



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
VERITATE SOLA NOVIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas  
Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo  
Departamento de Ingeniería Industrial

# Trabajo de Diploma

*Título: Programación operativa de la producción de la UEB Planta Impresión Plana en la Empresa Gráfica de Villa Clara "Enrique Núñez Rodríguez".*

*Autora: Ilianset Alarcón Hernández*

*Tutores: Ms. C. Ráynel Domínguez Martínez*

*Dr. C. Ing. Rafael Ramos Gómez*

*Ms.C. Ing. Raisa Lena Gutiérrez*

2013-2014

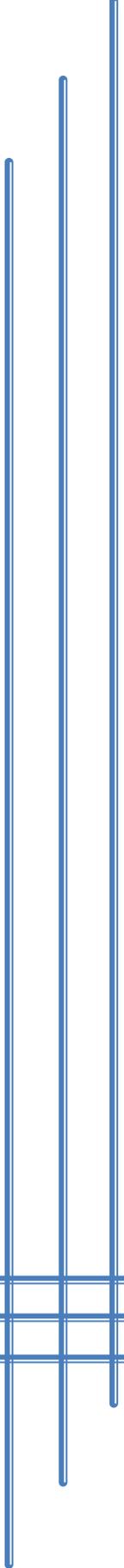


Bersanierto



*Usemos el arma de la razón y abatiremos a nuestra enemiga, la ignorancia, hagamos amistad con la metodología, y con su ayuda podremos llegar al conocimiento deseado, no importa donde se encuentre, no importa que tanto se oculte, nuestra capacidad, siempre nos permitirá llegar, solo nos hace falta decisión para hacerlo.*

*Gabriel Gutiérrez*



**D**edicatoria



*Dedico este triunfo:*

- ❖ *A mis tíos por apoyarme y compartir la carga conmigo.*
- ❖ *A mi prima Arianna por comprometerse con la causa, aún en contra de mi voluntad, y soportar mis resabios.*
- ❖ *A mi abu linda que aunque peleemos ocupa un gran lugar único en mi corazón.*
- ❖ *A mis amigas por acompañarme en todas mis aventuras.*
- ❖ *A toda mi familia, pero sobre todo a la mamá más linda del mundo que cada día me demuestra que entre nosotras no valen las distancias.*

# AGRADECIMIENTOS

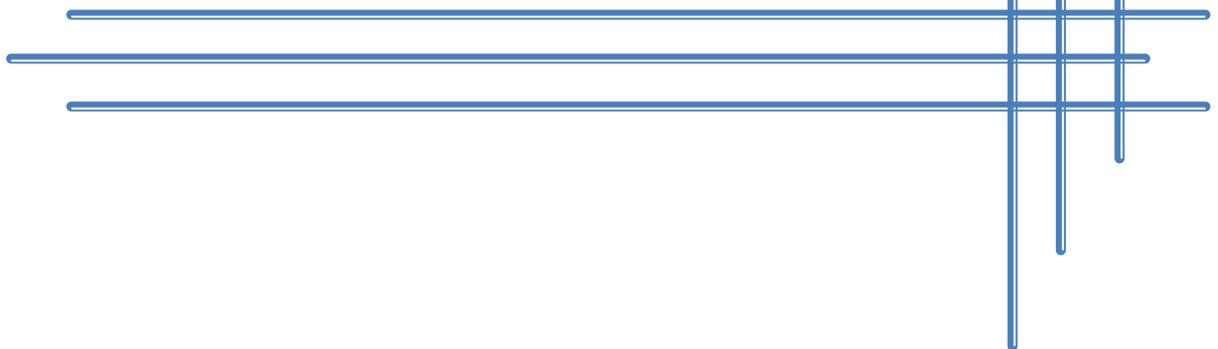


## *Agradecimientos*

- ❖ *Gracias mami por creer en mí y estar siempre cuando me haces falta, aunque sea para oír mis quejas. Tú has sido mi ejemplo toda la vida y sin ti no lo habría logrado. Este logro te pertenece.*
- ❖ *Gracias a mi abuela por el apoyo y el sacrificio de todos estos años para hacer mi futuro más prometedor.*
- ❖ *Gracias a mis tíos Dania y a Carlitos por ser el sostén al que acudir en ausencia de mi mamá.*
- ❖ *Gracias Ari por cumplir tu promesa y hacerme caminar media Habana para cumplir mi sueño.*
- ❖ *Gracias a mis amigas por compartir conmigo alegrías y tristezas en 5 años maravillosos, las quiero mucho.*
- ❖ *Gracias a mi tutor Ráynel y a mis profesores de estos 5 años por sus enseñanzas. Por ellos hoy soy ingeniera.*
- ❖ *Gracias a los trabajadores del Poligráfico que de una manera u otra contribuyeron a la realización de este sueño, en especial a Raiza y Guadalupe, por su tiempo y preocupación.*
- ❖ *A todas las personas que me animaron a seguir cuando la situación no era favorable.*

*Muchísimas gracias*

# Resümee



## **Resumen**

La presente investigación se realizó en la empresa gráfica de Villa Clara “Enrique Núñez Rodríguez” la cual presenta problemas en la entrega a tiempo de los pedidos. Este trabajo tiene como objetivo fundamental el diseño y aplicación de un procedimiento para la conformación del programa de producción detallado en el proceso de planificación y control de la producción a nivel operativo para el proceso de producción de libros, libretas, folletos, cuadernos y revistas, que permita contribuir al cumplimiento de los contratos asumidos por la entidad. El diseño del procedimiento basado en las características de este tipo de producto y proceso productivo y la posible aplicabilidad en otras empresas del país dedicadas a la producción gráfica, constituyen el principal resultado obtenido en la realización de la investigación. En el desarrollo de la investigación se determinan los parámetros necesarios para el diseño del programa de producción, utilizando técnicas de secuenciación, entrevistas con personal del centro, observación directa y consulta a documentos de la entidad, las cuales brindan un soporte científico a la investigación.

# Summary



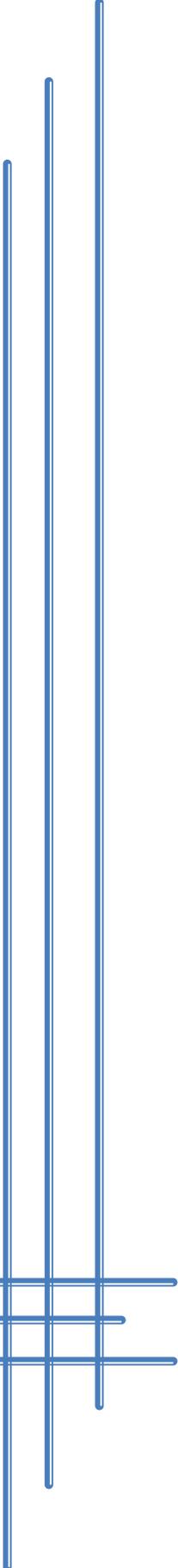
## **Summary**

The present investigation was carried out in the graphic company of Villa Clara "Enrique Núñez Rodríguez" which presents problems on time in the delivery of the orders. This work has as fundamental objective the design and application of a procedure for the conformation of the detailed production program in the process of planning and control of the production at operative level for the process of production of books, notebooks, pamphlets, notebooks and magazines that it allows to contribute to the execution of the contracts assumed by the entity. The design of the procedure based on the characteristics of this product type and productive process and the possible applicability in other companies of the country dedicated to the graphic production, they constitute the main result obtained in the realization of the investigation. In the development of the investigation the necessary parameters are determined for the design of the production program, using technical of sequence, interviews with personal of the center, direct observation and it consults to documents of the entity, which offer a scientific support to the investigation.

**S**rdice



Introducción .....	1
Capítulo 1: Marco Teórico-Referencial de la Investigación .....	6
1.1 Introducción .....	7
1.2 Gestión de la Producción. Conceptos básicos.....	7
1.3 Enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción	11
1.3.1 Planeación a largo plazo .....	13
1.3.2 Planeación agregada o mediano plazo.....	13
1.3.3 Programa maestro de producción.....	14
1.3.4 Sistemas de planeación de la producción .....	15
1.3.5 Programación de la producción.....	21
1.4 Técnicas empleadas en la programación de la producción .....	23
1.5 Programación operativa de la producción en empresas gráficas a nivel mundial. .....	32
1.6. Programación de la producción en empresas cubanas. ....	33
1.7. Programación de la producción en la empresa gráfica “Enrique Núñez Rodríguez” .....	34
1.8. Conclusiones parciales .....	34
Capítulo 2: Procedimiento para la programación operativa de la producción en la empresa gráfica “Enrique Núñez Rodríguez” . ....	36
2.1. Introducción .....	37
2.2. Procedimiento para la programación operativa de la producción.....	38
2.3. Aplicación del procedimiento propuesto de programación operativa de la producción .....	45
Conclusiones generales .....	60
Recomendaciones.....	62
Bibliografía.....	64
Anexos .....	70



# Introducción

---

---

---

## Introducción

El mundo ha experimentado grandes cambios desde la primera revolución industrial. Con el advenimiento de la globalización y la consecuente apertura del mercado, las empresas nacionales tuvieron que cambiar las reglas adoptadas hasta el momento.

Desde la década de 2000 para vivir en un mundo donde el cambio es cada vez más intenso, es importante para cualquier empresa tener cuidado de no perder competitividad. En las últimas décadas se formaron grandes cambios en la gestión y organización del sistema productivo de las empresas industriales de todo el mundo. Dos grupos principales de los cambios fueron notables en este período. El primero fue el gran desarrollo tecnológico en términos de máquinas y sistemas de información, automatización, robótica, telecomunicaciones, entre otros, que hizo posible una planificación más eficiente y controlada de las operaciones. La segunda se relaciona con los cambios de filosofías de gestión y métodos de trabajo.

La competitividad en el año 2007 se intensifica aún más, porque, con la creciente competencia extranjera, las empresas nacionales tienen que poseer una excelente calidad en sus productos y servicios, ser eficiente en la ejecución de las actividades, tener una ejecución más rápida de las tareas a un costo más bajo, ser muy flexibles ante los clientes y el mercado, con personal calificado para realizar los servicios, tener un buen canal de comunicación interna y externa, una buena logística centrada en la mejora continua, controles sólidos y reducir o eliminar el uso de sustancias nocivas que afecten el medio ambiente.

En la industria gráfica cubana este desarrollo se ha visto frenado por la situación tecnológica sumamente adversa que se produjo al caer el campo socialista. El parque tecnológico con que contaba recibió un golpe demoledor en los suministros de partes, piezas y componentes para su necesario mantenimiento y modernización, a lo que se unía el bajo potencial competitivo que ofrecía dicho parque para enfrentar el nuevo entorno comercial. Tal golpe, junto a la difícil situación financiera que tuvo que enfrentar el país y el recrudecimiento de las arbitrarias medidas del bloqueo económico de los Estados Unidos, conllevó a la paulatina saturación y declive de las tecnologías con que se contaba. Como resultado, se produjo una brecha tecnológica considerable, en comparación con las tecnologías de la nueva competencia a que se enfrentaba y enfrenta el país.

Esto trajo como consecuencia la necesidad de ir en busca de determinadas ventajas con respecto a sus competidores para no ser sacados del mercado. El no conseguirlo

implica un peligro para la supervivencia de la organización; de ahí que los sistemas productivos deban encaminarse a lograr la cantidad y la calidad requerida de sus producciones y dar respuesta a las necesidades del mercado con la rapidez y oportunidad exigida, así como, con altos niveles de eficiencia. En otras palabras, satisfacer las necesidades del cliente y al mismo tiempo trabajar con el objetivo de lograr el bienestar social de la población.

Es por tanto indispensable en toda empresa el conocimiento de sus productos y de las necesidades de sus clientes. Estos requisitos deben ir de la mano con el proceso productivo, para lo cual se deben adoptar herramientas, técnicas de diseño y metodologías que permitan a las organizaciones configurar sus sistemas de planificación y control de la producción. Estas combinarán eficacia y eficiencia, posibilitando fabricar lo que el mercado cambiante demande al costo más bajo posible.

La presente investigación se desarrolló en la empresa gráfica de Villa Clara perteneciente a la Unión Integración Poligráfica del Ministerio de Industrias, se encuentra enclavada en la ciudad de Santa Clara y se dedica a la impresión de la prensa nacional y provincial de las provincias centrales (Villa Clara, Sancti Spíritus, Cienfuegos y Ciego de Ávila). Asume la impresión de libros y folletos de altas tiradas para la mayoría de las editoras del país, cuenta con 220 trabajadores y se encuentra aplicando el Perfeccionamiento Empresarial desde el año 2002. Tiene un sistema de la calidad certificado con alcance a periódicos y tabloides, y sus estados financieros certificados garantizan la veracidad de la información contable.

En el transcurso del año 2013 la Unidad Empresarial de Base (UEB) Impresión Plana, ha venido presentando algunas dificultades con el cumplimiento del plan. Existen sobrecargas entre los centros de producción, pérdidas de tiempo en la jornada laboral, insuficiencias de materia prima e incumplimiento de los plazos de entrega establecidos. La entidad ha experimentado una disminución significativa en el comportamiento de los indicadores de eficacia y eficiencia, constituyendo esto la **situación problemática de la investigación.**

Por todo lo antes expuesto, constituye un **problema de investigación** ¿Cómo se debe realizar la planeación de la producción al nivel operativo en aras de alcanzar el cumplimiento de los planes de producción y dar solución a los problemas antes mencionados?

El **objetivo general** que se persigue con el desarrollo de esta investigación es aplicar un procedimiento para realizar la programación operativa de la producción en la Empresa Gráfica de Villa Clara "Enrique Núñez Rodríguez".

Este objetivo general fue desglosado en los siguientes **objetivos específicos**:

1. Analizar los procedimientos y herramientas existentes para realizar la programación operativa de la producción.
2. Evaluar y seleccionar un procedimiento y ajustarlo a las condiciones de la empresa y a la UEB Impresión Plana.
3. Aplicar este procedimiento para mejorar la planificación de la producción a corto plazo.

En función de los objetivos de la investigación se plantean las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué es la planeación de la producción?

¿Qué se entiende por programación operativa de la producción?

¿En qué medida la consulta hecha de la bibliografía nacional e internacional existente, permite desarrollar la investigación propuesta?

¿Se ha elaborado con anterioridad un procedimiento que permita darle solución a los objetivos planteados?

¿Los procedimientos existentes se pueden aplicar en las empresas gráficas cubanas?

¿Qué mejoras traería para las empresas cubanas una vez aplicado este procedimiento?

¿En qué medida la aplicación de un procedimiento de programación operativa contribuirá en el mejoramiento de la producción y elevará la satisfacción de sus clientes?

Esta investigación no requiere de grandes gastos frente a los beneficios potenciales a obtener, fruto de un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y humanos, además de una mejor anticipación y satisfacción a las necesidades de los clientes, todo lo cual favorece la **viabilidad** de su ejecución. Además se cuenta con el apoyo de los directivos de la empresa y el total interés de estos por su realización.

Con respecto a las **limitaciones y alcance de la investigación** el estudio se centra en los problemas de planeación y control de la producción. La problemática de la

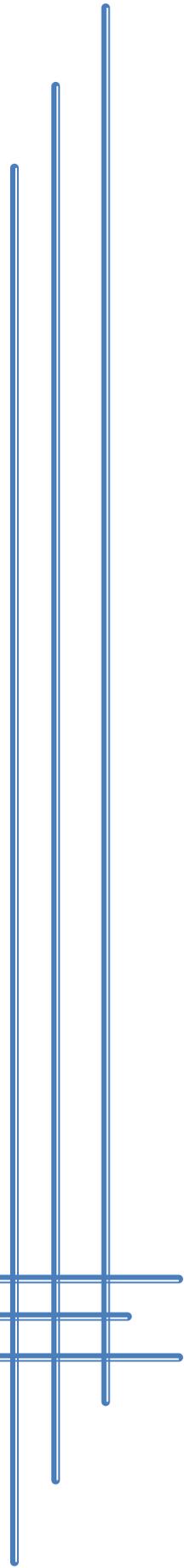
organización y demás decisiones asociadas a la Administración de Producción/Operaciones (POM), quedan fuera del universo de la investigación y solo se abordarán en su interrelación con la primera. Ante la posibilidad de estudiar el amplio espectro de producciones de la empresa, solo se estudiarán las producciones realizadas por la UEB Impresión Plana. Por último, el contexto de aplicabilidad son las empresas pertenecientes a la Unión Integración Poligráfica establecidas en nuestro país.

La presente investigación queda estructurada de la forma siguiente: introducción, luego el capítulo uno, dedicado a sistematizar las principales concepciones teóricas metodológicas sobre la programación operativa de la producción, llegando a elaborar así lo que constituirá el marco teórico-referencial de la investigación. El capítulo dos dividirá en dos partes: la primera se destinará al ajuste de un procedimiento para la elaboración de la programación operativa de la producción en la empresa gráfica de Villa Clara con el propósito de dar respuesta a los problemas planteados en la investigación, en la segunda parte, fundamentalmente se aplicará en la empresa el procedimiento. Por último se presentarán las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía consultada, además de los anexos correspondientes.

Para el logro del objetivo planteado se utilizan diversos métodos entre los que se incluyen el análisis y la síntesis, herramientas estadísticas, el tratamiento automatizado de la información, trabajo con expertos, técnicas como el trabajo en grupo, la secuenciación, asignación, balance, entrevistas con personal del centro, observación directa y consulta a documentos de la entidad, las cuales brindan un soporte científico a la investigación

Las técnicas y métodos utilizados son una combinación entre tradicionales y novedosos que permiten identificar de forma efectiva los problemas que afectan a la empresa.

# Capítulo 1



# Capítulo 1: Marco Teórico-Referencial de la Investigación

## 1.1 Introducción

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó una revisión bibliográfica, para ordenar las ideas básicas sobre el tema objeto de estudio. Con este fin, se consultó una amplia bibliografía perteneciente a la literatura más actualizada a la que se tuvo acceso abarcando el estado del arte y de la práctica de acuerdo al hilo conductor (figura 1.1) que se muestra a continuación:



**Figura 1.1:** Hilo conductor para la construcción del marco teórico-referencial de la investigación. (Fuente: Elaboración propia)

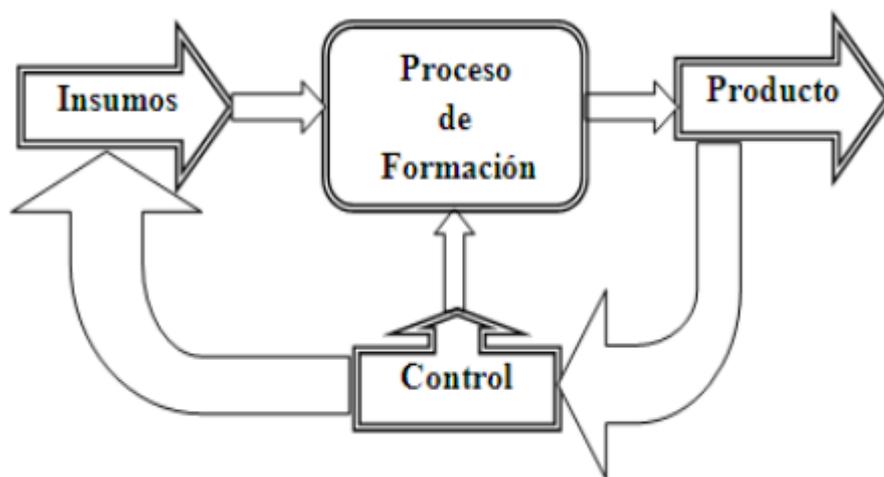
## 1.2 Gestión de la Producción. Conceptos básicos

La gestión de la producción es una disciplina que sigue cobrando la importancia que realmente tiene para el futuro económico, no sólo de las empresas, sino también de los países (González Riesco, 2006; Soret los Santos, 2006). Este papel clave dado a la función de operaciones, justifica la teoría de que la producción no sólo debe ser el

lugar donde se producen los bienes y servicios de la organización, sino que debe ser también donde se fortalezca la empresa como entidad competitiva.

La gestión de la producción consiste en organizar, planificar y controlar. Esta abarca gran parte de la administración de operaciones (Morales Idarraga, 2006).

Varios autores (Onwubolu & Mutingi, 2001; Alonso Martínez, 2002; Schroeder (2005); González Riesco, 2006), coinciden en definir, de forma general, la gestión de la producción como la actividad mediante la cual los recursos, fluyendo dentro de un sistema definido, son combinados y transformados de una forma controlada para agregarles valor en concordancia con los objetivos de la organización, la figura 1.2 describe este proceso.



**Figura 1.2.** Sistema de producción simplificado. Fuente: Alonso Martínez, 2002.

Dentro del sistema de producción coexisten varios subsistemas de gestión entre ellos se encuentran los siguientes:

- Subsistema de planificación.
- Subsistema operativo.
- Subsistema de control.
- Subsistema financiero.

Dentro de las funciones de la gestión de la producción están: planificación de la capacidad, el control de los pedidos, previsión de ventas, plan de producción, gestión de materiales, ordenación, programación, producción, control de stocks, control de producción. (Sachís Palacio, 2004).

La administración de la producción se relaciona directamente con los recursos de producción de la empresa, los cuales pueden considerarse como las cinco P de la dirección de operaciones: personas, plantas, partes, procesos y sistema de planificación y control. (De la Fuente García, 2011).

Varios autores (Schroeder, 2005; García Ruiz, 2006), definen a la administración de operaciones como el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones, planteando además, que los administradores de operaciones son los responsables de la producción de los bienes y servicios de la organización y toman decisiones que se relacionan con la función de operaciones y los sistemas de transformaciones que se utilizan.

Según Heizer y Render (2001), la dirección de operaciones representa el área de la administración de empresas dedicada tanto a la investigación como a la ejecución de todas aquellas acciones tendientes a generar el mayor valor agregado mediante la planificación, organización, ejecución y control en la producción tanto de bienes como de servicios, destinado todo ello a aumentar la calidad, productividad, mejorar la satisfacción de los clientes y disminuir los costos.

Diferentes autores han estudiado los conceptos de organización, planificación, y control de la producción; entre ellos, Fundora Miranda (1987) y Stephen (2006), definen la planificación como el conjunto de acciones del colectivo de trabajadores encaminados a establecer las tareas que determinan la orientación, los ritmos, las proporciones y los resultados de su trabajo en diferentes períodos de tiempo. Planificar implica que los administradores piensen con antelación en sus metas y acciones, y que basan sus actos en un método, plan o lógica, y no en corazonadas.

Los planes presentan los objetivos de la organización y establecen los procedimientos idóneos para alcanzarlos. Además, los planes son la guía para que una organización obtenga y comprometa los recursos que se requieren para alcanzar sus objetivos; los miembros de la organización desempeñan actividades congruentes con los objetivos y los procedimientos elegidos, y el avance hacia los objetivos puedan ser controlados y medidos de tal manera que, cuando no sea satisfactorio, se puedan tomar medidas correctivas (Stoner y Wankel, 2000).

Según (Platero Farías, 2009) la planificación equivale a la formulación de objetivos y las líneas de acción para alcanzarlos, se centra en seleccionar los objetivos de la organización que tienen repercusión en la producción, elaborarlos en términos

productivos y completarlos con objetivos derivados, establecer las políticas, programas y procedimientos para el alcance.

El principal objetivo del proceso de planificación de la producción es responder a las necesidades del cliente (cantidad y plazo) al menor costo posible para la empresa y al mismo tiempo, de forma que los recursos disponibles se utilicen de la mejor manera posible (Galeano Huertas, 2011). Entre de los elementos de planificación de la producción se encuentran la competencia, subcontrataciones, estado de inventario, disponibilidad de materia prima, demanda, costos, capacidad, fuerza laboral, estado de las máquinas (Uribe Uribe, Duque Hoyos, Aguirre Cajías, Meléndez Torres, 2012). Por lo que es fundamental para que el proceso de planificación sea efectivo, descubrir las variables principales que intervienen en la planificación de la empresa en la que se realiza.

El control se puede definir como el proceso para asegurar que las actividades reales se ajustan a las actividades planificadas, es la función fundamental de la ingeniería cuyo mayor propósito es medir, evaluar y corregir las operaciones del proceso, máquina o sistema bajo condiciones dinámicas para lograr los objetivos deseados dentro de las especificaciones de costo y seguridad (Stoner y Wankel, 2000).

Mediante el control se modifica algún aspecto de un sistema para que se alcance el desempeño deseado en el mismo. La finalidad del proceso de control es hacer que el sistema se encamine completamente hacia sus objetivos. El control no es un fin en sí mismo, es un medio para alcanzar el fin, o sea mejorar la operación del sistema. Para que sea eficaz, el control debe enfocarse al presente, se debe centrar en la corrección y no en el error, debe, asimismo, ser específico, de tal forma que se concentre en los factores claves que afecten los resultados. Es universal y abarca todas las fases de la empresa (Stoner y Wankel, 2000).

Según Pérez Campaña (2000), un punto importante a tener en cuenta es cómo hacer productivos los sistemas de control, donde es necesario considerar que el control está estrechamente vinculado con la planeación y el establecimiento de objetivos.

Del estudio de los autores consultados (Portuondo Pichardo, 1983; Fundora Miranda, 1987; Suárez Mella, 1996; Ramos Gómez, 2002; Cespón Castro, Ibarra Mirón y Sarache Castro, 2004; Mula y García, 2006) se pueden destacar como actividades importantes dentro del control las siguientes: recopilar los datos necesarios mediante la medición, comparar los mismos con los resultados deseados y por último, la

corrección de las desviaciones mediante los programas de mejora. Algunos puntos que estos autores consideran se deben tener en cuenta son:

- La eficiencia del control está en asegurar la anticipación de los cambios del entorno y su impacto en la empresa.
- La mejor forma de control es aquella que promueve el autocontrol de las personas mientras actúan y toman decisiones, pues garantiza la motivación y la identificación con los objetivos de la empresa.
- Todo control debe ser complementado con un análisis formalizado que brinde la información necesaria para conocer los resultados de la gestión interna.
- El control debe ser realizado por la alta dirección y por todos y cada uno de los componentes de la organización.
- Ser adaptado a la cultura de la empresa y a las personas.
- Ser flexible para contribuir a motivar hacia el comportamiento deseado más que a coaccionar hacia el mismo.
- Debe ser un ejercicio permanente de adaptación de la organización al entorno.

Por tanto, queda establecido que a través de la administración de operaciones la empresa debe ser capaz de adquirir todos los insumos necesarios, trazar un plan de producción que utilice de forma efectiva todos los recursos que posee (materiales, de capacidad, financieros), producir los bienes y servicios que le demanden los clientes y controlar las variables antes mencionadas para hacer los ajustes pertinentes y mejorar la nueva planificación garantizando el mejoramiento continuo del sistema.

### **1.3 Enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción**

La planeación proporciona un marco de referencia a la toma de decisiones. Es resultante del proceso de conexión entre estrategias empresariales y las estrategias de operaciones de la empresa, por lo que representa el estudio y la fijación de objetivos de la empresa tanto a largo como a corto plazo.

La planeación de la producción dentro de las empresas determina lo que ha de producirse para atender las necesidades del mercado, establece un plan indicando los recursos requeridos para llevarlo a cabo y en última instancia indica la viabilidad del plan. (Uribe Uribe, Duque Hoyos, Aguirre Cajías y Meléndez Torres, 2012).

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.

La planificación de la producción consiste en definir el volumen y el momento de fabricación de los productos, estableciendo un equilibrio entre la producción y la capacidad de los distintos niveles, en busca de la competitividad deseada. (Taboada Rodríguez, 2009)

Según Domínguez Machuca (1995), básicamente las cinco fases que componen el proceso de planificación y control de la producción son:

- La planificación estratégica o a largo plazo: este plan es elaborado por los niveles ejecutivos de la empresa.
- La planificación agregada o a mediano plazo: expresa la fijación de la porción de producción de la empresa.
- Programación maestra o sistema maestro de producción (MSP - *Master Production Schedule*): satisfacer las demandas de cada uno de los productos dentro de las líneas de familias.
- Programación de componentes o planeación de requerimientos de materiales (MRP): es el plan que mueve el sistema de planeación de materiales e inventarios.
- Ejecución y control (Programación de la producción): establece siguiendo los lineamientos anteriores, la coordinación, seguimiento y control de las actividades semanales o diarias utilizando los procedimientos de asignación, secuenciación y temporización de la producción adecuadas al tipo de proceso productivo que se desarrolle en cada empresa.

Es importante decir, que para Domínguez Machuca (1995), estas fases se deberán llevar a cabo en cualquier empresa manufacturera, independientemente de su tamaño y actividad, aunque la forma como se lleven a cabo sólo dependerá de las características propias de cada sistema productivo que posea la empresa.

Teniendo en cuenta los aspectos que se deben considerar en el proceso de planificación, programación y control de la producción y en aras de su importancia en las acciones de mejoramiento de la capacidad competitiva de una organización, a continuación se procederá a analizar de manera detallada los aportes de distintos autores en cuanto a conceptos, métodos y técnicas más empleados en cada una de sus fases.

### 1.3.1 Planeación a largo plazo

Tomando la planeación estratégica o a largo plazo, como proceso de desarrollo de la estrategia empresarial, conecta la misión actual de la organización y sus condiciones ambientales, estableciendo una guía para la decisión y resultados de mañana (Higuera Toro, 2009). Es necesario para conseguir esto y desarrollarlo una serie de actividades que se muestran en la figura 1.3.

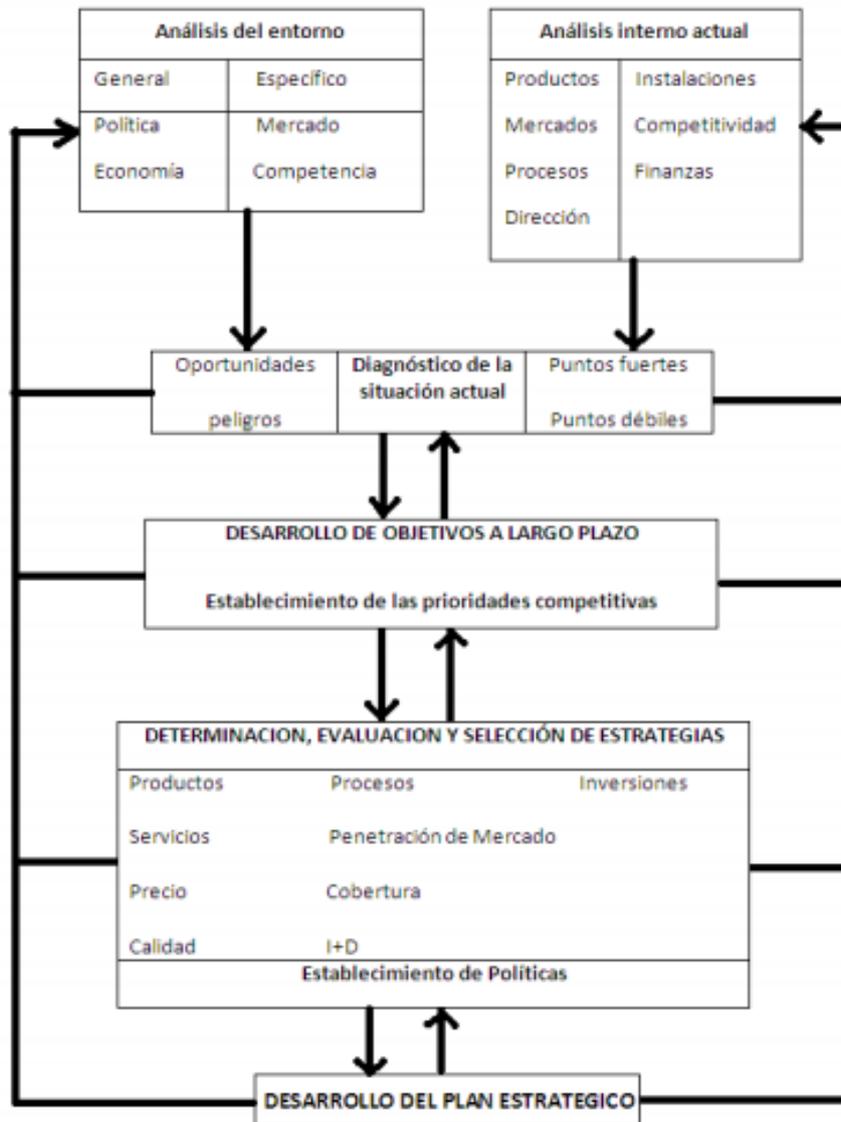


Figura 1.3. Actividades para la toma de decisiones. Fuente: Higuera Toro, 2009.

### 1.3.2 Planeación agregada o mediano plazo

Uno de los problemas más difíciles al operar un determinado producto es determinar qué tanto producir y cuándo hacerlo. Para resolver este problema se debe saber como

producir la demanda, traducir la demanda en órdenes de producción y usar dispositivos para la programación cronológica tales como la gráfica de Gantt.

La planeación agregada descompone los grandes planes estratégicos de una organización en planes elaborados para un mediano plazo, expresándolos en términos de familias de productos. Tales planes apuntan a la satisfacción de la demanda a un costo mínimo; contemplando las restricciones de recursos del sistema de producción como la capacidad de producción, disponibilidad de personal, y demás objetos involucrados (Uribe Uribe, Duque Hoyos, Aguirre Cajías y Meléndez Torres, 2012).

Mediante la planificación agregada se busca suavizar las variaciones en el nivel de producción y mano de obra durante el horizonte de planificación, así como prever la compra de materias primas, componentes o partes con cierta anticipación, contemplando que la satisfacción de una orden de pedido no es inmediata.

A nivel de planificación agregada se trabaja con un horizonte amplio que va desde 3 a 6 meses o uno a dos años, móvil o dividido en períodos cuya duración oscila entre una semana y un mes, y no necesariamente todos los períodos deben tener igual duración todo depende de la familia de productos que se fabrique y necesidad del cliente (Uribe Uribe, Duque Hoyos, Aguirre Cajías y Meléndez Torres, 2012).

### **1.3.3 Programa maestro de producción**

El plan maestro de producción (MPS - *Master Production Schedule*) especifica cuándo y cuántos elementos o productos terminados deben producirse en determinado período. Se basa en los resultados arrojados por la planeación agregada de la producción, pero la programación se hace para productos individuales en vez de familias de productos, y se programa para lapsos de tiempo más cortos, normalmente días o semanas. En este plan las cantidades representan producción y no demanda, es decir, las cantidades a producir no necesariamente coinciden con la demanda ya que pueden influir estrategias o políticas que tome la compañía en cuanto a niveles de inventarios, fuerzas de trabajo y tamaño de los lotes de producción, entre otros. Dichas cantidades a producir pueden ser una combinación de órdenes de clientes y datos pronosticados.

En el plan maestro de producción las cantidades expresan lo que se necesita producir, no lo que se puede producir. Consideraciones acerca de la capacidad ya han sido tenidas en cuenta para la elaboración de la planeación agregada o serán evaluadas luego de obtener los resultados del MPS; solo al elaborar el MRP se puede evaluar la

factibilidad de MPS y se determina si es necesario hacer correcciones al mismo (González Valdés, 2010).

Es también importante tener en cuenta que el tipo de producción puede tener dos configuraciones:

- Producción lote por lote: La cantidad a producir es variable ya que se produce de acuerdo a la cantidad pedida.
- Producción por lotes: Se define un tamaño de lote y siempre se debe ordenar en múltiplos de esta cantidad.

Establece a partir de plan agregado obtenido en la planificación agregada, la cantidad de producto final a producir en cada semana del horizonte de producción a corto plazo.

Busca programar productos finales para que se terminen con rapidez y cuando se hayan comprometido con sus clientes, y evitar sobrecargas y subcargas de las instalaciones de producción, minimizando el costo de fabricación.

### **1.3.4 Sistemas de planeación de la producción**

#### **Sistema MRP**

El MRP es un sistema de planificación de la producción y de gestión de *stocks* (o inventarios) que responde a las preguntas: ¿qué? ¿cuánto? y ¿cuándo?, se debe fabricar y/o aprovisionar. El objetivo del MRP es brindar un enfoque más efectivo, sensible y disciplinado para determinar los requerimientos de materiales de la empresa.

El procedimiento del MRP está basado en dos ideas esenciales:

- La demanda de la mayoría de los artículos no es independiente, únicamente lo es la de los productos terminados.
- Las necesidades de cada artículo y el momento en que deben ser satisfechas estas necesidades, se pueden calcular a partir de unos datos bastantes sencillos:
  - Las demandas independientes.
  - La estructura del producto.

Así pues, el MRP consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materia prima, etc.) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión

de stocks, que es el plazo de fabricación o plazo de entrega en la compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades, ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con la debida planificación respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación.

La planificación de los materiales o MRP es un Sistema de Planificación y Administración, usado para los procesos de manufactura gerencial. Tiene el propósito de que se tengan los materiales requeridos, en el momento requerido para cumplir con las órdenes de los clientes. El proceso de MRP genera una lista de órdenes de compra sugeridas, un reporte de riesgos de material. Programa las adquisiciones a proveedores en función de la producción programada.

Es un sistema que intenta dar a conocer simultáneamente tres objetivos:

- Asegurar materiales y productos que estén disponibles para la producción y entrega a los clientes.
- Mantener los niveles de inventario adecuados para la operación.
- Planear las actividades de manufactura, horarios de entrega y actividades de compra.

Las técnicas MRP (*Materials Requirement Planning*, Planificación de las requisiciones de materiales) son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se estén disponibles cuando se precisan y sin necesidad de tener un inventario excesivo.

La gran cantidad de datos que hay que manejar y la enorme complejidad de las interrelaciones entre los distintos componentes trajeron consigo que, antes de los años sesenta, no existiera forma satisfactoria de resolver el problema mencionado, lo que propició que las empresas siguiesen, utilizando los stocks de seguridad y las técnicas clásicas, así como métodos informales, con el objeto de intentar evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la programación debido a falta de *stocks*. Por desgracia, no siempre conseguían sus objetivos, aunque casi siempre incurrían en elevados costos de almacenamiento. Hubo que esperar a los años sesenta para que la aparición del ordenador abriera las puertas al MRP, siendo ésta algo más que una simple técnica de gestión de inventarios. El MRP no es un método sofisticado surgido del ambiente universitario, sino que, por el contrario, es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al ordenador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda

dependiente. Su aparición en los programas académicos es muy reciente. La popularidad creciente de esta técnica es debida no sólo a los indiscutibles éxitos obtenidos por ella, sino también a la labor publicitaria realizada por la A.P.I.C.S. (*American Production and Inventory Society*), que ha dedicado un considerable esfuerzo para su expansión y conocimiento, encabezado por profesionales como J. Orlicky, O. Wight, G. Plossl y W. Goddard. Todo ello ha propiciado que el número de empresas que utilizan esta técnica haya crecido de forma rapidísima.

### **Objetivos del MRP**

- Disminuir inventarios.
- Disminuir los tiempos de espera en la producción y en la entrega.
- Determinar obligaciones realistas.
- Incrementar la eficiencia.
- Proveer alerta temprana.
- Proveer un escenario de planeamiento de largo plazo.

Un sistema MRP debe satisfacer las siguientes condiciones

- Asegurarse de que los materiales y productos solicitados para la producción son repartidos a los clientes.
- Mantener el mínimo nivel de inventario.
- Planear actividades de:
  - Fabricación.
  - Entregas.
  - Compras.

El sistema MRP comprende la información obtenida de al menos tres fuentes o ficheros de información principales que a su vez suelen ser generados por otros subsistemas específicos, pudiendo concebirse como un proceso cuyas entradas son:

- El plan maestro de producción, el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a demanda externa (productos finales fundamentalmente y, posiblemente, piezas de repuesto).

- El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de las mismas.
- La lista de materiales, que representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción.

A partir de estos datos la explosión de las necesidades proporciona como resultado la siguiente información:

- El plan de producción de cada uno de los ítems que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación. Para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta y posteriormente para establecer el programa detallado de fabricación.
- El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que son adquiridas en el exterior.
- El informe de excepciones, que permite conocer que, órdenes de fabricación van retrasadas y cuales son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia sobre las fechas de entrega de los pedidos a los clientes. Se comprende la importancia de esta información con vistas a renegociar, estas si es posible o, alternativamente, el lanzamiento de órdenes de fabricación urgentes, adquisición en el exterior, contratación de horas extraordinarias u otras medidas que el supervisor o responsable de producción considere oportunas.

Así pues, la explosión de las necesidades de fabricación no es más que el proceso por el que las demandas externas correspondientes a los productos finales son traducidas en órdenes concretas de fabricación y aprovisionamiento para cada uno de los ítems que intervienen en el proceso productivo.

### **Método Justo a Tiempo (JIT)**

El método justo a tiempo (traducción del inglés *Just in Time*) es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. También conocido como método Toyota o JIT, permite aumentar la productividad. Permite reducir el costo de la gestión y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias. De esta forma, no se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales. Una definición del

objetivo del Justo a Tiempo sería «producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan».

La producción JIT es simultáneamente una filosofía y un sistema integrado de gestión de la producción, que evolucionó lentamente a través de un proceso de prueba y error a lo largo de un período de más de quince años. En las fábricas japonesas se estableció un ambiente adecuado para esta evolución desde el momento en que dio a sus empleados la orden de que “eliminaran el desperdicio”. El desperdicio puede definirse como "cualquier cosa distinta de la cantidad mínima de equipamiento, materiales, partes, espacio y tiempo, que sea absolutamente esencial para añadir valor al producto" (Suzaki, 1985).

Mediante el estudio de movimientos y tiempos aumentó la flexibilidad en los recursos, materializada en el empleo de trabajadores versátiles y de máquinas multiuso. Uno de sus aportes es la distribución en planta celular, permitiendo la elaboración de artículos similares con un tiempo de adaptación de las máquinas pequeño y un tamaño de lote de producción menor.

La respuesta de la producción JIT al problema al que se enfrentan las empresas, particularmente las automovilísticas, en cuanto a la coordinación entre la producción y entrega de materiales y partes con la elaboración de ensamblados parciales y las necesidades de la cadena de montaje, fue el sistema pull o “de arranque”. . De este modo se evita tanto el exceso como el defecto en la producción. Se produce sólo lo necesario, entendiendo como tal no lo que viene establecido en un plan, sino lo que los consumidores demandan. Para controlar mejor el funcionamiento del sistema, se consideró necesario establecer un mecanismo de formalización, denominado sistema de *Kanban* (en japonés, tarjetas).

Otra ventaja que trae el método JIT es la producción en lotes pequeños, lo cual resulta atractivo desde dos perspectivas. Por un lado, se necesita menos espacio y se inmovilizan menos recursos, la distancia entre los procesos puede ser reducida, y con ella el coste de transporte interno entre estaciones. Por otro, la reducción de los niveles de inventario hace que los procesos se vuelvan más interdependientes, lo que permite detectar y resolver rápidamente los problemas. También reduce los tiempos de fabricación y minimiza los tiempos de entrega, instala la filosofía de tolerancia cero a errores y la de cero paradas técnicas, minimiza el stock y se guía por los principios básicos japoneses de la metodología 5 (S).

Se puede decir que a pesar de las diferencias marcadas entre los sistemas JIT y MRP, existen criterios como los de Companys Pascual & Fonollosa Guardiet, (1989) y Chase et al., (2000), que demuestran cómo sus enfoques no son irreconciliables; estos son los siguientes:

- Ambos sistemas buscan la minimización de los costos, la reducción de los inventarios y el logro de un máximo nivel de servicio al cliente.
- Existen empresas en las que se fabrican productos repetitivos y por lotes.
- El MRP puede aportar al JIT potentes herramientas para la planificación.
- El JIT puede aportar al MRP un buen sistema de ejecución y control.

Existen empresas que sin reunir las condiciones de uno u otro sistema, han adoptado un sistema combinado aprovechando las ventajas de uno y otro, logrando muy buenos resultados, bajo el principio de que el óptimo se logra integrando ambos sistemas.

Otros autores coinciden ante el dilema planteado por la elección entre MRP y JIT, que no hay conflicto entre ellos. MRP y JIT son, completamente compatibles: usan diferentes técnicas, que tienen que ser adaptadas para cubrir las necesidades de la empresa, pero juntos forman una combinación ganadora. No sólo son compatibles, sino que las ventajas de cada uno de ellos pueden reforzarse si se emplean juntos. Según estos autores, MRP puede ayudar a alcanzar muchos de los objetivos de JIT y puede contribuir a su implantación.

El MRP y JIT son dos sistemas que comúnmente se ven como mutuamente excluyentes, puesto que son enfoques para la gestión de la producción y los inventarios desarrollados por separado. Sin embargo, según este autor, no hay nada en cualquiera de estas técnicas que impida la utilización de la otra.

MRP proporciona las condiciones para que los métodos JIT puedan ser utilizados con éxito. Una técnica no reemplaza a la otra, y ambas requieren la utilización de técnicas de gestión adicionales. Dicen que los que ya gestionan un sistema MRP y están preparando un sistema kanban, descubrirán que no todos los códigos de piezas son candidatos para el kanban. En la mayoría de los casos se requiere la continuación de MRP, incluso aunque se esté considerando un sistema kanban.

Muchas empresas industriales operan en un entorno que denominan híbrido (mezcla de producción intermitente y repetitiva) en el que el empleo únicamente de MRP o de JIT no es factible. Elementos de ambas técnicas pueden cooperar en una plataforma integrada, puesto que tienen sinergia. Es ventajoso integrar las características

dinámicas de JIT en la disciplina de MRP para cerrar el bucle entre el funcionamiento de la planta y los procesos de planificación de medio y largo plazo.

La compatibilidad de los sistemas MRP y JIT hace que puedan utilizarse de forma conjunta para hacer viables sistemas combinados de gestión.

La aplicación de un sistema de gestión combinado supone, en principio, mayores dificultades que la utilización de los sistemas que lo componen. Entre otras, las razones de esta mayor dificultad son que es un sistema menos estándar y hay menos conocimiento de su funcionamiento, puede que haya que diseñarlo a medida para la situación de producción particular, es menos homogéneo y puede ser necesario definir las interfases entre sus componentes. En este sentido, y para el caso particular de sistemas combinados MRP-JIT, MRP y JIT deberían complementarse mutuamente, sin embargo, la difusión de los sistemas combinados es decepcionantemente baja. Según estos autores, las principales barreras se encuentran en las estructuras organizativas y en las prácticas contables.

### **1.3.5 Programación de la producción**

Los procesos y procedimientos en las industrias requieren de tres elementos básicos para una gestión adecuada: la planeación, programación y control de la producción. El tema central de este trabajo – la programación de la producción – es uno de los elementos centrales y neurálgicos en diversas compañías. En este campo se han desarrollado una serie de técnicas encaminadas a optimizar el uso de los recursos, con el fin de aumentar la productividad y la competitividad de las organizaciones.

La programación de la producción, o mejor denominada *scheduling*, es una respuesta operativa para optimizar la producción de un bien o servicio. El *scheduling* es una de las actividades más relevantes y complejas en el arsenal de la gestión de la producción. Existen hoy en día diversas técnicas de programación de la producción encaminadas a optimizar un proceso o procedimiento.

Entre ellas, se encuentran aquellas que buscan optimizar por medio de algoritmos matemáticos los recursos de una organización y que están relacionadas con la Investigación de Operaciones (IO). Su propósito fundamental es servir como una herramienta en la toma de decisiones en la organización (Everett, 1991).

Igualmente, existen otras técnicas desarrolladas a partir de la similitud de los procesos productivos con el comportamiento de los sistemas biológicos, y se asocian con los algoritmos genéticos, las redes neuronales, la lógica difusa, entre otros.

La evolución continúa de las técnicas utilizadas para la programación de la producción ha generado un desarrollo informático encaminado a la solución de problemas de programación de piso, es decir, la programación de la producción en la planta o fábrica.

Estos sistemas de información están en la capacidad de operar en un entorno dinámico y considerar una cantidad apreciable de restricciones del sistema productivo.

La programación de la producción hoy en día toma una gran importancia en el campo de los desarrollos informáticos y en la generación de técnicas – determinísticas, estocásticas, heurísticas o meta- heurísticas – capaces de dar solución a problemas de secuenciación en la producción de productos y servicios (Romero, Poblete, Baesler, 2006)

Finalmente, la productividad y competitividad de una organización desarrolladas desde un enfoque de gestión de las operaciones de producción debe tener en cuenta la columna vertebral que, en este caso, es la programación de la producción, ya que por medio de esta se pueden optimizar desde un enfoque táctico-operativo los recursos utilizados.

La programación permitirá saber a cada trabajador o a cada responsable de un centro de trabajo lo que debe hacer para cumplir con el plan general. Esta etapa se inicia con la especificación de lo que debe hacerse, en función de la planeación de la producción. Incluye la carga de los productos a los centros de producción y el despacho de instrucciones pertinentes a la operación (Platero Farías, Norberto Gonzalo, 2009).

El programa de producción es afectado por los materiales, la capacidad del personal, la capacidad de producción de la maquinaria y los sistemas de producción.

La función de la programación de producción tiene como finalidad la siguiente:

- Prever las pérdidas de tiempo o las sobrecargas entre los centros de producción.
- Mantener ocupada la mano de obra disponible.
- Cumplir con los plazos de entrega establecidos.

En la actualidad, los sistemas de producción modernos requieren de altos estándares de programación o secuenciación de la producción. Asimismo, existen diferentes técnicas de programación y herramientas informáticas que permiten disponer de una forma eficiente y eficaz de los recursos que posee una compañía.

#### **1.4 Técnicas empleadas en la programación de la producción**

La etapa de programación de la producción está compuesta por varias actividades: asignación de carga, secuenciación de pedidos, programación detallada y balance.

##### **Asignación de carga.**

Esta actividad es la que permite determinar qué operaciones se realizarán en cada centro de trabajo, teniendo en cuenta siempre que el tiempo total de procesamiento sea el menor posible para minimizar los costos. Según el criterio de varios autores (Monks, 1991; Dilworth, 1993; Schroeder, 2005) son diversas las técnicas que permiten cumplimentar dicha actividad, las cuales tienen sus particularidades de aplicación, ventajas y desventajas que pueden consultarse en las obras citadas, las fundamentales son: Gráficos Gantt, perfiles o diagramas de carga, métodos optimizadores como el algoritmo de Kuhn o método Húngaro y soluciones heurísticas como el método de los índices.

##### **Secuenciación de pedidos.**

El objetivo de esta actividad es establecer la secuencia de pasos de los pedidos por los centros de trabajo para cumplir las fechas de entrega con el menor volumen de inventario y recursos posibles. El problema de secuenciación se hace más complejo en la medida que aumenta el número de centros de trabajo. Las técnicas de secuenciación varían de acuerdo a la configuración de la planta. (Fundora Miranda et al., 1987; Vollman et al., 1991; Schroeder, 1991; Fernández Sánchez & Vázquez Ordas, 1994; Domínguez Machuca et al., 1995; Heizer & Render, 1996).

Para plantas bajo configuración Flow Shop, las técnicas de secuenciación más conocidas son:

- Para una máquina el algoritmo húngaro, el algoritmo de Kauffman, la regla SPT y el método de persecución de objetivos utilizado en los sistemas Kanban.
- Para varias máquinas se usa la regla de Johnson para N pedidos y dos o tres máquinas; y el algoritmo de Campbell-Dudek-Schmith (CDS) para N pedidos y M máquinas.

Para configuraciones Job Shop, no es posible emplear técnicas de optimización debido a la diversidad en la secuencia de operaciones. Es por esto que se hace uso de reglas de despacho para establecer la secuencia de operaciones y del método del tiempo de agotamiento (Herrera Ramírez, 2011).

##### **Reglas de despacho**

Una recopilación realizada en las obras de varios autores, permite determinar que las reglas de prioridad más empleadas son (Mayer, 1977; Monks, 1991; Adam & Ebert, 1991; Tawfik & Chauvel, 1992; Schroeder, 1992; Buffa & Sarin, 1995; Domínguez Machuca et al, 1995; Chase & Aquilano, 1995; Nahmias, 1997; Russell & Taylor, 1998):

- FCFS: *First come/ First serve* (primero en llegar, primero en ser atendido). También llamado FIFO (*First In First Out*). Los pedidos son procesados siguiendo el orden en que llegan al departamento o área de trabajo.
- SPT: *Shortest Processing Time* (menor tiempo de procesamiento). Para esta regla, la tarea que tiene el tiempo de procesamiento más corto en esa máquina es la que selecciona. Esta regla se basa en la idea de que cuando se termina con rapidez un trabajo, otras máquinas más adelante recibirán el trabajo, dando como resultado una alta velocidad de flujo y una alta utilización.
- EDD: *Earliest Due Date* (fecha de entrega más próxima). Se realiza en primer lugar aquel pedido cuya fecha de entrega está más próxima, cualquiera que sea el tiempo de proceso que le reste. Es una aplicación simple del objetivo de cumplir las fechas de entrega, que deja fuera las consideraciones sobre el logro del menor tiempo total de procesamiento de los pedidos.
- CR: *Critical Ratio* (razón crítica o ratio crítico). Ya definido como tiempo restante/trabajo restante (ahora el denominador sería el Tiempo de Proceso Restante). Esta regla intenta corregir el defecto señalado para la anterior, proporcionando una visión comparada del tiempo y la carga que restan para entregar y concluir un trabajo. Su idea básica es la misma.
- LWR: *Least Work Remaining* (mínimo trabajo remanente). También denominada SRT (*Shortest Remaining Time*), con la que se ejecutará primero aquel pedido al que le quede menos tiempo hasta su fecha de entrega planificada. Con ello se pretende ejecutar primero el pedido más urgente, intentando así cumplir las fechas de entrega. Como desventaja se puede mencionar que no considera el tiempo que queda para entregar el trabajo (que es en función del tiempo de proceso que le falte para ser terminado).
- FOR. *Fewest Operations Remaining* (número mínimo de operaciones remanentes).

- ST: *Slack Time* (tiempo de holgura). También llamado DS (*Dynamic Slack*). Se trata de realizar primero aquel trabajo con menor tiempo de holgura, siendo ésta la diferencia entre el tiempo que falta hasta la fecha de entrega y el tiempo de proceso restante.
- ST/O: *Slack Time per Operation* (tiempo de holgura por operación). También llamado DS/RO (*Dynamic Slack per Remaining Operation*). Es una variación del anterior, en el que la holgura se relaciona además con el número de operaciones que le restan al pedido para ser terminado. En este caso, a la idea de seleccionar antes el trabajo de menor holgura se le añade la consideración del número de operaciones restantes, considerándose que es más difícil completar aquel con mayor número de estas al tener que ser programado a través de más centros de trabajo
- NQ: *Next Queue* (siguiente en la cola).
- Operación más corta (OMC). También se denomina SOT (*Shortest Operation Time*) o SIO (*Shortest Imminent Operation*). De acuerdo con ella, se elige como próximo trabajo a realizar en un Centro de Trabajo, aquel cuya operación en dicho Centro tarde menos en realizarse. Tiene como desventaja que, se ignora la información relativa a las fechas de entrega planificadas.
- Operación más larga (OML). También denominada LOT (*Longest Operation Time*) o LIO (*Longest Imminent Operation*). El próximo trabajo a realizar en un CT será aquel cuya operación en dicho centro tarde más en realizarse. La idea que la preside es que, normalmente, los trabajos más largos son los más grandes y más importantes y, por tanto, deben ser los primeros en realizarse.
- Trabajo más corto (TMC). También denominada SRPT (*Shortest Remaining Processing Time*). El sentido es similar al de la regla OMC con la diferencia de que aquí se selecciona el trabajo al que le reste el menor tiempo de proceso (preparación y ejecución) considerando el conjunto de sus operaciones. Con ello se pretende terminar el mayor número posible de trabajos por unidad de tiempo.
- Trabajo más largo (TML). También denominada LRPT (*Longest Remaining Processing Time*). Es similar a la OML, pero tomando ahora aquel trabajo que tenga mayor tiempo de proceso restante.

- El sistema Kanban. En entornos *Just In Time*, la planificación y control de los movimientos de ítems en el taller se desarrolla mediante el sistema Kanban.

### **Selección de la regla de secuenciación correcta**

¿Qué regla utilizar? ¿Qué diferencia existe entre ellas?

Su opción es importante porque una regla que ordena bien según un criterio en una dimensión, digamos reducción de inventarios, puede no hacerlo tan bien según otra, digamos reducción al mínimo de costo de preparación. Algunos criterios importantes son los siguientes (Schroeder, 2005):

- Costos de la preparación
- Costos del inventario en proceso
- Tiempo ocioso
- El número o porcentaje de trabajos atrasados
- Promedio del tiempo de los trabajos atrasados
- La desviación estándar del tiempo de trabajos atrasados
- Número medio de los trabajos que esperan en la cola
- Tiempo promedio para terminar un trabajo
- Desviación estándar del tiempo para terminar un trabajo.

Tres de los criterios (costos de preparación, costos del inventario, y tiempo ocioso) se refieren sobre todo a eficacia interna de la instalación. La mayoría de estos se centran en el mejoramiento del servicio a los clientes, al mejor uso de recursos limitados, y a oportunidades para mejorar los beneficios.

Tres de los criterios (por ciento de los trabajos que están atrasados, promedio de tiempo de los trabajos atrasados, y la varianza del tiempo de los trabajos atrasados) son más orientadas al cliente o servicio que a la eficiencia interna de la instalación.

Cuando los valores de estos criterios aumenten, el servicio a los clientes se deteriora. Finalmente, tres de los criterios (número de los trabajos que esperan, tiempo promedio de terminar un trabajo, y la varianza del tiempo de terminar un trabajo) reflejan eficacia en el servicio de cliente y eficacia interna.

Es difícil, si no imposible, encontrar una regla de secuenciación que sobresalga en todos estos criterios simultáneamente. Es por esto que en el caso de que se utilicen

varias reglas de despacho, se deben utilizar métodos para seleccionar la mejor secuencia. Estos métodos son:

- Tiempo límite: Menor tiempo mínimo teórico en que pueden procesarse un conjunto de órdenes a partir de una secuencia dada.

Se determina:  $TL = Q_{\text{máx}} + \text{menor suma antecesoras} + \text{menor suma sucesoras}$

- Tiempo total de procesamiento: Tiempo real en que son procesados un conjunto de trabajos a partir de una secuencia dada (TTP).

Métodos de cálculo del TTP:

- Empleando gráficos de barra (o de Gantt).
- Utilizando la forma tabular.
- Utilizando la teoría de redes.

#### **Medidas de efectividad de la regla evaluada:**

- a) Tiempo medio de finalización =  $\sum TTP / \text{no. de trabajos}$
- b) Utilización =  $\sum Top / \sum TTP$
- c) Número medio de trabajos en el sistema =  $\sum TTP / \sum Top$
- d) Retraso medio del trabajo =  $\text{Días totales de retraso} / \text{No. de trabajos}$

#### **Método del tiempo de agotamiento**

Este método se desarrolla en operaciones de producción limitadas por su capacidad, cuando se producen varios lotes de productos en una misma línea de producción. Intenta utilizar la capacidad total de producción disponible en cada periodo para producir justo lo suficiente de cada producto, de manera que si la producción se detiene, el inventario de productos terminados de cada uno de los productos se agote al mismo tiempo (Cárdenas Londoño, 2006).

Hay 2 métodos de agotamiento: el agotamiento por costos y el agotamiento porcentual.

- El agotamiento por costos: se basa en el nivel de actividad o uso, no en el tiempo, como en la depreciación. Este puede aplicarse a la mayoría de los recursos naturales. El agotamiento es análogo a la depreciación; sin embargo, el agotamiento se aplica a los recursos naturales, los cuales, cuando se extraen, no pueden ser “adquiridos nuevamente”, como puede hacerse con una máquina o un edificio.

El agotamiento basado en el costo acumulado no puede exceder el costo inicial total del recurso. Si se estima nuevamente la capacidad de la propiedad en algún año futuro, se calcula un nuevo factor de agotamiento de costos con base en la cantidad no agotada y la nueva estimación de capacidad.

- El agotamiento porcentual: el segundo método de agotamiento, es una consideración, especial dada para recursos naturales. Cada año puede agotarse un porcentaje constante dado del ingreso bruto del recurso siempre que este no exceda el 50% del ingreso gravable de la compañía.

Usando el agotamiento porcentual, los cargos totales por agotamiento pueden exceder el costo inicial sin límite. El costo del agotamiento cada año puede determinarse usando el método de costo o el método de porcentaje, como lo permite la ley.

Domínguez Machuca et al. (1995) plantean que, además de estas técnicas, existen otras para resolver estos problemas (optimizadoras, heurísticas o de simulación). Sin embargo, en muchos casos su aplicación práctica es difícil de implementar, debido a lo restrictivo de la hipótesis de partida y de la complejidad de los problemas, en los que el número de soluciones a rastrear es muy alto. Ello hace que, en la práctica, se utilicen con más frecuencia técnicas heurísticas o de prueba y error, lográndose soluciones que, sin ser óptimas, pueden considerarse aceptables.

### **Programación detallada.**

Determina los momentos de comienzo y fin de las actividades de cada centro de trabajo, así como las operaciones de cada pedido para la secuencia realizada. Las técnicas más utilizadas son: programación adelante y hacia atrás, listas de expedición, gráficos Gantt y programación a capacidad finita.

Para asegurar que los pedidos lleguen a tiempo, se debe verificar que los tiempos planeados se cumplan y si existen desviaciones, se deben tomar medidas correctivas. Además, se deben controlar los niveles de utilización de la capacidad de cada centro de trabajo (Domínguez Machuca, 1995).

Para la realización de la programación detallada y el control de operaciones, la técnica se escoge de manera independiente. Es importante tener en cuenta que deben ser diseñadas de acuerdo a dos objetivos básicos: la reducción de costos y el aumento del servicio al cliente.

### **Gráficos de Gantt**

Los cronogramas de barras o “Gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporáneo de Taylor. Estos diagramas son representaciones gráficas de las variables que intervienen en todo proceso de fabricación.

Gantt procura resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo.

El gráfico de Gantt es una herramienta que permite modelar la planificación de las tareas necesarias para la realización de un proyecto. Su objetivo es mostrar el tiempo previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. Consiste en una representación gráfica sobre dos ejes; en el vertical se disponen las operaciones que constituyen el trabajo a ejecutar y en el horizontal se representa el tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición se efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal. Cada operación por la que pasan los productos se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado. La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden. Los bloques correspondientes a tareas del camino crítico acostumbran a rellenarse en otro color.

Este paso tiene como objetivo determinar gráficamente las capacidades disponibles en cada puesto de trabajo una vez programada las operaciones de los productos.

Los diagramas Gantt pueden ser:

- Diagramas de carga de operario
- Diagramas de carga de máquinas
- Diagramas de órdenes
- Diagrama de coordinación o de progreso de trabajo

### **Carga Finita**

En este caso las cargas de cada centro se establecen en función de la capacidad, de manera que ésta nunca sea sobrepasada. La dificultad estriba en encontrar una combinación de cargas que no exceda la capacidad del centro.

La situación de carga finita se presenta cuando la planificación de los procesos de fabricación se encuentre condicionada por las instalaciones de la planta, el personal y por jornadas de trabajo constantes. Esto no implica que en un momento dado se pueda realizar una excepción en un período de tiempo condicionado a una necesidad puntual, como pueda ser cubrir una baja.

Esta técnica no se utiliza en planificación, sino en la etapa de programación, utilizando un modelo de simulación por computadora o cualquier otro medio, y modificando los tiempos de inicio y de terminación, la capacidad hora por hora de cada centro de trabajo se asigna a diversas tareas. El resultado final de este procedimiento es que en un centro de trabajo, durante cualquier hora, no se programan más tareas que las correspondientes a su capacidad.

Los sistemas de carga finita producen un listado detallado para cada parte y centro de trabajo a través de órdenes de planta simuladas con fechas de inicio y fin. El resultado de carga finita es un listado del centro de trabajo de la capacidad de los primeros cuatro periodos, con órdenes abiertas.

Este tipo de carga permite a la organización planificar de una forma más pausada el proceso de fabricación. Al trabajar sobre factores de producción continuos, el tiempo de fabricación será constante. Además, para lotes parecidos, se podrá reutilizar planificaciones ya realizadas.

Con carga finita, el proceso de fabricación tiene unos gastos constantes ya que el proceso de facturación es constante. Esto implica que los gastos sean asumibles para un tipo de empresa más modestas, como puedan ser la pequeña y mediana empresa.

### **Programación hacia adelante y hacia atrás**

Programar quiere decir asignar fechas de entrega a tareas específicas, pero muchas tareas compiten al mismo tiempo por los mismos recursos. Para ello se utilizan dos tipos de programación: hacia adelante y hacia atrás.

#### **Programación de hacia adelante**

La programación hacia adelante consiste en programar todos los trabajos disponibles para que comiencen tan pronto como los requerimientos sean conocidos. Las principales características son:

- Los trabajos se realizan a petición del cliente.
- El programa puede lograrse aun si falta tiempo para la fecha establecida de entrega.

- Frecuentemente causa acumulación de inventario en proceso.

Esta realización inmediata puede resultar en una terminación temprana del trabajo a costa de más trabajos en proceso y mayores costos de llevar más inventos del necesario.

### **Programación hacia atrás**

La programación hacia atrás, es aquel que inicia con la fecha de entrega y programa primero la ultima operación y los pasos de las otras tareas en orden inverso. Utiliza la misma lógica de eliminar el tiempo de espera. Los componentes son entregados tan pronto como sea posible. La programación hacia atrás se usa en muchos entornos tanto de manufactura como de servicios, como el abastecimiento para un banquete o la programación de una cirugía.

En la práctica, es posible que se use la combinación de la programación hacia adelante y hacia atrás, con la finalidad de encontrar un intercambio razonable entre lo que se puede lograr y las fechas de entrega al cliente.

Existen herramientas que facilitan el manejo y conocimiento de los procesos, como lo son los Diagramas de análisis del proceso. Estos descomponen el proceso en sus diferentes fases de trabajo (Xing, Chen, Yang, 2009)

Existen distintos tipos de diagramas que permiten realizar el análisis de un proceso. Estos son:

- Diagrama de operaciones del proceso (DOP)
- Diagrama de flujo del proceso
- Diagrama de análisis del proceso (DAP)
- Diagrama de recorrido

### **Balance**

#### **Tipos de balances**

- Según la forma de incluir los recursos en el balance
  - Simultáneo: Se compara la disposición del recurso con el gasto que genera el total de las órdenes de producción planificada.
  - Secuencial: Se determina la secuencia de producción de las órdenes planificadas y luego se van incluyendo una a una en el balance.
- Según el elemento que se balancea

- Balance de carga y capacidad
- Balance de producción
- Según la metodología de coordinación de los balances
  - Separado
  - Integral

### **Métodos para el balance**

- Por división (Método del coeficiente)
- Por sustracción
  - Matricial
  - Balance secuencial gráfico

### **1.5 Programación operativa de la producción en empresas gráficas a nivel mundial.**

El sector industrial de las artes gráficas siempre se ha interesado por desarrollar o implementar modelos de integración del flujo de trabajo, pero no se ha podido desarrollar por la no disponibilidad de herramientas sistematizadas para este fin, lo que hace que se utilicen herramientas como el Microsoft Excel, en el cual se genera un listado basado en prioridades de entrega y con un somero análisis de estandarización (tiempos y movimientos), sin un análisis lógico y crítico para la programación de la producción, mientras que en otros sectores industriales llevan mucho tiempo con sistemas integrados avanzados de programación de la producción.

A nivel mundial se han dado algunos intentos para generar soluciones en el área de producción en las diferentes empresas de artes gráficas, en donde se ha desarrollado propuestas para la programación de la producción desde el punto de vista de costos; pero estos programas son bastantes costosos para su implementación, contemplado en el rango de US 100.000-US 150.000, entre ellos está el J.D.Edwards, Visual, SAP, entre otros.

Aplicar un sistema de programación de la producción permite a los directivos anticipar y controlar cualquier cuello de botella en la producción, ya sea pocas máquinas, pocos operarios, falta de materia prima y/o subcomponentes en donde se implementan unos avances tecnológicos, necesaria para aumentar la productividad, controlar costos, mejorar el *throughput*, en una solución completa para la planificación de recursos de la empresa, manejando y controlando el ciclo completo de manufactura, e integrando las

áreas de pedidos de los clientes, ingeniería de productos, costos, órdenes de compra, programación y planificación de la producción, control de inventario y despachos.

### **1.6. Programación de la producción en empresas cubanas.**

El sistema de trabajo en la empresa está inmerso en las condiciones actuales de Cuba, es por ello que la implementación del mismo está a tono con los acuerdos del VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, concretados en los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución fueron aprobados el 18 de abril de 2011, específicamente los relacionados con el Modelo de Gestión Económica que van desde el 1 al 12 y que hacen énfasis en que el Sistema Empresarial del país esté constituido por empresas eficientes, bien organizadas, eficaces y con un fortalecimiento de su sistema de planificación y control de la producción para lograr un desempeño superior y sostenido en su gestión.

La planificación es la forma mediante la cual se lleva a cabo la dirección consciente del desarrollo de la economía nacional, es el instrumento de que se valen el Partido y el Estado para llevar a cabo su política económica.

La planificación es una necesidad del socialismo, pues ella garantiza el desarrollo proporcional del país y la mejor utilización de los recursos materiales, laborales y financieros existentes. La economía nacional no puede desarrollarse sin un plan que conscientemente permita establecer y sostener la proporcionalidad, desarrollar la economía en correspondencia con los intereses, y las necesidades de la sociedad.

*“La política económica en la nueva etapa se corresponderá con el principio de que solo el socialismo es capaz de vencer las dificultades y preservar las conquistas de la Revolución, y que en la actualidad del modelo económico primará la planificación y no el mercado. La planificación centralizada de la economía y el control sistemático que el Estado, el Gobierno y sus instituciones deben ejercer, serán garantía del funcionamiento eficiente de los sistemas”.* (Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, 2011)

Como meta final se tiene el aumento progresivo de la productividad así como un mejoramiento constante de su tecnología, donde el desempeño de la dirección de operaciones toma parte protagónica.

### **1.7. Programación de la producción en la empresa gráfica “Enrique Núñez Rodríguez”**

La empresa a partir del año 2011, asume un sistema de planificación a través de las demandas de los clientes, por lo que el plan de ventas de la empresa está sustentado en los contratos previos con estos, y además ellos constituyen la fuente de donde se nutren los contratos con los proveedores de materias primas.

La programación de la producción en la empresa se realiza de forma manual e intuitiva, siguiendo los pasos básicos de un hipotético y sencillo algoritmo de despacho (*dispatching*). De todas formas, no se llega a generar un programa (*schedule*) con la programación prevista de las actividades productivas, ya que la selección de operaciones y su asignación a las máquinas se improvisa en tiempo real, según las necesidades y la urgencia del momento. Las ineficiencias que presenta la programación de la producción provocan continuos retrasos y la insatisfacción de su cliente.

En el poligráfico se han realizado varias investigaciones sobre este tema como es el caso de la presentada por Gutiérrez Martínez (2014) y la de Ruano Jiménez (2014) en las cuales tratan el tema de la planeación de la producción desde un enfoque estratégico - táctico, sin llegar a desarrollar por completo todas las etapas hasta el nivel operativo de la producción. Debido a esto, este trabajo se dedicará a darle continuación a los ya realizados con anterioridad a un nivel superior y llegar hasta los cimientos de todo el proceso productivo.

### **1.8. Conclusiones parciales**

1. De los diferentes autores consultados se concluye que el enfoque jerárquico de la planificación permite una completa integración en sentido vertical, iniciando desde las decisiones a largo plazo en los niveles tácticos hasta llegar a los aspectos más detallados de la programación en el muy corto plazo.
2. Es preciso el estudio de las diversas técnicas y métodos aplicados en cada una de las fases de la planificación, pues esto permite determinar cuál es la más apropiada de acuerdo a las condiciones particulares de la empresa gráfica y de esta forma poder mejorar la planeación de la producción.
3. A partir del análisis realizado en la empresa gráfica de Villa Clara “Enrique Núñez Rodríguez”, se percibió que la programación de la producción se realiza de forma manual e intuitiva, provocando continuos retrasos y la insatisfacción de sus clientes ya que no está acompañado de herramientas metodológicas

que permitan elevar la eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus operaciones, por lo cual es un campo abierto a la aplicación de estos en el sector de las impresiones gráficas.

4. La industria gráfica cubana necesita del empleo de nuevas técnicas de planificación que permitan su inserción en el mercado ya que el método utilizado hasta la actualidad no satisface dichas necesidades; pero no abundan los procedimientos de programación en la literatura, y los existentes no se ajustan a la empresa objeto de estudio o conllevan un alto costo de implementación.

# Capítulo 2

## **Capítulo 2: Procedimiento para la programación operativa de la producción en la empresa gráfica “Enrique Núñez Rodríguez”.**

### **2.1. Introducción**

La empresa gráfica “Enrique Núñez Rodríguez” tiene como principal objetivo producir y comercializar de forma mayorista los periódicos nacionales y provinciales, así como tabloides, revistas, libros, folletos, libretas, impresos comerciales, etiquetas, plegables y otras producciones de la industria gráfica en moneda nacional (MN) y moneda convertible (CUC). Este trabajo se centrará en realizar la programación operativa de la UEB Planta Impresión Plana, ya que sus productos no cuentan con la certificación adecuada y es importante prestar atención al desempeño de sus producciones con el fin de lograr su certificación.

Para llevar a cabo un plan de producción es necesario fijar planes y horarios, de acuerdo a la operación que se vaya a realizar, priorizando la actividad desde su inicio a fin, para obtener niveles eficientes de producción.

Se inicia con la especificación que debe hacerse en cada actividad y es afectado por materiales, capacidad de producción de la máquina y sistemas de producción; de igual forma tiene como finalidad prever pérdidas de tiempo o sobrecargas, mantener ocupada la mano de obra disponible y cumplir con los plazos de entrega establecidos.

El corazón del sistema es un plan diario de producción, con este se maximiza el *throughput* del negocio y es el objetivo de su esfuerzo de programación. Hay que tener en cuenta que el rendimiento de todo el sistema está limitado por lo que sucede con este recurso, además todas las otras actividades se subordinan a esta programación.

Para realizar una adecuada programación se debe tener en cuenta la demanda, porque es allí donde están reflejadas las necesidades del cliente. Hay que tener cuidado porque cuando se está planeando una programación de la producción se pueden presentar dos situaciones: el tiempo de entrega es demasiado largo o el rendimiento en entregas es demasiado pobre y hay productos atrasados, donde el desmantelamiento de las reglas de dimensionamiento o programación más detallada será efectivo para reducir los tiempos de entrega y mejorar el rendimiento en despachos puntuales.

En las bibliografías revisadas no se encontró un procedimiento completo que muestre detalladamente cómo realizar la programación de la producción en una empresa como el poligráfico. En algunos documentos se estudian los algoritmos a seguir para realizar

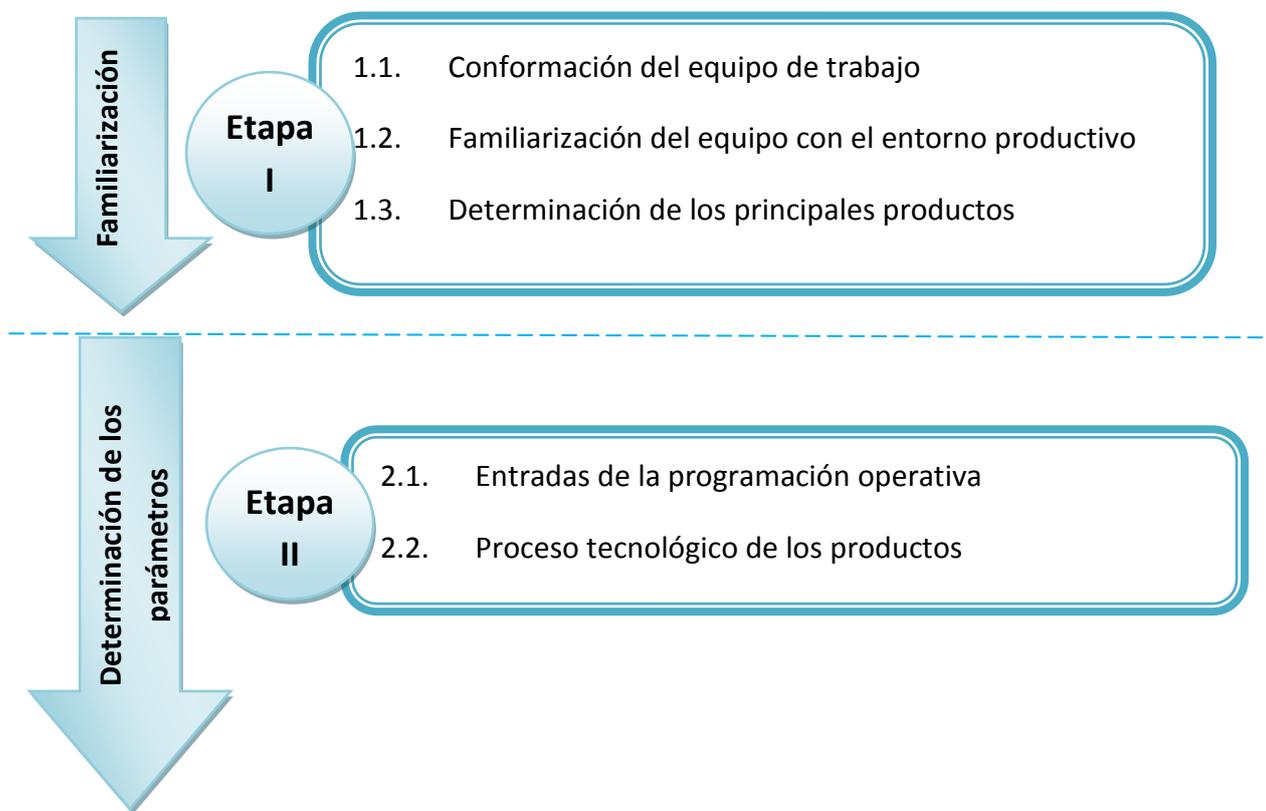
etapas como la secuenciación o la asignación, pero no se encontró ningún procedimiento que comprenda todos los pasos. A continuación se propondrá un procedimiento completo ajustado a la empresa objeto de estudio realizado a partir de lo encontrado en la bibliografía revisada.

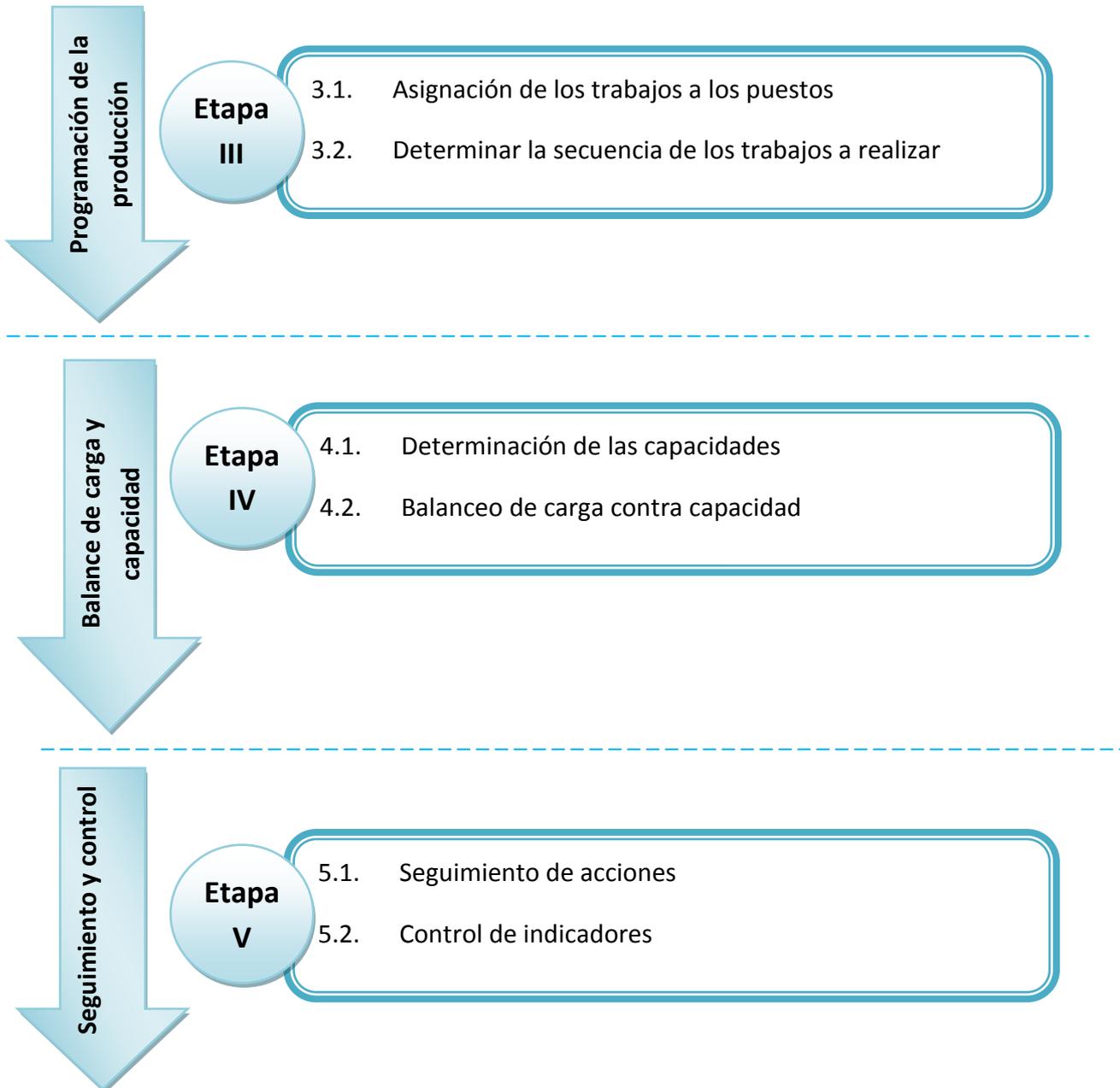
## 2.2. Procedimiento para la programación operativa de la producción

El procedimiento propuesto en la investigación está basado en los parámetros necesarios para la programación de la producción. Precisa para su implementación de la existencia de una caracterización de los procesos objeto de estudio y del conocimiento de las especificaciones para cada proceso y producto que se realizan en la UEB productiva. Además necesita del compromiso de la dirección y de los trabajadores para enfrentar un proceso de cambio. Debe tomar en consideración la posibilidad que tenga la organización de constituir equipos de trabajo, necesarios para el desarrollo del estudio, así como de la existencia de un mínimo de información confiable sobre ventas, demanda, capacidades de producción y estado de los procesos.

El objetivo general del procedimiento es disponer de una metodología a seguir para la realización de la programación operativa de las producciones fundamentales que actualmente se realizan en la entidad objeto de estudio, como vía para lograr un incremento en las ventas y lograr un mejor aprovechamiento de los tiempos ociosos de máquinas y operarios.

En la figura 2.1 se muestra el procedimiento creado para la elaboración de productos, mientras que el contenido de cada etapa y pasos de trabajo es explicado a continuación.





**Figura 2.1:** Procedimiento para realizar la programación operativa de la producción.

**Fuente:** Elaboración propia

### **Etapa I: Familiarización**

Esta etapa consiste en sentar las bases para llevar a cabo las etapas siguientes del procedimiento, por lo que se deben crear todas las condiciones necesarias para poder iniciar el estudio. Para ello se desarrollan una serie de actividades que van desde la conformación del equipo de trabajo hasta el análisis de las operaciones del proceso productivo.

#### **Paso 1.1: Conformación del equipo de trabajo**

En este paso se conforma el equipo de trabajo que tiene como función la aplicación del procedimiento propuesto. Para ello deberán seleccionarse, como miembros del equipo, especialistas con conocimientos sobre producción, además de que conozcan todas las actividades del proceso productivo. Este paso aporta valor al estudio, ya que los trabajadores escogidos brindarán su cooperación con el personal implicado en la investigación para la toma de decisiones, siempre tomando como base los hechos. Los expertos seleccionados tienen que ser capaces de realizar las siguientes tareas:

1. Organizar y dirigir el trabajo de los expertos (es una tarea específica del jefe del equipo de trabajo).
2. Recopilar la información necesaria para desarrollar cada una de las etapas del procedimiento.
3. Realizar los cálculos y análisis incluidos en cada etapa.

De ser necesario, se llevará a cabo la capacitación del personal involucrado en lo referente a las técnicas y métodos a utilizar.

Para la selección del equipo de trabajo se propone utilizar el método de expertos propuesto por Hurtado de Mendoza (2003). Los pasos a seguir en este procedimiento se muestran a continuación.

Paso 1: Confeccionar una lista inicial de posibles candidatos vinculados directamente a la producción, para de ellos seleccionar un grupo de expertos que cumplan con requisitos específicos en la materia a trabajar.

Paso 2: Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia, a través de preguntas específicas, evaluando de esta forma los niveles de conocimiento o información que poseen sobre la materia.

Paso 3: Calcular el Coeficiente de Conocimiento o Información ( $K_c$ ), con los datos obtenidos del paso anterior.

Paso 4: Primeramente se les realiza una autoevaluación donde se les hacen preguntas determinadas, las cuales son comparadas con una tabla patrón, con el objetivo de utilizar estos resultados para calcular el Coeficiente de Argumentación o fundamentación ( $K_a$ ).

Paso 5: Se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia ( $K$ ) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad qué experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación.

Paso 6: Calcular los expertos necesarios para la investigación. La conformación del grupo de expertos se realiza a partir de los candidatos antes seleccionados, la restricción está dada por el Coeficiente de Competencia, ya que según Hurtado Mendoza no se utilizarán expertos de competencia baja.

### **Paso 1.2: Familiarización del equipo con el entorno productivo**

Después de formar el equipo de trabajo se pasa a realizar una familiarización con el entorno productivo, lo que permite que el equipo de trabajo se ubique temporal y espacialmente. En este paso se pueden utilizar herramientas como: la observación directa, entrevistas, encuestas al personal del centro, la consulta de bibliografía especializada y documentos del área objeto de estudio, entre otras, que faciliten el desarrollo veraz de la investigación. Todas estas técnicas permiten la recopilación de información de forma efectiva para que el analista se familiarice con el objeto de estudio, lo que proporciona que la investigación se realice con rigor científico. Se recomienda por parte de la autora, la selección de profesionales de la organización dentro del equipo de trabajo, lo que hace innecesario la aplicación de muchas de las herramientas antes citadas, aunque siempre sea necesaria la observación directa, la entrevista y la revisión de documentación de la organización.

### **Paso 1.3: Determinación de los principales productos**

En este paso se identifican los principales productos, mediante la observación directa. Esta vía puede ser complementada mediante las entrevistas y contactos con los jefes, técnicos y operarios participantes en el proceso, la revisión de normas, regulaciones e instrucciones de trabajo. Una vez identificados los productos, se agrupan acorde a las características que presentan.

## **Etapas II: Determinación de los parámetros necesarios para la programación de producción**

Esta etapa está dedicada a la determinación de los parámetros necesarios para la programación de la producción. Está basada en herramientas que permitirán estimar la cantidad de productos posibles a elaborar, el diseño del proceso tecnológico de cada artículo, la determinación de las capacidades disponibles en la producción principal, la disponibilidad de otros materiales y capacidades que sean necesarias.

### **Paso 2.1. Entradas de la programación operativa.**

Se pretende con este paso establecer las demandas de productos a elaborar semanalmente, resultado del plan maestro de producción o de estimaciones realizadas

por los especialistas en esta área, con el fin de utilizarla como entradas de la programación operativa.

### **Paso 2.2: Proceso tecnológico de los productos**

En este paso se realiza el diseño de los procesos tecnológicos de cada producto que se va a elaborar. Para ello es necesario de la colaboración de los especialistas de la entidad, especialmente de los tecnólogos. Aquí se van a definir la cantidad de operaciones, el tiempo por cada operación, el consumo material de cada producto, así como las capacidades necesarias para su fabricación. De no existir esta información se puede realizar estimaciones de tiempo y de necesidades de materiales bajo incertidumbre utilizando un escenario optimista, uno más probable y uno pesimista.

### **Etapa III: Programación de la producción**

El propósito de esta etapa es realizar la programación de los productos que se van a elaborar. Para ello es fundamental que se asignen los trabajos a realizar, se determine la secuencia productiva entre los productos a fabricar, y que se determinen las capacidades comprometidas con la producción principal, utilizando herramientas como el gráfico de Gantt.

### **Paso 3.1: Asignación de los trabajos a los puestos**

Este paso consiste principalmente en asignar los trabajos a los puestos para optimizar los costos o el tiempo de producción sin limitaciones de capacidad, ya siendo por el método de prueba o error o el método de los índices.

### **Paso 3.2: Determinar la secuencia de los trabajos a realizar**

Este paso es para determinar la secuencia en la que deben ser procesados los diferentes productos a elaborar con el objetivo de optimizar algunos criterios como el tiempo ocioso de las máquinas, el tiempo total de procesamiento, tiempos de espera entre una tarea y otra, etc. Para hallar la mejor secuencia productiva se pueden utilizar reglas de prioridad surgidas del mundo empresarial, las cuales se utilizan para controlar dinámicamente el flujo de trabajo. Estas se mostraron anteriormente en el epígrafe 1.4

Para seleccionar una de estas reglas se deben utilizar algunos criterios importantes, como son: costos de preparación, costo de inventario en proceso, tiempo ocioso, por ciento de trabajos atrasados, promedio del tiempo de los trabajos atrasados, la desviación estándar del tiempo de trabajos atrasados, número medio de los trabajos que esperan en cola, tiempo promedio para terminar un trabajo, desviación estándar

del tiempo para terminar un trabajo, estas reglas deben ser evaluadas a partir de algunas medidas de efectividad como el tiempo medio de finalización, la utilización, el número medio de trabajos en el sistema y el retraso medio del trabajo.

#### **Etapa IV: Balance de carga y capacidad**

##### **Paso 4.1: Determinación de las capacidades**

El análisis de capacidad disponible se realizará bajo condiciones normales de producción, que tenga en cuenta todas las circunstancias existentes en la entidad objeto de estudio, referentes a disponibilidades de recursos para el horizonte de tiempo que se analiza.

Algunos de los factores que pudieran incidir en la magnitud de las capacidades son:

- Tecnología de producción
- Características del producto que se analiza
- Cumplimiento de normas
- Disponibilidad de la fuerza de trabajo y su calificación
- Cantidad de equipos
- Dimensiones del área
- Disponibilidad de materia prima
- Régimen de trabajo: Horas laborables al año, días laborables al mes, turnos al día, horas por turno, períodos de vacaciones, mantenimientos

Por medio de la interrelación de los factores antes mencionados se puede realizar el análisis de forma general referente a capacidades. De este análisis se obtiene información concerniente a limitantes del proceso, que son los que condicionan la capacidad total de éste y sobre los cuales se puede actuar con el objetivo de aumentar dicha capacidad.

Para la determinación de las capacidades, tanto de las máquinas como de los hombres, se puede hacer uso de técnicas de observación continua colectiva como la fotografía o mediante un balance de carga y capacidad de los procesos de la empresa.

##### **Paso 4.2: Balance de carga y capacidad**

La realización del balance como método de planificación va estar basado en la comparación entre las cargas y las capacidades, la carga, referida a lo que es necesario hacer en la organización para cumplir con la demanda, y la capacidad, a lo

que realmente se puede hacer en consecuencia con las circunstancias existentes y con los recursos disponibles.

Para elaborar el balance se procede de la siguiente forma:

1. Determinar la carga productiva
2. Determinar la capacidad disponible teniendo en cuenta la disposición existente respecto a la carga impuesta para el período que se analiza
3. Elaborar el balance de cargas y capacidades y a partir de éste, determinar las capacidades planificadas y conocer si existen o no desviaciones.

Los posibles resultados a obtener son:

1. Existe un balance entre la carga impuesta y la capacidad disponible, demostrándose la viabilidad del plan.
2. La capacidad está subutilizada, se procede a la selección de alternativas de nivelación correspondientes al caso.
3. La capacidad es insuficiente: existe sobrecarga, se procede a la elección de alternativas de nivelación referentes al aumento de capacidad.

Este paso se realiza con el objetivo de balancear la disponibilidad de recursos según la demanda, para determinar si es posible satisfacer la demanda en un plazo determinado, con recursos materiales y humanos limitados. Para las producciones que se realizan en la empresa objeto de estudio se puede aplicar un balance secuencial matricial de carga y capacidad.

### **Alternativas de nivelación**

De no existir un balance entre la carga que se genera y la capacidad disponible se hace necesario tomar medidas de nivelación tanto para la subutilización como para la sobrecarga:

En el caso de la subutilización, las alternativas serán en dependencia de las políticas que tenga la entidad, algunas pueden ser:

1. Medidas para el incremento de la demanda
2. Ejecutar alguna producción adelantando fechas de entrega
3. Ejecutar producciones de otras especies

En el caso de la sobrecarga:

1. Tratar de aumentar el rendimiento

2. Trabajar horas extras
3. Ajustar nuevas fechas de entrega con el cliente
4. Entregar con atrasos
5. Dejar de hacer producciones debido a la incapacidad productiva

Se debe elegir la mejor alternativa en dependencia de los beneficios que se reporten.

#### **Etapa V: Seguimiento y control**

Esta etapa, no es aplicada en el tercer capítulo, su propósito es que posterior al comienzo de la elaboración de los productos, se mantenga un riguroso control de los mismos y se verifique el cumplimiento de las cantidades diarias.

Este control debe ser realizado periódicamente por el director de la UEB Planta Impresión Plana Humberto Ruano Jiménez, enfocándose en la efectividad del procedimiento en los días en que se producen anomalías por determinadas razones como son fechas especiales y otros factores externos.

#### **2.3. Aplicación del procedimiento propuesto de programación operativa de la producción**

En este epígrafe se muestran los resultados obtenidos en cada una de las etapas del procedimiento descrito en el epígrafe 2.2 de la presente investigación, el cual fue aplicado en la Empresa Gráfica de Villa Clara “Enrique Núñez Rodríguez”.

#### **Aplicación del procedimiento propuesto en la Empresa Gráfica de Villa Clara**

Para la aplicación del procedimiento de deben analizar las cinco etapas que lo componen, de manera que se logre realizar satisfactoriamente la investigación.

#### **Etapa I: Familiarización**

La preparación del estudio consta de una serie de pasos, tal y como se muestra a continuación:

##### **Paso 1.1: Conformación del equipo de trabajo**

Para la conformación del equipo de trabajo se tuvieron en cuenta aspectos cualitativos, como los que se muestran a continuación:

- Conocimiento.
- Imparcialidad.
- Especialidad.

- Experiencia.
- Grado de comprometimiento con la situación problemática.

Para escoger los expertos, que contribuyen a desarrollar la investigación, se aplica el procedimiento según lo planteado por Hurtado de Mendoza (2003).

Paso 1: Se confecciona una lista inicial de posibles candidatos, para escogerlos se tienen en cuenta los requisitos siguientes: Estar directamente vinculado con el proceso productivo y/o conocer todos los detalles referentes al mismo. El listado con los trabajadores seleccionados en esta etapa inicial en el anexo 1.

Paso 2: Se realiza una autoevaluación de los niveles de conocimiento o información (Kc) que tienen sobre el tema en cuestión, donde se les piden que marquen con una X, en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde sobre el contenido a estudiar mostrándose estos resultados en el anexo 2.

Paso 3: Se calcula (Kc), por mediación de la fórmula que se muestra en el anexo 3, en la tabla 2.1 se muestra el resultado del cálculo realizado para la determinación de este coeficiente.

Paso 4: Para la elaboración de este paso se les pidió a los candidatos seleccionados que marcaran con una cruz su valoración de los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación (Ka) del tema a estudiar. Tales aspectos se muestran en el anexo 4, con la valoración correspondiente a cada trabajador y se comparan con una tabla patrón, para determinar los aspectos de mayor influencia, mostrándose conjuntamente con el anexo anterior. Con estos datos se procede a calcular (Ka) de cada experto, utilizando las fórmulas del anexo 3. El resultado se muestra en la tabla 2.1.

Paso 5: Una vez que se tienen los valores de Kc. y Ka, se procede a obtener el valor del Coeficiente de Competencia (K), utilizando las fórmulas del anexo 3, y su resultado se muestra a continuación.

**Tabla 2.1.** Resultado del coeficiente de cada uno de los expertos

No	Coeficiente de conocimiento	Coeficiente de argumentación	Coeficiente de competencia	Nivel de competencia
1	0.6	1	0.80	Alto
2	0.5	1	0.75	Medio

3	0.7	0.8	0.75	Medio
4	0.4	1	0.7	Medio
5	0.6	0.8	0.7	Medio
6	0.4	0.7	0.55	Medio
7	0.3	1	0.65	Medio
8	0.4	1	0.7	Medio
9	0.2	0.6	0.4	Bajo
10	0.1	0.6	0.35	Bajo

**Fuente:** Elaboración propia

Paso 6: Para complementar la selección se calcula el número de expertos necesarios para la investigación, mediante la expresión matemática que se encuentra en el anexo 5:

Los parámetros que se escogieron por la autora de esta investigación teniendo en cuenta el tipo de institución fueron:

- Un error máximo a tolerar en el juicio de los expertos del 1% ( $p=0.01$ )
- Un nivel de precisión de ( $i=0.095$ )
- Un nivel de confianza del 99% ( $K=6.6564$ )

$$M = \frac{0.01 * (1 - 0.01) * 6.6564}{(0.095)^2} = 7.30 \approx 8$$

El cálculo arroja que se necesitan 8 expertos y se escogerán según el coeficiente de competencia de los mismos, calculado con anterioridad. Los nombres, cargo y años de experiencia se muestran a continuación.

**Tabla 2.2:** Lista de expertos seleccionados para el estudio

Nombre y apellidos	Cargo	Años de experiencia
<b>Raiza Gutiérrez Martínez</b>	Esp. Sup. Poligrafía	15
<b>Guadalupe Mederos Alonso</b>	Esp. Sup. Poligrafía	15
<b>Humberto Ruano Jiménez</b>	Dtor. UEB Impresión Plana	10
<b>Felipe González García</b>	J' de Área UEB Impresión Plana	18

<b>José R. Cárdenas González</b>	Imp. A. JB Rotativa	20
<b>Daily Maíe Rodríguez</b>	Tecnóloga Poligrafía A	15
<b>Vladimir Negrín</b>	Director de Impresión	25
<b>Elsa de la Caridad Quintana</b>	Técnico en Producción	15

**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente se llevó a cabo la capacitación de los expertos con el objetivo de ampliar sus conocimientos en lo referente al tema, darles a conocer el propósito de la investigación y la necesidad de contar con un procedimiento para la elaboración de productos. Se explicaron además las técnicas de trabajo en grupo, con vistas a lograr las metas propuestas.

### **Paso 1.2: Familiarización del equipo con el entorno productivo**

En este paso se emplean herramientas como la observación directa, entrevistas al personal del centro y se consultan documentos del área productiva con el propósito de realizar una familiarización efectiva con el entorno. A continuación se realiza una breve descripción del proceso productivo.

La Empresa Gráfica de Villa Clara es una entidad especializada en la producción de libros, periódicos, folletos, impresos comerciales y otras producciones de la industria gráfica. Estos productos conforman parte de la producción fundamental en la entidad. Para la realización de estas producciones la empresa cuenta con un almacén de materias primas y materiales el cual recibe toda la materia prima e insumos necesarios para la producción (papel, cartulina, planchas, tintas; alambre, etc.), Una parte de estos vienen desde La Habana, con el fin de realizar todas las producciones autofinanciadas del encargo estatal y la otra parte de los materiales que compra la empresa, son para realizar diferentes tipos de Impresiones Distintivas para el resto de los organismos y empresas del centro del país, como son modelos, plegables, tarjetas, etc.

Una vez que está la MP en el almacén central, las Unidades Empresariales de Base (UEB) abren sus órdenes de producción y mediante una solicitud piden las materias primas necesarias para confeccionar un producto determinado.

La UEB Rotativa realiza la tirada de periódicos, tabloides y la impresión de la tripa de libros y libretas, mientras que la UEB Planta de Impresión Plana cuenta con dos talleres, Encargo Estatal e Impresión Distintiva.

### **Paso 1.3: Determinación de los principales productos a elaborar**

La Empresa Gráfica de Villa Clara tiene definidos como los principales productos a elaborar; periódicos, libros, tarjetas varias, impresos comerciales, diplomas varios, afiches, cajas, plegables y libretas. Para interés de este estudio se trabajará solo con los productos presillados que se producen en la UEB Planta de Impresión Plana, los cuales son: libros, cuadernos de trabajo, revistas, folletos y libretas.

Es necesario destacar que la entidad tiene la posibilidad de incrementar la gama de productos elaborados, utilizando los residuos provenientes de las producciones principales. Para ello la empresa cuenta con un departamento de atención al cliente, encargado de realizar el trabajo de Marketing y estudios de mercado; dándole promoción a todos los productos y servicios que puede brindar la entidad. Para dar cumplimiento a esto se aplican estrategias en conjunto con la administración, preparándose rondas comerciales, y se le da divulgación en diferentes espacios televisivos y radiales.

Estas nuevas producciones saldrían a un mínimo costo, en moneda nacional y estarían al alcance de todos los consumidores en los diferentes mercados de la ciudad.

### **Etapa II: Determinación de los parámetros necesarios para la programación de la producción**

Esta etapa está encaminada a determinar todos los parámetros que serán necesarios para realizar la programación de los nuevos productos definidos en la etapa anterior, para ello se hace necesario conocer el posible volumen de producción, el cual estará en dependencia de las disponibilidades de capacidad tanto de maquinarias como de operarios y de las necesidades de nuevos insumos. La culminación de esta etapa de trabajo traerá como resultado la cantidad posible de productos a elaborar, en el cual se verán incluidos los elementos que a continuación se presentan:

#### **Paso 2.1: Entradas de la programación operativa de la producción.**

Para realizar la estimación de la cantidad de productos que se deben producir se pueden utilizar métodos como la revisión documental del comportamiento histórico, pero debido a las características de esta empresa y a investigaciones previas realizadas, se dispone de esta información, la cual se mostrará en la tabla 2.3.

Para la realización de esta programación se tomó en consideración el plan mensual del mes de junio, y de igual forma se tuvo en cuenta que existen las condiciones para cumplir en tiempo y cantidad la producción.

**Tabla 2.3:** Demanda de productos a realizar en el mes de junio

Productos	Junio
<b>Libros presillados</b>	300000
<b>Cuadernos escolares</b>	1000000
<b>Libretas</b>	900000
<b>Revistas</b>	402000
<b>Folletos</b>	65000

**Fuente:** Elaboración propia

Los tamaños de lote se establecieron a partir de la información tomada del plan maestro de producción (ver anexo 7) realizado previamente en la empresa gráfica en la investigación de Gutiérrez Martínez (2014). Estos se pueden ver en la tabla 2.4 que se muestra a continuación.

**Tabla 2.4:** Tamaños de lotes

Producto	Tamaño de lote
<b>Libros</b>	75000
<b>Libretas</b>	225000
<b>Folletos</b>	16250
<b>Revistas</b>	100500
<b>Cuadernos</b>	250000

**Fuente:** Datos de la UEB Planta Impresión Plana

## **Paso 2: Proceso tecnológico de los productos**

En las tablas que a continuación se presentan (2.5 y 2.6), se encuentra toda la información inherente al proceso productivo de los productos a elaborar, a partir de datos obtenidos en la Empresa Gráfica de Villa Clara. En las mismas se ven reflejadas las operaciones por las que pasan los productos y el tiempo unitario de procesamiento en cada uno de ellas, el tipo de operación, la cantidad de insumos necesarios por unidad y su disponibilidad.

**Tabla 2.5:** Normas de consumo de insumos por producto.

Productos	Papel (Kg)	Cartulina (Kg)	Tinta (Kg)
<b>Libros</b>	0,5	0,044	0,005
<b>Cuadernos</b>	0,4	0,038	0,004
<b>Libretas</b>	0,195	0,03	0,0015
<b>Revistas</b>	0.35	0,01	0,0034
<b>Folletos</b>	0.1	0,01	0,0022
<b>Disponibilidad</b>	220 ton	21 ton	1.5 ton

**Fuente:** Datos de la UEB Planta Impresión Plana

Se describirá a continuación el flujo productivo en la UEB Impresión Plana en la fabricación de libros, cuadernos de trabajo, revistas, folletos y libretas presilladas.

El proceso comienza una vez recibido el original del producto a confeccionar. Se procede a su análisis y elaboración de la carta tecnológica por parte de tecnología donde se argumentan la utilización de todas las materia primas y materiales así como la mano de obra que se va a utilizar, plasmándose en dicho documento todas las características como son el tamaño del lote a producir, la medida del producto terminado, el cliente que lo solicitó, así como los diferentes procesos por lo que va a transitar para realizar dicha producción, que puede pasar o no al proceso de digitalización en dependencia del original que sea enviado por el cliente.

Si el original enviado llega en forma de película esta producción pasa directamente al proceso de fotomecánica, de no venir así pasaría para el proceso de digitalización para que el mismo sea impreso en fotolitos para luego pasar al proceso de fotomecánica

En el proceso de fotomecánica es donde se realiza el montaje de los diferentes cuadernillos que es la cantidad de todas las páginas que con previo trazos para las diferentes medidas de las bobinas a utilizarse en la producción de las tripas de los libros, realizándose también el montaje de la portada. Una vez realizado el montaje de los mismos, se realiza el pase para las planchas para su posterior impresión.

Del almacén central se extrae la materia prima en correspondencia con las normas de consumo especificadas en las diferentes órdenes de producción que se emiten, la misma se traslada hasta el área de la imprenta donde será procesada. A continuación se lleva hasta la guillotina donde se corta el papel y la cartulina a la medida (prevista

según el formato de la máquina, que realizará el trabajo). En ocasiones se imprimen los cuadernillos para los libros en la UEB Planta de Rotativa por ser grandes volúmenes. Una vez impreso la tripa en forma de cuadernillos son trasladados para la UEB plana pasando al proceso de presillado. Se cuenta con dos líneas de presillado con diferente capacidad de trabajo diario, las cuales son alimentadas de forma manual por varios operarios; unos se dedican a la alimentación de los cuadernillos en dependencia de la cantidad de los mismos y un operario en la alimentación de la portada que conforman los libros. La máquina dobladora es la encargada de garantizar el abastecimiento del doblado de todas las portadas que se van a utilizar en el proceso de presillado. Al producto solo le faltaría repelarlo y para eso es llevado hasta la guillotina trilateral para los cortes finales de donde sale el libro listo para ser empaquetado y paletizado. El producto terminado es almacenado en el almacén de producción terminada. (Ver anexo 8)

**Tabla 2.6:** Tiempos de procesamiento en minutos por lote

Productos	Libros	Cuadernos	Libretas	Revistas	Folleto
<b>Lote</b>	75000	250000	225000	100500	16250
<b>Rotativa</b>	0,004 (300min/Lt)	0,0023 (575min/Lt)	0,0021 (472,5min/Lt)	0,0021 (402min/Lt)	0,004 (65min/Lt)
<b>Impresora</b>	0,002 (150min/Lt)	0,0011 (275min/Lt)	0,002 (450min/Lt)	0,002 (201min/Lt)	0,002 (32,5min/Lt)
<b>Dobladora</b>	0,003 (225min/Lt)	0,0018 (450min/Lt)	0,0019 (427,5min/Lt)	0,003 (301,5min/Lt)	0,003 (48,75min/Lt)
<b>Presilladora 1</b>	0,008 (600min/Lt)	0,011 (2750min/Lt)	0,0028 (630min/Lt)	0,012 (1206min/Lt)	0,0028 (45,5min/Lt)
<b>Presilladora 2</b>	0,006 (450min/Lt)	0,0056 (1400min/Lt)	0,0032 (720min/Lt)	0,010 (1005min/Lt)	0,0032 (52min/Lt)
<b>Empaquetado</b>	0,0038 (285min/Lt)	0,0016 (400min/Lt)	0,0025 (625min/Lt)	0,0038 (381,9min/Lt)	0,0038 (61,75min/Lt)
<b>Guillotina</b>	0,0021 (157,5min/Lt)	0,0012 (300min/Lt)	0,0011 (247,5min/Lt)	0,0021 (211,05min/Lt)	0,0021 (34,125min/Lt)

Fuente: Elaboración propia

### **Etapas III: Programación operativa de la producción**

#### **Paso 1: Asignación de los trabajos a los puestos.**

Existen una serie de métodos para realizar la asignación de cargas a los puestos de trabajo como son: el método de los índices o método index (heurístico), el método húngaro (optimizador) y el método de prueba y error utilizando gráficos de Gantt. El que será empleado en esta investigación debido a las características de la empresa y por su confiabilidad es el método de los índices.

**Procedimiento del método de los índices:**

1. Asignar los trabajos al mejor puesto, independientemente de las limitaciones de capacidad.
2. Calcular los números índices (tiempo de cada trabajo entre el menor de su fila).
3. Realizar la asignación a partir del número índice más pequeño cuidando de que la carga no exceda la capacidad disponible de cada puesto. Si esto sucede, se debe reasignar el trabajo al puesto que le siga en el número índice y que tenga capacidad disponible.
4. Rectificar si la suma de las cargas para cada puesto coincide con el resultado final de la asignada a cada uno.
5. Calcular los porcentajes de utilización de cada puesto.

El proceso tecnológico por el que transcurren estos productos tiene la característica que hay una única máquina por operación, haciendo innecesaria la asignación, excepto en el proceso de presillado en el que se cuenta con dos líneas de producción con diferentes capacidades de trabajo. Esta asignación se puede ver en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7:** Asignación de las órdenes de trabajo (h/lt)

Pedidos	Presilladora 1	Presilladora 2
<b>Libro</b>	10(1,33)	7,5*
<b>Cuaderno</b>	45,833(1,96)	23,333*
<b>Libreta</b>	10,5*	12(1,142)
<b>Revista</b>	20,1(1,2)	16,75*
<b>Folleto</b>	0,758*	0,868(1,145)
<b>Capacidad</b>	45	45
<b>Carga inicial</b>	11,258	47,583
<b>Asignación 1</b>	+20,1	-16,75
Revista – Presill 1	31,358	30,833
<b>% de utilización</b>	70%	68,5%

**Fuente:** Elaboración propia

## **Asignación:**

Presilladora 1: Libreta, revista, folleto

Presilladora 2: Libro, cuaderno

## **Paso 2: Determinación de la secuencia de los trabajos a realizar**

La empresa tiene capacidad suficiente para producir grandes cantidades pero como se planteó en el epígrafe 2.2., la UEB Impresión Plana no tiene establecida una prioridad para comenzar la producción de cada producto, no saben en que orden producir ni bajo que parámetros tomar esa decisión, lo cual representa a la larga una demora en el proceso de producción, o sea, no se fabrican los productos siguiendo una secuencia que reduzca el tiempo total de procesamiento de los lotes.

En las empresas que fabrican contra pedido la tarea de determinar la secuencia óptima de fabricación de artículos en un taller es complicada debido al carácter combinatorio del problema. Sólo unos pocos casos se pueden resolver de forma exacta.

Para la realización de la secuenciación de los trabajos se debe clasificar el sistema productivo existente en la empresa de acuerdo al flujo de materiales. En este caso se determinó que tiene una estructura de producción tipo *flow shop* (programa ordenado), o sea, que todos los trabajos tienen la misma secuencia tecnológica. Esto permite la utilización de métodos que empleen el desplazamiento combinado.

Siendo parte de la situación problemática de la organización la entrega tardía de los pedidos, es de gran importancia priorizar el cumplimiento de las fechas de entrega planificadas y así dar cumplimiento a los programas de producción.

El método más utilizado para situaciones como esta es el de las reglas de prioridad o de despacho, técnicas heurísticas que consisten en el establecimiento de una o varias reglas basadas en un ratio o indicador numérico del objetivo fundamental a lograr en la secuenciación.

A continuación se listan las reglas que serán utilizadas en esta investigación:

1. CR: *Critical Ratio* (razón crítica o ratio crítico).
2. ST/O: *Slack Time per Operation* (tiempo de holgura por operación).
3. EDD: *Earliest Due Date* (fecha de entrega más próxima)

Estas reglas tienen como principal función darle prioridad al cumplimiento de las fechas de entrega por lo que la información con respecto a las fechas de recibo y entrega de los pedidos se encuentra en el anexo 9.

Para el cálculo de la regla de despacho CR, la información se muestra en la tabla 2.8 que aparece a continuación:

**Tabla 2.8:** Cálculo de CR

Trabajo	Tiempo hasta la F. E	Duración	CR	Orden
<b>Libros</b>	26	20	1,3	3
<b>Cuadernos</b>	30	26	1,15	1
<b>Libretas</b>	29	24	1,2	2
<b>Revistas</b>	28	20	1,4	4
<b>Folletos</b>	22	15	1,46	5

**Fuente:** Elaboración propia

**Nota:** Se toma como el día de hoy el 1 de junio

Las secuencias resultado de las reglas de despacho y las medidas de efectividad para su selección se encuentran en las tablas 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12.

**Tabla 2.9:** Secuencias determinadas por las reglas de despacho

Regla	Secuencia
<b>CR</b>	Cuadernos – Libretas – Libros – Revistas – Folletos
<b>ST/O</b>	Cuadernos – Libretas – Libros – Folletos – Revistas
<b>EDD</b>	Folletos – Libros – Revistas – Libretas – Cuadernos

**Fuente:** Elaboración propia

En este caso, dado que se utilizarán varias reglas, se va a obtener más de una secuencia por lo que es necesario utilizando las medidas de efectividad de la regla evaluada para determinar cuál es la mejor.

**Tabla 2.10:** Medidas de efectividad para la secuencia dada por la regla CR

Secuencia	Top	TTP	Fecha entrega	Días de atraso
<b>Cuadernos</b>	11,388	11,388	26	0
<b>Libretas</b>	6,61	17,998	30	0
<b>Libros</b>	4,01	22,008	29	0
<b>Revistas</b>	6,86	28,868	28	0,868
<b>Folletos</b>	0,628	29,496	22	7,496
$\Sigma$	29,496	58,992		

**Fuente:** Elaboración propia

**Medidas de efectividad de la regla evaluada:**

- a) Tiempo medio de finalización:  $58,992 / 5 = 11,7984$
- b) Utilización:  $29,496 / 58,992 = 0,5 = 50\%$
- c) Número medio de trabajos en el sistema =  $58,992 / 29,496 = 2$
- d) Retraso medio del trabajo =  $8,364 / 5 = 1,6728$

**Tabla 2.11:** Medidas de efectividad para la secuencia dada por la regla ST/O

Secuencia	Top	TTP	Fecha entrega	Días de atraso
<b>Cuadernos</b>	11,388	11,388	26	0
<b>Libretas</b>	6,61	17,998	30	0
<b>Libros</b>	4,01	22,008	29	0
<b>Folletos</b>	0,628	22,636	22	0,636
<b>Revistas</b>	6,86	29,496	28	1,496
$\Sigma$	29,496	58,992		

Fuente: Elaboración propia

**Medidas de efectividad de la regla evaluada:**

- a) Tiempo medio de finalización:  $58,992 / 5 = 11,7984$
- b) Utilización:  $29,496 / 58,992 = 0,5 = 50\%$
- c) Número medio de trabajos en el sistema =  $58,992 / 29,496 = 2$
- d) Retraso medio del trabajo =  $2,132 / 5 = 0,4264$

**Tabla 2.12:** Medidas de efectividad para la secuencia dada por la regla EDD

Secuencia	Top	TTP	Fecha entrega	Días de atraso
<b>Folletos</b>	0,628	0,628	22	0
<b>Libros</b>	4,01	4,638	26	0
<b>Revistas</b>	6,86	11,498	28	0
<b>Libretas</b>	6,61	18,108	29	0
<b>Cuadernos</b>	11,388	29,496	30	0
$\Sigma$	29,496	58,992		

Fuente: Elaboración propia

**Medidas de efectividad de la regla evaluada:**

- a) Tiempo medio de finalización:  $58,992 / 5 = 11,7984$
- b) Utilización:  $34,77 / 69,55 = 0,5 = 50\%$
- c) Número medio de trabajos en el sistema =  $58,992 / 29,496 = 2$

d) Retraso medio del trabajo =  $0 / 5 = 0$

Según los resultados arrojados por las medidas de efectividad la mejor secuencia es la resultante de la regla EDD ya que la producción no se retrasa. El programa resultante, representado en forma gráfica a través de un diagrama Gantt se muestra en el anexo 9.

#### **Etapa IV: Balance de carga y capacidad**

##### **Etapa 1: Determinación de las capacidades**

Actualmente en la entidad objeto de estudio, los factores que inciden en la magnitud de las capacidades y que son determinantes para la obtención del plan de producción son:

- La tecnología de producción: la maquinaria existente en la empresa tiene muchos años de explotación y su tecnología es obsoleta.
- Las normas: no han sido determinadas científicamente, lo que se tiene es un rendimiento estimado hasta el momento en cada operación.
- Disponibilidad de la fuerza de trabajo y su capacitación: se necesita de personal capacitado para la realización del proceso debido al conocimiento que se requiere en cada fase del mismo.

La Empresa Gráfica de Villa Clara tiene establecido un régimen de trabajo de 285 días al año. La jornada laboral comienza a las 7:00 am y concluye a las 4:30 pm, con una duración de 9 horas y media, incluyendo media hora de tiempo de descanso y necesidades personales. El aprovechamiento de la jornada laboral es de un 90 por ciento.

La cantidad actual de trabajadores por operación, así como las horas de producción disponibles que estos generan al año, según el régimen de trabajo actual establecido se muestra en la tabla 2.14.

**Tabla 2.14:** Disponibilidad del tiempo de los trabajadores

<b>Operación</b>	<b>Cantidad de trabajadores</b>	<b>Horas de trabajo disponibles</b>
<b>Impresión</b>	2	83
<b>Doblado</b>	1	104
<b>Presillado</b>	10	36
<b>Corte</b>	1	139
<b>Empaquetado</b>	1	112

**Fuente:** Elaboración propia a partir de información del poligráfico.

- Disponibilidad para el almacenamiento: El área de almacenamiento es insuficiente y esto ha creado la necesidad de colocar los productos terminados en los pasillos provocando su deterioro.

## Etapa 2: Balance de carga y capacidad

Como se planteó en el Capítulo 2, en la UEB Impresión Plana no está alcanzando la materia prima y existen retrasos en la producción por lo que después de obtenida la secuencia de producción para los productos analizados se elabora el balance matricial secuencial con el objetivo de comparar la disponibilidad de recursos con las necesidades que se tiene en la UEB Planta Impresión Plana. (Ver tabla 2.15) y de ser necesario, tomar las medidas correspondientes para cumplir con el plan trazado con el objetivo de cumplir con las expectativas de los clientes

**Tabla 2.15:** Balance de carga y capacidad

Producto	Objeto de trabajo (Kg)			Medios de trabajo (h/sem)				
	Cartulina	Papel	Tinta	Impreso	Doble	Presilla	Corte	Empaque
Folletos	162,5	1625	35,75	1,625	0,81	0,75	0,568	1,02
Libros	3300	37500	375	7,5	3,75	7,5	2,625	4,75
Revistas	1005	35175	255	9,05	5,025	10,10	3,517	6,365
Libretas	6750	43875	337,5	12,375	7,125	10,5	4,125	10,41
Cuadernos	9500	100000	300	13,166	7,5	13,33	5	6,66
<b>Disponibilidad</b>	<b>21000</b>	<b>220000</b>	<b>1500</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
D1	20837,5	218375	1464,25	43,375	44,19	44,25	44,43	43,98
D2	17537,5	180875	1089,25	35,875	40,44	36,75	41,8	39,33
D3	16532,5	145700	834,25	26.825	35,415	26,65	38,29	32,865
D4	9782,5	101825	496,75	14,65	28,29	16,15	34,16	22,455
D5	282,5	1825	196,75	1,493	20,79	3,15	29,165	15,795

**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados obtenidos, se puede ver que existe capacidad suficiente en cada operación para asumir la producción. Esto no significa necesariamente que la

capacidad esté subutilizada, sino que los obreros deben dedicar tiempo a la realización de otras producciones.

También se observa que existe una nivelación entre la disponibilidad y las necesidades de materiales que tiene la UEB Impresión Plana para la producción de estos productos. Esto indica que el hecho de que la materia prima no sea suficiente no se debe a su baja disponibilidad, sino debido a causas como el derroche en algunas producciones, por lo que deben tomarse medidas en lo referente a este tema.

### **Alternativas de nivelación**

No se procedió a la aplicación de alternativas de nivelación para el caso de la subutilización de la capacidad por razones planteadas anteriormente a partir de los resultados del balance.

La decisión se deja a criterio de la entidad objeto de estudio en acuerdo a las políticas por las que se rigen sus producciones.

### **Etapa V: Seguimiento y control**

Este paso requiere del paso del tiempo para su implementación. Se debe esperar el resultado de la aplicación del procedimiento en la empresa para analizar los indicadores de eficiencia y eficacia, y realizar acciones correctivas en caso de necesitarlo.

# Conclusiones Generales

## **Conclusiones generales**

Como resultado de la investigación realizada pudo arribarse a las conclusiones generales siguientes:

1. El estudio bibliográfico realizado para la construcción del marco teórico referencial de la investigación confirma la existencia de una amplia base conceptual sobre los sistemas de planificación y control de la producción.
2. La presente investigación logra definir un procedimiento para la programación de la producción acorde a las características y necesidades de la empresa objeto de estudio, dando respuesta a la situación problemática planteada.
3. La aplicación del procedimiento proporciona la secuencia de fabricación de los productos, las máquinas a las que deben asignarse y el instante de inicio y terminación de fabricación, obteniéndose de esta forma un programa detallado de producción que garantiza ahorro en el tiempo de ejecución y disminución de los tiempos muertos de máquina para una mayor competitividad en los plazos de entrega.
4. Quedó demostrado con el balance de carga y capacidad que existe una nivelación entre la disponibilidad y las necesidades que tiene la UEB Impresión Plana para la producción de estos productos, pudiendo cumplirse con los pedidos realizados.

# Recomendaciones

## **Recomendaciones**

1. Continuar desarrollando el sistema de planificación y control propuesto para la empresa gráfica de Villa Clara "Enrique Núñez Rodríguez", a todos los niveles, para de esta forma lograr la integración total del mismo.
2. Continuar la divulgación de los resultados de la investigación mediante su publicación y presentación en eventos científicos, como una forma de contribuir a la generalización de los resultados obtenidos.
3. Generalizar la aplicación del procedimiento a otras empresas de la Unión Poligráfica con vistas a mejorar el proceso de programación operativa de la producción.
4. Realizar en futuras investigaciones un procedimiento que integre el MRP y el JIT para lograr un sistema de producción óptimo que elimine los desperdicios.
5. Para afrontar posibles reprogramaciones que deban realizarse para adaptar el programa generado a imprevistos, se recomienda la introducción de reglas de robustez en el propio algoritmo.

# Bibliografia

## Bibliografía

1. Aanen, E., Gaalman, G.J., Naijn, W.M. (1993) "A Scheduling Approach for a Flexible Manufacturing System". En: International Journal of Production Research, 31(10).
2. Adam, E. E. & Ebert, R. S. (1991) "Administración de la producción y las operaciones". Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, México.
3. Allahverdi, A. (2000) "Minimizing mean flowtime in a two-machine flowshop with sequence-independent setup times", Computers & Operations Research, Vol. 27, No. 2, pp 111-127.
4. Alonso Martínez, P. (2002) "Sistema de planificación y control del servicio de reparaciones navales de pequeño y mediano porte en la agencia GEOCUBA Caibarién". Tesis presentada en opción al título académico de máster en ciencias. UCLV, Cuba.
5. Balakrishnan, N., Kanet, J.J. and Sridharan S.V., (1999) "Early/tardy scheduling with sequence dependent setups on uniform parallel machines". Computers & Operations Research. Vol.26.p.127-141.
6. Bello, C. (2006) "Manual de producción". Aplicado a las PYME. Bogotá: ECOE Ediciones.
7. Buffa, E. & Sarin, R. (1996) "Administración de la producción y las operaciones". Limusa Noriega editores. España.
8. Calleja, Gema., Pastor, Rafael. (2011) "Programación de la producción en máquinas en paralelo con lotes de transferencia: un caso de estudio". Institute of Industrial and Control Engineering (IOC), Universidad Politècnica de Catalunya (UPC).
9. Castro, Carlos. y Vélez, Mario. (2002) "Modelos para la selección de un sistema de la programación de la producción, un enfoque estratégico". En: Revista Universidad EAFIT. Medellín. Vol, No128. p .11.
10. Cespón Castro, R., Ibarra Mirón, S., Sarache Castro, W. (2004) "Procedimientos para la selección de los sistemas de gestión de la producción a aplicar en empresas manufactureras". Ata dirección, No .235 Vol. XL.
11. Chase, Richard y Aquilano, Nicolás (1995) "Dirección y administración de la producción". Times Mirror de España S.A.
12. Chase, Richard, Jacobs, Robert y Aquilano, Nicolás. (2000) "Administración de la producción y las operaciones para una ventaja competitiva". Mc Graw Hill, México.
13. Colectivo de autores. (1999)"El perfeccionamiento empresarial en Cuba". Ed. Félix Varela. Ciudad de la Habana.

14. Companys Pascual, R. (1989) "Planificación y programación de la producción". Ed Marcombo, Madrid. España.
15. D'Armas M. y Companys R. (2005) "Programación de operaciones con tiempo de preparación mediante algoritmos de optimización local". Universidad, Ciencia y Tecnología, Vol. 9, No. 35, pp 155-162.
16. D'Armas, Mayra. (2009) "Programación de la Producción con tiempos de preparación variables mediante Recocido Simulado y Búsqueda Tabú". UNEXPO, Puerto Ordaz, Venezuela. [mdarmas@bqto.unexpo.edu.ve](mailto:mdarmas@bqto.unexpo.edu.ve)
17. De la Fuente García, David. (2011) "Organización de la producción y de la empresa. Modelos matemáticos lineales de planificación y programación de la producción".
18. Dilworth, J. B. (1993) "Production and operations management, manufacturing and service". Ed. McGraw-Hill.
19. Domínguez Machuca, J.A. et. al. (1995) "Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios". Editorial Mc Graw Hill, Madrid.
20. Escobar, Pamela., Giraldo, Jaime A., Cárdenas, Diana M. (2012) "Programación de sistemas de producción híbridos, para inventario/bajo pedido, mediante un proceso analítico jerárquico de ordenación grupal (GAHPO)". Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial, Manizales-Colombia.
21. Everett, E. et al. (1991) "Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, modelos y funcionamiento". Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. México DF.
22. Fernández Sánchez, E. & Vázquez Ordas, C. J. (1994) "Dirección de la producción II. Métodos operativos". Ed. Civita, España.
23. Fundora Miranda, A y otros. (1987) "Organización y Planificación de la Producción". Tomo I. Editorial ISPJAE. Ciudad la Habana.
24. Fundora Miranda, A. (1992) "Organización y planificación de la producción. Tomo II. Editorial ISPJAE, Ciudad de la Habana.
25. Galeano Huertas, Juan Carlos. (2011) "Formulación de un algoritmo genético para el problema de programación de órdenes de trabajo de una empresa de artes gráficas" Bogotá.
26. García Ruiz, M. (2006) "La formación continua: estudio de las necesidades formativas en el ámbito". Madrid: Ed. Tecnología de Gerencia S.A.
27. Glover F. (1989) "Tabu Search, Part I". ORSA Journal on Computing. Vol. 1, pp. 190-206.

28. González Riesco, Montserrat. (2006) "Gestión de la producción: cómo planificar y controlar la producción industrial". Barcelona: Ariel Economía S.A.
29. González, Orlando. (2009) "Programación de proyectos de la empresa Geofundaciones S.A., mediante la asignación de máquinas uniformes en paralelo para la reducción de la tardanza ponderada total". En: Revista Puentes, Vol.3, No. 2.p 13 – 28
30. Groover, M. (1997) "Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas". México.
31. Gutiérrez Martínez, R.L. (2014) Procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación de la producción en la empresa grafica de Villa Clara "Enrique Núñez Rodríguez". Tesis de maestría.
32. Herrera Ramírez, Milton. (2011) "Programación de la producción: una perspectiva de productividad y competitividad" Revista VIRTUALPRO N° 111. Bogotá, Colombia, <http://www.revistavirtualpro.com>, [info@revistavirtualpro.com](mailto:info@revistavirtualpro.com)
33. Higuera Toro, Oswaldo. (2009) "Planificación y programación de la producción en una planta prototipo de producción flexible e inteligente". Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
34. Hurtado de Mendoza, S. (2003) "Como seleccionar los expertos". Obtenido en: <http://www.monografía.com>. (Último acceso: 27 febrero 2014)
35. Ibarra Mirón, S. (2003) "Modelo y procedimientos para el análisis y la proyección competitiva de unidades estratégicas de fabricación en la empresa manufacturera cubana". UCLV.
36. Joo, U.G. (2001) "Job assignment algorithms on uniform parallel machines. Engineering Optimization". Vol.33.p. 351-371.
37. Kashan, A.H. and Karimi, B. (2008) "A discrete particle swarm optimization algorithm for scheduling parallel machines", Computers & Industrial Engineering.
38. Kirkpatrick S. et al. (1983) "Optimization by simulated annealing", *Science*, Vol. 220, pp 661-680.
39. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. 2011
40. Monks, J. G. (1991) "Administración de operaciones". Ed. McGraw-Hill S.A., México.
41. Morales Idarraga, Julian Augusto. (2006) "Sistema de programación de la producción, bajo teoría de restricciones, en una empresa de artes gráficas". Universidad de Antioquía, Medellín.
42. Mula, J., Poler, R. & García, J.P. (2006) "Evaluación de Sistemas para la Planificación y Control de la producción". Vol.17no.1.Universidad Politécnica de Valencia, España.

43. Onwubolu, G.C. y Mutingi, M. (2001) "Optimizing the multiple constrained resources product mix problem using genetic algorithms". *International Journal of Production Research*, 39 (9), 1897-1910.
44. Ovando Monterroso, Juan Carlos. (2009) "Diseño de un sistema de planeación de los recursos Para la manufactura (MRP II), aplicado a la industria con producción intermitente" Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
45. Pinheiro de Lima, Orlem. (2012) "La importancia de las funciones de planificación y control de la producción en fabricación".
46. Platero Farías, Norberto Gonzalo. (2009) "Procedimiento heurístico para programar la producción en procesos intermitentes en una industria tipo de partes y piezas de madera".
47. Portuondo Pichardo, F.M. (1983) "Economía de las empresas". Ed. Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana.
48. Rajendran C y Ziegler H. (2003) "Scheduling to minimize the sum of weighted flowtime and weighted tardiness of jobs in a flowshop with sequence dependent setup times". *European Journal of Operational Research*. Vol. 149, pp. 513-522.
49. Ramamritham, K. and Stankovic, J.A. (1994) "Scheduling algorithms and operating systems support for real-time systems". *Proceedings of the IEEE*. Vol.82. p. 55-67.
50. Ramos Gómez, R. A. (2002) "Procedimientos para la mejora continua y el perfeccionamiento del sistema de planificación y control del servicio de reparación de motores. Aplicación al caso de la reparación de motores diesel". Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas. UCLV, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
51. Render, B. & Heizer, J. (1996) "Administración de operaciones". Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México.
52. Render, Barry Heizer, Jay. (2001) "Principios de Administración de Operaciones". Thomson, México.
53. Romero, Rodrigo., Poblete, Mario., Baesler, Felipe. (2006) "Modelo de programación de la producción para la industria del aserrío". Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
54. Russell, Roberta S y Taylor III, Bernard W. (2000) "Operations Management". Prentice Hall. Capítulo 10.
55. Sanchís Palacio, Joan Ramón. (2004) "Técnicas modernas de planificación y control de la producción. Una aproximación estratégica".pp 33-51,
56. Schroeder, R. G. (2005) "Administración de Operaciones. Conceptos y casos contemporáneos". Mexico: McGraw-Hill.

57. Schroeder, Roger. (1992) "Administración de Operaciones". Editorial Mc. Graw Hill. México.
58. Soret los Santos, I. (2006) "Logística y marketing para la distribución comercial". México.: Compañía editorial continental S.A.
59. Stephens, M. (2006) "Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales". Pearson Educación.
60. Stoner, J.A.F. et al. (2000) "Administración". Ed Prentice Hall. México.
61. Suárez Mella, R. (1992) "Modelo de evaluación del nivel organizativo de la producción de empresas de la industria mecánica". Ciudad de la Habana.
62. Taboada Rodríguez, Carlos. et al. (2009) "Organización y planificación de la producción" Parte 1. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.
63. Tawfik y Chauvel. (1992) "Administración de la producción". Editorial interamericana.
64. Uribe Uribe, César Lorenzo., Duque Hoyos, Mayra Fernanda., Aguirre Cajías, María Fernanda., Meléndez Torres, Sylvia Juliana., Contreras Santiago, Johnny David., Villarreal Guarín, María Conchita. (2012) "Modelo analítico del proceso productivo de la referencia 715 Mafalda en la empresa calzado Murano de Bucaramanga" Universidad Pontificia Bolivariana.
65. Velázquez Mastretta, Gustavo. (2009) "Administración de los sistemas de producción". Edit. Limusa.
66. Viveros, Rodrigo., Salazar, Eduardo. (2010) "Modelo de planificación de producción para un sistema multiproducto con múltiples líneas de producción" Revista Ingeniería de Sistemas Volumen XXIV
67. Vollmann, B & Whybark. (1991) "Sistemas de planificación y control de la fabricación". Ed. Tecnología de Gerencia S.A. Madrid. España.
68. Zhou, M.C., DiCesare, F. (1993) "Petri Net Synthesis for Discrete Event Control of Manufacturing Systems". Boston: Kluwer Academic Publishers.

Hereros



## Anexos

**Anexo 1:** Lista de candidatos posibles seleccionados para conformar el grupo de expertos.

Nombre y apellidos	Cargo	Años de experiencia
Raisa Gutiérrez Martínez	Esp. Sup. Poligrafía	15
Guadalupe Mederos Alonso	Esp. Sup. Poligrafía	15
Humberto Ruano Jiménez	Dtor. UEB Impresión Plana	10
Felipe González García	J' de Área UEB Impresión Plana	18
José R. Cárdenas González	Imp. A. JB Rotativa	20
Elsa de la Caridad Quintana	Técnico en Producción	15
Vladimir Negrín	Director de Impresión	25
Daily Maíe Rodríguez	Tecnóloga Poligrafía A	15
María Angélica Taboada	Directora de Ventas y Aseguramiento	20
Yamilé Marcial Vargas	Jefa de brigada de Fotomecánica	25



**Anexo 3:** Tabla de ecuaciones

Ecuaciones	Donde	
<b><math>K_{cj}=n(0.1)</math></b> (1)	<p><math>K_{cj}</math>: Coeficiente de Conocimiento o información del experto “j”</p> <p>n: Rango seleccionado por el experto “j”</p>	
<b><math>K_a=\sum_{i=1}^6 n_i</math></b> (2)	<p><math>K_{aj}</math>: Coeficiente de Argumentación del experto “j”</p> <p><math>n_i</math>: Valor correspondiente a la fuente de argumentación “i (i: 1 hasta 6)”</p>	
<b><math>K=0.5*(K_c+K_a)</math></b> (3)	<p>K: coeficiente de competencia, dichos resultados se valoran en una escala para identificar cual (k) es alto, medio y bajo.</p>	<p><math>0.8 &lt; K &lt; 1.0</math> (Alto)</p>
		<p><math>0.5 &lt; K &lt; 0.8</math> (Medio)</p>
		<p><math>K &lt; 0.5</math> (Bajo)</p>
	<p><math>K_c</math>: Coeficiente de coeficiente</p>	
<p><math>K_a</math>: Coeficiente de argumentación</p>		

**Anexo 4:** Tabla patrón que se utiliza para comparar las autoevaluaciones de cada candidato sobre un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de Argumentación o fundamentación del tema a estudiar, cuyos rangos son alto, medio y bajo.

Fuentes de argumentación o fundamentación	Alto	Medio	Bajo
1. Análisis teóricos realizados por Ud.	0.3	0.2	0.1
2. Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
3. Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
4. Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
5. Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
6. Su intuición	0.05	0.05	0.05

Expertos	Fuentes																	
	1			2			3			4			5			6		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
<b>Raisa</b>	X			X				X		X			X			X		
<b>Guadalupe</b>	X			X				X		X			X					X
<b>Humberto</b>		X			X				X	X				X		X		
<b>Felipe</b>	X			X			X				X				X	X		
<b>José R.</b>		X			X			X			X		X			X		
<b>Elsa</b>	X					X	X				X		X			X		
<b>Vladimir</b>	X			X			X				X			X		X		
<b>Daily</b>	X			X					X			X	X				X	
<b>M<sup>a</sup> Angélica</b>		X				X	X					X		X				X
<b>Yamilé</b>		X				X		X			X			X				X

## Anexo 5: Fórmula para realizar el cálculo de los expertos

$$M = \frac{p * (1 - p) * k}{i^2} \quad (4)$$

Donde:

$M$ : cantidad necesaria de expertos.

$p$ : error estimado.

$i$ : precisión deseada en la estimación.

$k$ : constante computarizada cuyo valor depende del nivel de confianza.

**Anexo 6: Propuesta del plan trimestral de producción para el segundo semestre del año 2014.**

**Libros**

Mes	Abril				Mayo				Junio			
Plan Agregado	254100				300000				300000			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Plan agregado (sem.)	63525	63525	63525	63525	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000
Inventario												
Ped. en curso												
Ped. Pend.												
Ped. Comp.												
Nec. Netas	63525	63525	63525	63525	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000
PMP inicial	63525	63525	63525	63525	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000	75000

**Libretas**

Mes	Abril				Mayo				Junio			
Plan Agregado	1250000				800000				900000			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Plan agregado (sem.)	312500	312500	312500	312500	200000	200000	200000	200000	225000	225000	225000	225000
Inventario												
Ped. en curso												
Ped. Pend.												
Ped. Comp.												
Nec. Netas	312500	312500	312500	312500	200000	200000	200000	200000	225000	225000	225000	225000
PMP inicial	312500	312500	312500	312500	200000	200000	200000	200000	225000	225000	225000	225000

**Anexo 6: Continuación**

**Folletos**

Mes	Abril				Mayo				Junio			
Plan Agregado	54100				30000				65000			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Plan agregado (sem.)	13525	13525	13525	13525	7500	7500	7500	7500	16250	16250	16250	16250
Inventario												
Ped. en curso												
Ped. Pend.												
Ped. Comp.												
Nec. Netas	13525	13525	13525	13525	7500	7500	7500	7500	16250	16250	16250	16250
PMP inicial	13525	13525	13525	13525	7500	7500	7500	7500	16250	16250	16250	16250

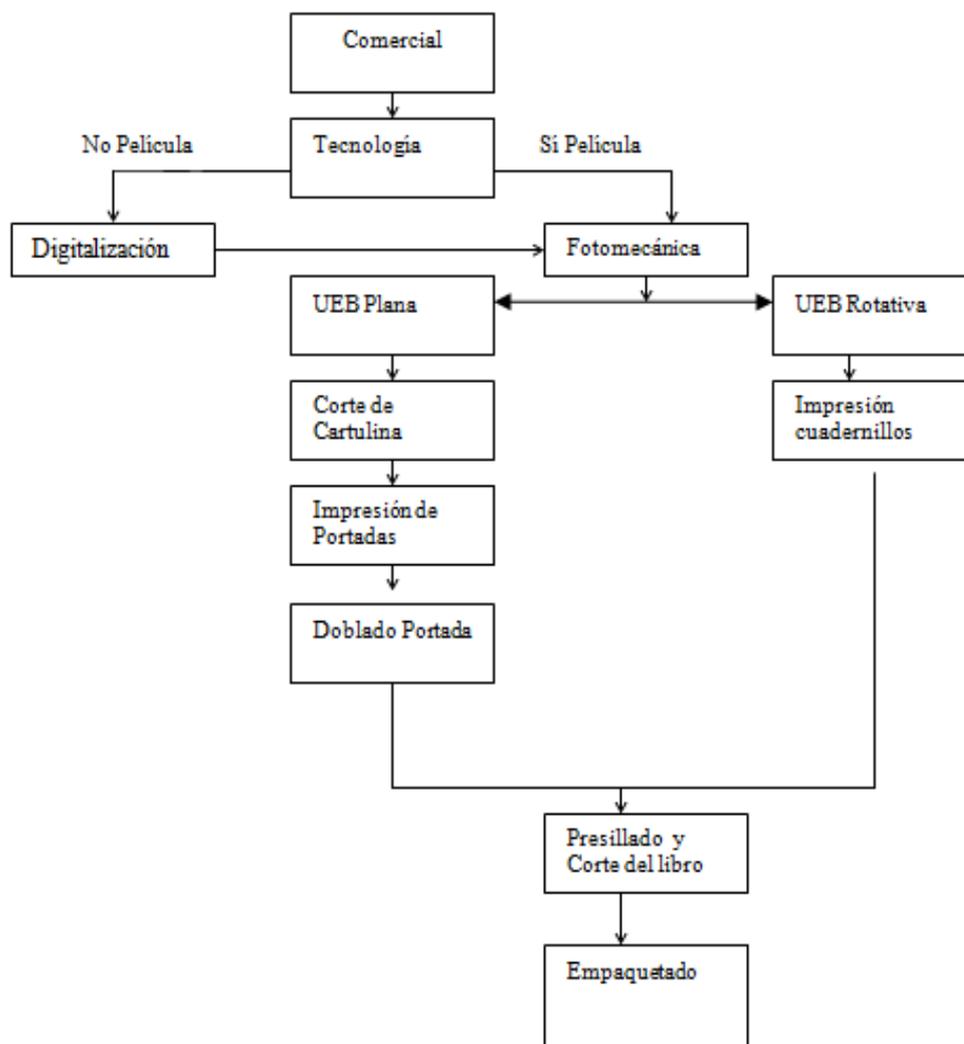
**Revistas**

Mes	Abril				Mayo				Junio			
Plan Agregado	380100				305000				402000			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Plan agregado (sem.)	95025	95025	95025	95025	76250	76250	76250	76250	100500	100500	100500	100500
Inventario												
Ped. en curso												
Ped. Pend.												
Ped. Comp.												
Nec. Netas	95025	95025	95025	95025	76250	76250	76250	76250	100500	100500	100500	100500
PMP inicial	95025	95025	95025	95025	76250	76250	76250	76250	100500	100500	100500	100500

**Anexo 6: Continuación.****Cuadernos**

Mes	Abril				Mayo				Junio			
Plan Agregado	360100				604000				1000000			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Plan agregado (sem.)	90025	90025	90025	90025	151000	151000	151000	151000	250000	250000	250000	250000
Inventario												
Ped. en curso												
Ped. Pend.												
Ped. Comp.												
Nec. Netas	90025	90025	90025	90025	151000	151000	151000	151000	250000	250000	250000	250000
PMP inicial	90025	90025	90025	90025	151000	151000	151000	151000	250000	250000	250000	250000

**Anexo 7:** Representación gráfica del proceso productivo



**Anexo 8:** Fechas de recibo y entrega de los pedidos del mes de junio

<b>Orden</b>	<b>Fecha recepción</b>	<b>Días de producción</b>	<b>Fecha Entrega</b>	<b>Holgura</b>
<b>Libros</b>	1/6	20	26/6	6
<b>Cuadernos</b>	1/6	26	30/6	4
<b>Libretas</b>	1/6	24	29/6	5
<b>Revistas</b>	1/6	20	28/6	8
<b>Folletos</b>	1/6	15	22/6	7

**Anexo 9:** Gráfico de Gantt representando la secuencia obtenida.

