades en el sistema

L_q = Número esperado de unidades en la cola

W_s = Tiempo esperado de espera en el sistema

W_q = Tiempo esperado de espera en la cola

P_n = Probabilidad de tener n unidades en el sistema

Para facilitar el análisis de datos y el método de estudio se agrupo la demanda mensual en una sola demanda anual, así pudiendo analizar la ocupación durante un año de producción, y del tiempo disponible que se dispone durante el mismo periodo.

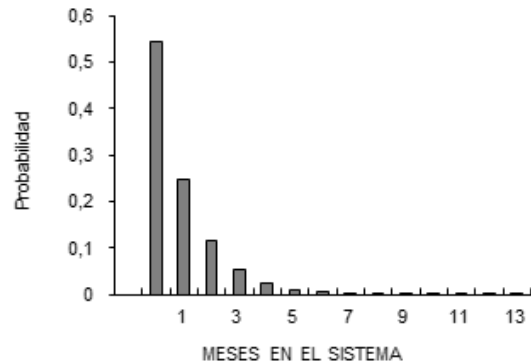
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis de datos para la referencia A (tabla 2) nos muestra una utilización correspondiente al 45% de la ocupación de la máquina en un año, indicando que los pedidos pronosticados correspondientes al año 2014 se pueden completar en un tiempo máximo de 6 meses dejando la máquina asignada a esta referencia sin utilizar durante el tiempo restante del año. Los valores de tiempo de espera muestran que el tiempo promedio para entregar un pedido es de 14 días una vez este se halla asignado a la máquina para su proceso.

Tabla 2. Análisis referencia A

Referencia	A
Unidad de tiempo	Año
Tasa de llegadas anual	7110792
Tasa de servicio anual	15552000
Número máquinas asignadas	1
Utilización	0,457226852
P(0), probabilidad que el sistema esté vacío	0,542773148
Lq, longitud esperada de la cola	0,385163479
Ls, número esperado en el sistema	0,842390331
Wq, tiempo esperado en la cola	5,4166E-08
Ws, tiempo total esperado en el sistema	1,18466E-07
Probabilidad que un cliente espere	0,457226852

Fuente: El autor



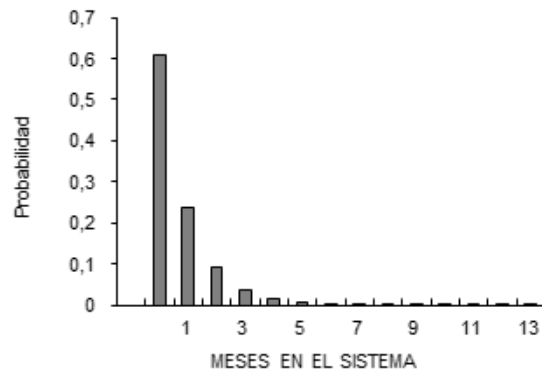
Gráfica 1. Análisis referencia A

Correspondiente al análisis de datos de la referencia B (tabla 3) se refleja que la probabilidad de que la máquina cumpla con la programación pronosticada para el año en curso es del 40%, es decir en un tiempo máximo de 5 meses. El tiempo medio de respuesta a la demanda es de 12 días siendo este un muy buen tiempo de respuesta a la demanda.

Tabla 3. Análisis referencia B

Referencia	B
Unidad de tiempo	Año
Tasa de llegadas anual	6077905
Tasa de servicio anual	15552000
Número máquinas asignadas	1
Utilización	0,390811793
P(0), probabilidad que el sistema esté vacío	0,609188207
Lq, longitud esperada de la cola	0,250717029
Ls, número esperado en el sistema	0,641528821
Wq, tiempo esperado en la cola	4,12506E-08
Ws, tiempo total esperado en el sistema	1,05551E-07
Probabilidad que un cliente espere	0,390811793

Fuente: El autor



Gráfica 2. Análisis referencia B

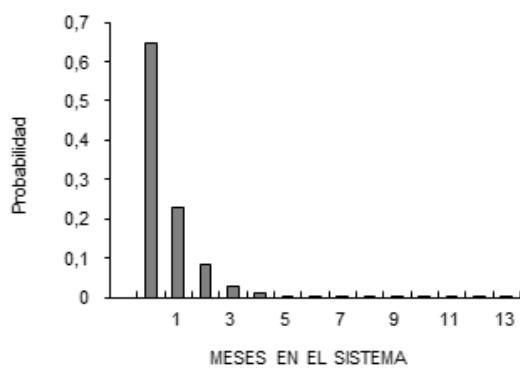
Los resultados de la referencias C, D, E, F son los correspondientes a las tabla 4. Reflejan una ocupación no mayor al 35 % con tendencia decreciente dado que el número de unidades pronosticadas para el año de estas referencias es menor con relación a las referencias anteriores, por este motivo los tiempos de entrega de un pedido se reducen alcanzando un tiempo medio de 19 días, 10 días, 6 días, y 4 días

respectivamente lo que en términos de satisfacción del cliente y tiempos de respuesta a la demanda es bueno.

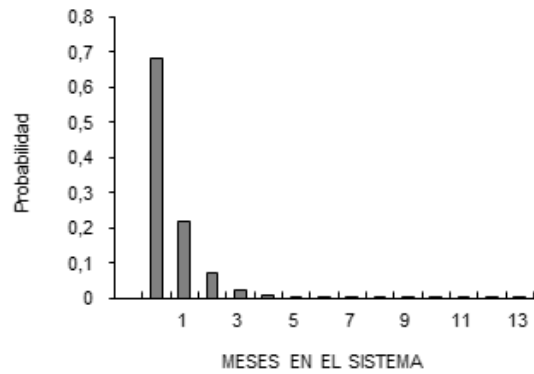
Tabla 4. Análisis de múltiples referencias

Referencia	C	D	E	F
Unidad de tiempo	Año	Año	Año	Año
Tasa de llegadas anual	5.526.340	4.995.765	3.108.955	1.981.158
Tasa de servicio anual	15.552.000	15.552.000	15.552.000	15.552.000
Número máquinas asignadas	1	1	1	1
Utilización	0,355345936	0,321229745	0,199907086	0,127389275
P(0), probabilidad que el sistema esté vacío	0,644654064	0,678770255	0,800092914	0,872610725
Lq, longitud esperada de la cola	0,195873634	0,152022792	0,049947753	0,018597098
Ls, número esperado en el sistema	0,551219571	0,473252537	0,249854839	0,145986373
Wq, tiempo esperado en la cola	3,54436E-08	3,04303E-08	1,60658E-08	9,38698E-09
Ws, tiempo total esperado en el sistema	9,97441E-08	9,47307E-08	8,03662E-08	7,36874E-08
Probabilidad que un cliente espere	0,355345936	0,321229745	0,199907086	0,127389275

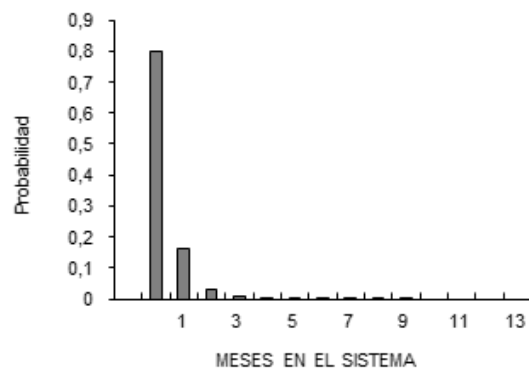
Fuente: El autor



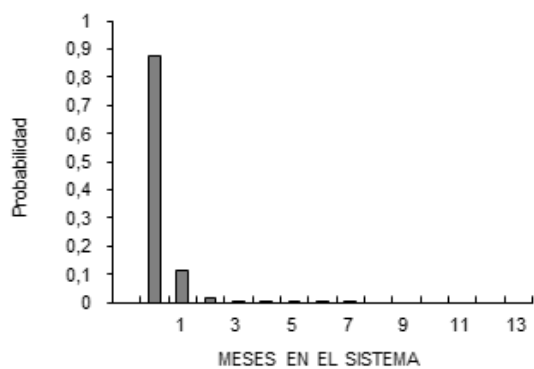
Gráfica 4. Análisis referencia C



Gráfica 3. Análisis referencia D



Gráfica 6. Análisis referencia E



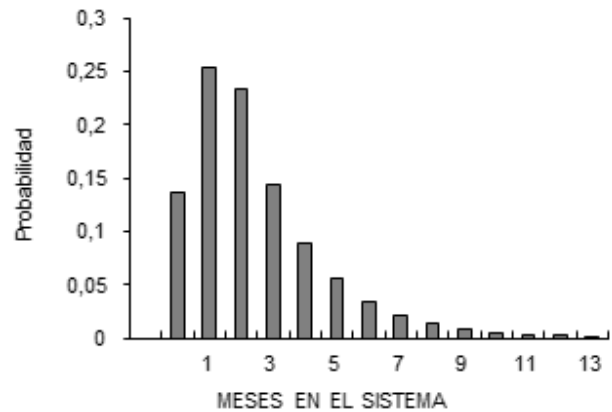
Gráfica 5. Análisis referencia F

Se propuso un análisis grupal (tabla 5) donde se asignaron solo el 50 % de las máquinas disponibles para atender el total de la demanda del año. Este arrojó mejores resultados, una ocupación anual del 62 % del año, esto es bueno en términos de ocupación de máquina pero poco conveniente en el cumplimiento de pedidos ya que los tiempos de espera en el sistema se hacen más largos por ende la respuesta al cliente también.

Tabla 5. Referencias agrupadas

Referencia	Agrupadas
Unidad de tiempo	Año
Tasa de llegadas anual	28800915
Tasa de servicio anual	15552000
Número máquinas asignadas	3
Utilización	0,617303562
P(0), probabilidad que el sistema esté vacío	0,136375196
Lq, longitud esperada de la cola	0,608463029
Ls, número esperado en el sistema	2,460373716
Wq, tiempo esperado en la cola	2,11265E-08
Ws, tiempo total esperado en el sistema	8,54269E-08
Probabilidad que un cliente espere	0,377215762

Fuente: El autor



Gráfica 7. Referencias agrupadas

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las metodologías identificadas y evaluadas permitieron determinar los métodos empleados en la actualidad para abordar los diferentes temas relacionados con la planeación de producción lo que facilitó posteriormente identificar y seleccionar el método que más se ajustara a las necesidades de este estudio.

La información recopilada junto con la identificación de las metodologías de planeación permitió seleccionar el método de teoría de colas como el más adecuado para realizar el estudio dada las características propias del proceso productivo.

El método demuestra que es posible en la compañía establecer para el área de impresión una política de fabricar contra pedido dado que los resultados arrojados los justifican, los tiempos de entrega al cliente de las referencias de mayor demanda para el área son inferiores a 20 días una vez es asignado el pedido a proceso, este resultado contrasta la política actual de entrega de pedidos que en la actualidad es de 30 días. Este resultado de trabajar contra pedido debe ser analizado también desde el impacto que puede causar en la reducción de costos de inventario, un estudio posterior puede llegar a esta conclusión complementando los resultados del presente trabajo.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Absi, N., Kedad-Sidhoum, S., & Dauzère-Pérès, S. (2011). Uncapacitated lot-sizing problem with production time windows, early productions, backlogs and lost sales. *International Journal of Production Research*, 49(9), 2551–2566.

Aghezzaf EH., & Landeghem HV. (2002). An integrated model for inventory and production planning in a two-stage hybrid production system. *International Journal of Production Research*, 40(17), 39-56.

Alzate, C. (2002, 08 de Febrero). El crecimiento está en las pyme. *Dinero*, (150), Pág. 65.

Andriani, C. (Ed.). (2003). Un nuevo sistema de gestión para lograr Pymes de clase mundial. México: Editorial Norma.

Azevedo, A., & Sousa, J. (2000). Order planning for networked make-to-order enterprises – A case study. *Journal of the Operational Research Society*, 1116–1127.

Basnet, C., & Leung, J. (2005). Inventory lot-sizing with supplier selection. *Computers & Operations Research*, 32(1), 1–14.

Beltrán, A., & Burbano, A. (2003). Modelo de benchmarking de la cadena de abastecimiento para pymes manufactureras. Universidad ICESI, Cali, Colombia.

Bitran, G., & Morabito, R. (2006). Open queuing networks: Optimization and performance evaluation models for discrete manufacturing systems. *Production and Operations Management*, 25 (2), 163-193.

Brahimi, N., Dauzere-Peres, S., Najid, N., & Nordli, A. (2006). Single item lot sizing problems. *European Journal of Operational Research*, 168(1), 1–16.

Buschkühl, L., Sahling, F., Helber, S., & Tempelmeier, H. (2010). Dynamic capacitated lot-sizing problems: A classification and review of solution approaches. *Or Spectrum*, 32(2), 231–261.

Buzacott, JA. (2006). Commonalities in reengineered business processes: Models and issues. *Management Science*, 42 (5), 768-782.

Byrne MD., & Hossain MM. (2005). Production planning: an improved hybrid approach. *International Journal of Production Economics*, 93, 94-125.

Cheng, F., & Ye, F. (2011). A two objective optimization model for order splitting among parallel suppliers. *International Journal of Production Research*, 49(10), 59–69.

Clark, K. (2006). Competing through manufacturing and the new manufacturing paradigm: Is manufacturing strategy passé?. *Production and Operations Management*, 25 (1), 42-58.

Cormier G., & Rezg N. (2009) An integrated production planning model for molds and end items. *International Journal of Production Economics*, 121, 68–71.

Corominas A., Lusa A., & Pastor R. (2007). Planning production and working time within an annualised hours scheme framework. *Annals of Operations Research*, 155, 5–23.

Cyplik P., Hadas L., & Fertsch M. (2009). Production planning model with simultaneous production of spare parts. *International Journal of Production Research*, 47(8), 108-120.

Da Silva CG., Figueira J., & Lisboa J. (2006). Barman S. An interactive decision support system for an aggregate production planning model based on multiple criteria mixed integer linear programming. *Omega*, 34, 77-167.

Ding, H., Benyoucef, L., & Xie, X. (2009). Stochastic multi-objective production-distribution network design using simulation-based optimization. *International Journal of Production Research*, 47(2), 479–505.

Flynn, B. (2007). Repetitive lots: The use of a sequence dependent setup time scheduling procedure in group technology and traditional shops. *Journal of Operations Management*, 56 (2), 203-216.

Flynn, B., Jacobs, R. (2006). A simulation comparison of group technology with traditional job shop manufacturing. *International Journal of Production Research*, 42 (5), 1171-1192.

Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., & Meybeck, A. (2011). Global food losses and food waste, Tech. Rep., Study conducted for the International Congress SAVE FOOD! at Interpack 2011, Dusseldorf, Germany for the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Higuita, O. (2009). Planificación y programación de la producción en una planta prototipo de producción flexible e inteligente. Universidad nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Hung YF., & Cheng GJ. (2002). Hybrid capacity modeling for alternative machine types in linear programming production planning. *IIE Transactions*, 34, 65-157.

Hwang, H. (2007). Dynamic lot-sizing model with production time windows. *Naval Research Logistics (NRL)*, 54(6), 692–701.

Jain A., & Palekar US. (2005). Aggregate production planning for a continuous reconfigurable manufacturing process. *Computers & Operations Research*, 32, 36-60.

Jans, R., & Degraeve, Z. (2008). Modeling industrial lot sizing problems: A review. *International Journal of Production Research*, 46(6), 1619–1643.

Jaruphongsa, W., & Lee, C. (2008). Dynamic lot-sizing problem with demand time windows and container-based transportation cost. *Optimization Letters*, 2(1), 39–51.

Lee, H. (2006). Effective inventory and service management through product and process redesign. *Operations Research*, 44 (1), 151-159.

Liao, Z., & Rittscher, J. (2007). Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions. *International Journal of Production Economics*, 107(2), 502–510.

Liao, Z., & Rittscher, J. (2007). Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions. *International Journal of Production Economics*, 107(2), 502–510.

Liu X., & Tu YL. (2008). Production planning with limited inventory capacity and allowed stockout. *International Journal of Production Economics*, 111, 91-180.

Lukac Z., Soric K., & Rosenzweig VV. (2008). Production planning problem with sequence dependent setups as a bi-level programming problem. *European Journal of Operational Research*, 187, 12-25.

Orejuela, J., Ocampo, J., & Micán, C. (2008). Propuesta metodológica para la programación de la producción en las PYMES del sector artes gráficas, área publi-comercial. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Pahl, J., Vos, S., & Woodruff, D. L. (2007). Production planning with deterioration constraints: A survey. In J. Ceroni (Ed.), *The development of collaborative production and service systems in emergent economies*, proceedings of the 19th international conference on production research (pp. 1–6). IFPR, Valparaiso, Chile.

Pahl, J., Vos, S., & Woodruff, D. L. (2011). Discrete lot-sizing and scheduling with sequence-dependent setup times and costs including deterioration and perishability constraints. In *Hawaiian international conference on systems sciences (HICSS)* (pp.1–10).

Pochet, Y., & Wolsey, LA. (2006). *Production planning by mixed integer programming*. USA: Springer-Verlag.

Santos, J. (2007). *Organización de la Producción II, planificación de procesos productivos*. San Sebastián, España.

Skinner, W. (2004). The focused factory. *Harvard Business Review*, 113-121.

Suresh, N. (2001). Partitioning work centers for group technology: Insights from an analytical model. *Decision Sciences*, 42 (4), 772-791.

Tang, Y. (2004). System planning and configuration problems for optimal system design. *European Journal of Operational Research*, 104, 163-175.

Van Lear, W., & Sisk, J. (2010). Financial crisis and economic stability: A comparison between finance capitalism and money manager capitalism. *Journal of Economic Issues*, 44(3), 779–793.

Wolsey, L. (2006). Lot-sizing with production and delivery time windows. *Mathematical Programming*, 107(3), 471–489.