



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

*Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial*

Departamento de Ingeniería Industrial

TESIS PRESENTADA EN OPCION AL TÍTULO ACADÉMICO DE MASTER  
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mención Producción- Logística

Título: Procedimiento para la planificación y control de la producción en la Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25.

**Autor:** Ing. Irela Figueroa Pérez

**Tutor:**  
Dr. Rafael Ramos Gómez

Santa Clara  
2017

## *Dedicatoria*

*A mi familia que siempre han estado a mi lado y me han apoyado en los momentos difíciles a lo largo de estos años.*

## *Agradecimientos*

*A mi esposo por brindarme su apoyo y comprensión.*

*A mis hijos por ser la luz de mi vida.*

*A toda mi familia por su cariño y sostén.*

*A mi tutor el Dr. Rafael Ramos Gómez por su ayuda y paciencia.*

*A todos los compañeros de la ECOMG # 25 que me ofrecieron su ayuda en la realización de esta tesis.*

*A todos los profesores que contribuyeron a mi preparación como profesional.*

## **Resumen**

La Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25 (ECOING 25), forma parte de Organización Superior de Dirección Empresarial de Construcción y Montaje, se ubica geográficamente en el municipio de Santa Clara. Se encuentra insertada en el proceso de Perfeccionamiento Empresarial y está certificada por las Normas ISO, siendo el estudio del subsistema de planificación de la producción vital para la búsqueda de alternativas que conlleven a una mayor eficiencia y competitividad. El objetivo general que se persigue con el desarrollo de la investigación consiste en elaborar un procedimiento para la planeación de la producción que permita una mejor utilización de los recursos y medios a partir de un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva instalada y con ello una mayor satisfacción de la demanda de la empresa.

El estudio se desarrolla a través de tres capítulos, el capítulo I que comprende la fundamentación teórica de los diferentes conceptos relacionados con la temática, el capítulo II, detalla el procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control de la producción, y en el tercero se muestran los resultados de la aplicación de los procedimientos. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía consultada.

## **Abstract**

The Company Manufacturer of Works of Engineering # 25 (ECOING 25), it forms part of Superior Organization of Managerial Address of Construction and Assembly, it is located geographically in the municipality of Santa Clara. It is inserted in the process of Managerial Improvement and it is certified by the ISO Norms, being the study of the subsystem of planning of the vital production for the search of alternatives that bear to a bigger efficiency and competitiveness. The general objective that is pursued with the development of the investigation consists on elaborating a procedure for the planning of the production that allows a better use of the resources and means starting from a better use of the installed productive capacity and to achieve a bigger satisfaction of the demand of the company.

The study is developed fundamentally through two chapters, the chapter I that understands the theoretical foundation of the different concepts related with the thematic one, the chapter II, details the procedure for the continuous improvement of the system of planning and control of the production, besides showing the results of the application of the procedures. Lastly, the conclusions and recommendations are presented, as well as the consulted bibliography.

# Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.1 Gestión de producción. Conceptos básicos .....	8
1.2 Enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción .....	9
1.3 Técnicas y métodos en planificación de la producción .....	10
1.3.1 Técnicas de pronóstico .....	10
1.3.2 Técnicas para la planeación estratégica .....	12
1.3.3 Técnicas empleadas en la planificación agregada .....	15
1.3.4 Técnicas empleadas en la programación maestra de producción (PMP) .....	16
1.4 Sistemas de planificación de la producción .....	18
1.4.1 Sistemas clásicos .....	18
1.4.2 Sistemas modernos .....	19
1.5 Procedimientos para desarrollar el sistema de planificación .....	26
1.6 Clasificación de los sistemas productivos. Sistema por proyectos .....	28
1.7 La planificación empresarial en Cuba. Caracterización y tipos .....	29
1.8 Desarrollo de las empresas constructoras en Cuba .....	33
1.9 Conclusiones parciales del capítulo .....	35
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCION EN LA ECOING # 25.....	36
2.1. Procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control .....	37
2.1.1. Paso 1. Estudio de las condiciones empresariales .....	39
2.1.2. Paso 2. Diagnóstico de la gestión productiva .....	40
2.1.3. Paso 3. Definición de la filosofía, principios, objetivos y portadores de la mejora del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería .....	48
2.1.4. Paso 4. Definición de las mejoras del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería .....	51
2.1.5. Paso 5. Completamiento de la preparación del personal que trabaja en cada uno de los niveles del sistema .....	57
2.1.6. Paso 6. Análisis del comportamiento de los portadores de la mejora .....	58
2.2 Conclusiones parciales.....	58
CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA PRODUCCION EN EL ECOING # 25.....	59
3.1 Introducción.....	59
3.2 Aplicación del procedimiento para la mejora del sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería .....	59

3.2.1 Paso 1. Estudio de las condiciones empresariales para el mejoramiento del sistema de planificación y control en la realización de obras de ingeniería .....	59
3.2.2 Paso 2. Diagnóstico de la gestión productiva .....	59
3.2.3 Paso 3. Definición de la filosofía, principios, objetivos y portadores de la mejora del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería .....	69
3.2.4 Paso 4. Análisis de los niveles de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería .....	70
3.2.5 Paso 5. Capacitación del personal .....	75
3.2.6 Paso 6. Análisis del comportamiento de los portadores de la mejora.....	76
3.3. Conclusiones parciales.....	77
CONCLUSIONES GENERALES.....	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	79
ANEXOS .....	84

## INTRODUCCIÓN

Vivir en un mundo cambiante desata innumerables exigencias. En el mundo empresarial es indispensable establecer procesos de mejora continua para sobrevivir y luchar por la supremacía en el mercado. Es importante para toda empresa el conocimiento de sus productos y las exigencias de

sus principales clientes, por lo que se deben adoptar herramientas, técnicas de diseño y metodologías que permitan a las organizaciones configurar sus sistemas de gestión de la producción de manera que combinen eficacia y eficiencia.

La culminación del pasado siglo marcó un punto de viraje en el funcionamiento del sistema empresarial cubano. Las empresas han dejado de desempeñarse en un entorno caracterizado por la existencia de una economía altamente planificada, suministros seguros, la existencia de un mercado de poca competencia entre las empresas y prácticamente cerrado a la inversión extranjera y han tenido que comenzar a desempeñarse en un entorno cada vez más competitivo e incierto, con presencia de competidores y capital extranjeros en el mercado nacional., con incertidumbre en los suministros y en los clientes, mayores exigencias en términos de mínimo costo, alta calidad, oportunidad de entregas y flexibilidad, y estas las reproducen a sus sistemas productivos.

Debido a ello, es necesario satisfacer las necesidades de los clientes, con un máximo aprovechamiento de las capacidades disponibles y con el mayor ahorro de recursos e inversión de capital posible. Para alcanzar estos objetivos, es imprescindible la aplicación de las nuevas formas de gestionar una empresa que poco a poco se abren paso en el entorno mundial., tales como la correcta elaboración en cuanto a cantidad y surtido de los planes de producción.

El mundo actual presenta como cualidad más importante de las empresas su competitividad, la cual constituye la condición esencial para su supervivencia. Llegar a ser competitivas no resulta de un camino fácil, ya que es necesario vencer una gran cantidad de obstáculos pues los sistemas productivos contemporáneos están sometidos a un gran número de exigencias, entre ellas la de dar respuesta, en el tiempo más breve posible, a las necesidades de sus clientes, las que cada vez son más diversas e individualizadas.

La competitividad de una empresa radica en su capacidad de operar en una situación de cambio continuo del entorno de forma tal que garantice un nivel de satisfacción del cliente (eficacia) y un nivel de eficiencia del sistema por encima de sus competidores (Gómez Acosta, 1997).

Las empresas cubanas no se encuentran al margen de la necesidad de aumentar su competitividad, todo lo contrario, requieren abandonar el ya obsoleto modelo de productividad caracterizado por una producción programada, seriada y estable donde el objetivo fundamental está dirigido a la cantidad de productos, y adoptar un modelo de competitividad que les permita insertarse en el marco de la economía mundial regida por las leyes del mercado y la competencia de manera de sobrevivir y desarrollarse. Para esto las empresas no cuentan con suficientes recursos financieros, por lo que están urgidas de realizar un replanteo de su capacidad de reacción en busca de una ventaja competitiva que les permita insertarse en el mercado internacional. Este último es cada vez más

exigente en cuanto al aumento de la variedad de productos por la individualización de la demanda, lo que provoca que los sistemas productivos tengan que alcanzar una alta productividad y a su vez, alta flexibilidad en sus producciones.

Existen diversos sistemas de planificación de la producción surgidos en contextos específicos y que presentan así mismo, situaciones de aplicación definidas que determinan su comportamiento; para mejorar el desempeño de dichos sistemas, los planificadores pueden apoyarse en herramientas de soporte a la toma de decisiones, lo cual requiere de estudios y valoraciones previas.

Es por tanto indispensable en toda empresa el conocimiento de sus productos y de las necesidades de sus clientes fundamentales, 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 gestión de la producción de manera que combinen eficacia y eficiencia, es decir, que sean capaces de fabricar lo que el mercado cambiante demande, al costo más bajo posible.

La planificación proporciona un marco de referencia a la toma de decisiones y resulta el proceso de conexión entre estrategias empresariales y las estrategias de operaciones (misión, competencia, objetivos y políticas) de la empresa, y por lo tanto, representa el estudio y la fijación de objetivos de la empresa tanto a largo como a corto plazo, y referentes al sistema total como a cada uno de los subsistemas empresariales. El logro de los objetivos del subsistema de operaciones deberá ser conseguido a través de un adecuado desempeño del sistema de gestión productiva, siendo necesario un amplio estudio de las principales tendencias y técnicas empleadas a nivel internacional y nacional. Todo esto quedó reafirmado por (Castro Ruz, 2008) cuando abordó la necesidad de encontrar los mecanismos y vías que permitan eliminar cualquier traba al desarrollo de las fuerzas productivas y explotar las importantes potencialidades que representan el ahorro y la correcta organización del trabajo, partiendo del fortalecimiento sostenido de la economía nacional y de su base productiva, sin lo cual sería imposible el desarrollo.

La gestión de la producción es una materia que sigue tomando hoy la importancia que realmente tiene para el futuro económico, no sólo de las empresas, sino también de los países (Díaz, 1993). Este papel clave dado a esta función de operaciones, justifica la teoría de que la producción no sólo debe ser el lugar donde se producen los productos y servicios de la organización, sino que debe ser también donde se fortalezca la empresa como entidad competitiva.

El objetivo general y fundamental de la planificación empresarial., es la elaboración del sistema de planes de la empresa, garantizando los más altos niveles de actividad, con la utilización eficiente de la capacidad productiva y los recursos materiales, laborales y financieros disponibles, que den

respuesta a las estrategias, políticas y programas de desarrollo económico y social de la nación y la empresa.

La Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25 (ECOING # 25) perteneciente al MICONS, no se encuentra ajeno a esta situación, debido a la carencia de técnicas y herramientas de soporte a la toma de decisiones, que contribuyan a mejorar el desempeño de su actividad productiva. Además los altos inventarios provocados por compras sin una ordenada solicitud, los equipos de construcción con más de 20 años de trabajo, el escaso conocimiento de los directivos de la empresa acerca de los sistemas de gestión de la producción, las herramientas existentes de ayuda a la toma de decisiones, así como los costos de implementar algunos de ellos, ha dificultado la adopción e implementación de los mismos como vía para una mejor planificación de la producción.

Dada la prioridad que tiene el cumplimiento del plan de producción para el logro de los objetivos y metas trazadas en la empresa, resulta de vital importancia que en la misma se realice una adecuada elaboración de los planes de producción en cuanto a su composición y estructura que posibilite aprovechar al máximo la capacidad de producción existente y permita además, lograr una estabilidad en cuanto a la remuneración recibida por los trabajadores para una mayor satisfacción de los mismos, de esta manera se logra una mayor satisfacción del cliente en cuanto al cumplimiento de plazos de entrega así como un aumento en la eficiencia y eficacia del trabajo.

Resultado de lo anterior se detecta que la planificación de la producción no se realiza con un enfoque científico, sino se han basado en la experiencia de trabajadores y en las estadísticas de años anteriores, que carecen de estrategias y acciones adecuadas en función de las condiciones y exigencias actuales del mercado competitivo; que en su conjunto conforman la situación problemática existente.

En correspondencia con lo antes expuesto, el problema científico de la presente investigación se define como la inexistencia de una herramienta apropiada para la planeación de la producción, que permita planear y diagnosticar la producción y que sea utilizada como soporte para la toma de decisiones en la empresa.

Por su parte, la hipótesis de la investigación se define como: La elaboración de una herramienta para la planeación de la producción, que sea utilizada como ayuda en la toma de decisiones, en la empresa ECOING # 25, permitirá determinar, una mejor utilización y aprovechamiento de los recursos y medios disponibles.

Esta hipótesis quedará validada si al diseñar y aplicar el procedimiento, se logran:

- Detectar las oportunidades de mejora y si dichas oportunidades tienen un impacto estimado sobre la efectividad del proceso de organización y planificación de la producción, mostrando un comportamiento superior integralmente.
- Ofrece un resultado factible de aplicación en la empresa objeto de estudio.
- Permite elevar la eficiencia de los recursos asociados a la capacidad de producción instalada.

El objetivo general que se persigue con el desarrollo de la investigación consiste en proponer una herramienta para la planeación de la producción que permita una mejor utilización de los recursos y medios a partir de un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva instalada y con ello una mayor satisfacción de la demanda de la empresa. De ello se derivan los objetivos específicos siguientes:

- Identificar principales procedimientos, metodologías y herramientas que permitan desarrollar la planeación de la producción.
- Proponer un procedimiento para la planificación de la producción en la empresa, definiendo las técnicas necesarias.
- Aplicar el procedimiento propuesto

La investigación que se proyecta posee además un valor teórico, metodológico, práctico y social.

**Su valor teórico** está dado por la posibilidad de construir un marco teórico referencial., derivado de la consulta de la literatura internacional y nacional más actualizada, sobre definiciones y criterios presentados por varios autores alrededor de diferentes elementos acerca del proceso de planificación de la producción.

**Su valor metodológico** se manifiesta a través del propio desarrollo del procedimiento para la planificación de la producción propuesto integrando conceptos y herramientas analíticas que podrán ser aplicadas a otros objetos de estudio con similares propósitos adaptándolo a las características propias que presente.

**El valor práctico** queda demostrado a través de la factibilidad de aplicación de un procedimiento que permita mejorar la planificación de la producción es de gran utilidad práctica porque además de ayudar a resolver problemas reales en dicha entidad podrá ser utilizado por otras empresas y por otros investigadores que deseen estudiarlo para su uso o perfección.

**Su valor social** radica en la potencial contribución al mejoramiento de la gestión y efectividad de la actividad productiva, lo cual., desde una dimensión interna, se traduce en una mejora de la calidad de vida en el trabajo, enriquecimiento y potenciación del factor humano, etc. Y desde una dimensión externa, en un mejor servicio de entrega al cliente interno a partir de que ofrece resultados de mayor

eficiencia, productividad y capacidad de generación de ganancias que, en conjunto, tributan una mayor riqueza y bienestar social.

El trabajo se estructurará en tres capítulos fundamentales.

Capítulo I: Se presenta el marco teórico referencial de la investigación que sintetiza los antecedentes encontrados sobre el objeto de estudio práctico, así como los principales conceptos y enfoques relacionados con el tema a tratar y la selección del procedimiento a utilizar.

Capítulo II: Propuesta del procedimiento para mejorar el sistema de planificación de la producción en la ECOING # 25.

Capítulo III: Aplicación del procedimiento para mejorar el sistema de planificación de la producción en la ECOING # 25.

## CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN

La revisión de la literatura especializada, así como de otras fuentes bibliográficas y referenciales consultadas, se estructuró de forma tal que permitiera el análisis del estado del arte y de la práctica sobre el temático objeto de estudio, permitiendo sentar las bases teórico-prácticas de la investigación. Para ello se elaboró un hilo conductor que se muestra en la **Error! Reference source not found.**

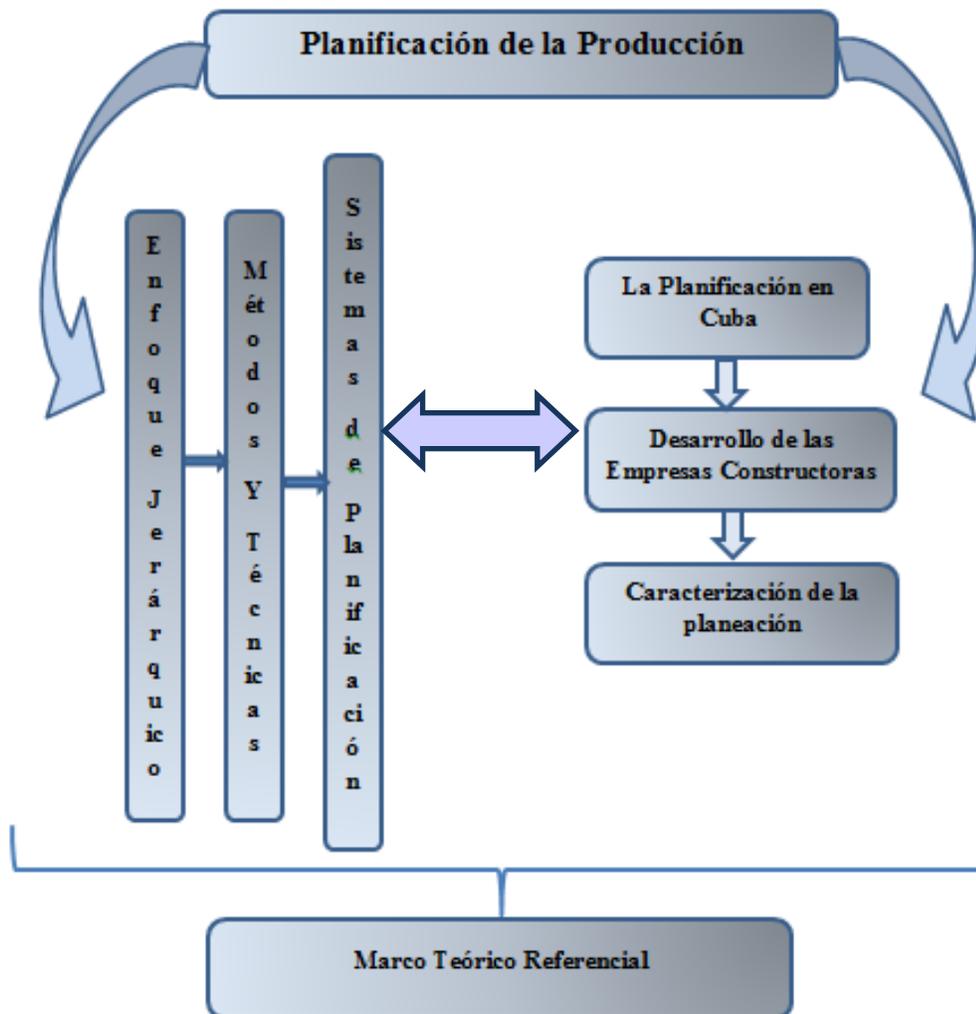


Figura 1. Hilo conductor seguido para la construcción del marco teórico –referencial de la investigación (Fuente: Elaboración propia).

## 1.1 Gestión de producción. Conceptos básicos

La gestión de la producción es 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 (Monks, 1991)

La gestión de la producción es una materia que sigue tomando hoy la importancia que realmente tiene para el futuro económico, no sólo de las empresas, sino también de los países (Díaz, 1993). Este papel clave dado a esta función de operaciones, justifica la teoría de que la producción no sólo debe ser el lugar donde se producen los productos y servicios de la organización, sino que debe ser también donde se fortalezca la empresa como entidad competitiva.

La gestión tiene varios subsistemas entre los que se encuentran:

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

La gestión de la producción incluye varias funciones como: 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.

La administración de operaciones según (Schroeder, 2005) es 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 correspondencia con los objetivos de la organización. Bueno (Schroeder, 2005) define 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.

Autores como (Heizer y Render, 2001) plantean que 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 organización, planificación, dirección 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.

Si se resume la gestión de la producción en las acciones de organizar, planificar y controlar, es posible apreciar la gran importancia que para las empresas representa hacer una buena gestión de la producción.

Son varios los autores que han trabajado los conceptos de organización y planificación; entre ellos, (Fundora Miranda, 1987) define 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 piensan 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, 1997).

Una definición más enfocada a la competitividad del sistema de producción, la definiría como el “conjunto de decisiones sobre los objetivos, políticas y programas de acción en producción, coherentes con la misión del negocio, a través de las cuales una empresa compite y trata de obtener cierta ventaja sobre la competencia” (Ibarra Mirón, 2003). (Miltenburg y Sinnamon, 1995) destaca la necesidad de formalización de la estrategia de producción, señalando que cuando esta se concibe e implementa por medio de un proceso “formal” las decisiones siguen una pauta clara y lógica, pero cuando no es así, la pauta tiende a ser errática e imprevisible.

La planificación de la producción constituye una de las etapas fundamentales dentro de la empresa. Su proceso se desarrolla mediante la utilización de distintas técnicas, las cuales dependen del tipo de producto/servicio a comercializar, de las características de la empresa y de su estructura organizativa. Los modernos sistemas de planificación de la producción (MRP, JIT, nuevas tecnologías de la información) son utilizados por aquellas empresas que se dedican a la fabricación de productos estandarizados mediante un proceso de producción continua.

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

Existe una correspondencia lógica entre la planificación de la producción y la planificación empresarial. Se consideran (Hampton y R, 1983) tres etapas básicas de la planificación empresarial., estas etapas son las siguientes:

- Planificación Estratégica: Actividad desarrollada por la alta dirección para establecer los planes a largo plazo, objetivos y estrategias. Generalmente para un período de 3 a 5 años.
- Planificación Operativa: Se concretan los planes estratégicos y objetivos globales de la empresa para cada una de las áreas y sub-áreas funcionales, llegándose a un elevado grado de detalle.
- Planificación Adaptativa: Se establecen las medidas correctivas necesarias para eliminar las posibles divergencias entre los resultados y los objetivos relacionados con ellas.

Existe un criterio generalizado (Khanna, 2015), (Adam y Ebert, 1991), (Manguzzato y Piqueras, 1991), (Dilworth, 1989), (Noori y Radford, 2000) en cuanto a la existencia de un nivel intermedio entre el plan estratégico y el operativo, denominado táctico o de medio plazo. En este nivel intermedio se incluyen una serie de planes que, por sus características, no pueden estar dentro de la planificación estratégica o la operativa.

La planificación y control de la producción debe tener entonces un enfoque jerárquico (Schroeder y Olaeta, 1992), (Adam y Ebert, 1991), (Luezas y Hidalgo, 2001), (Heizer et al., 2001), (Noori y Radford, 2000), (Schneeweiss, 1998), (Chase et al., 2000) que permita la coordinación entre los diferentes niveles y la integración de las diferentes funciones, aspecto que se considera de trascendental importancia para perfeccionar este proceso en la empresa cubana y que está acorde con lo planteado en las bases generales para el perfeccionamiento empresarial (Colectivo y GEPE, 1999).

Son varias las formas en que puede estructurarse el proceso de planificación y control de la producción con un enfoque jerárquico (Companys Pascual, 1989), (Fernández, 1993), (Fogarty, W et al., 1999), (Alttec, 1999), (Heizer y Render, 2001), (Vollmann, Berry et al., 1995), (Chase, et al., 2000), diferenciándose, fundamentalmente, en cuanto a las decisiones a corto plazo, ya que la mayoría de los autores norteamericanos ubican la programación maestra y la determinación de las necesidades de materiales dentro del mediano plazo y los europeos dentro del corto plazo; sin embargo, plantean (Krajewski y Ritzman, 2000) que los diferentes tipos de planes se encuentran en el nivel operativo.

### **1.3 Técnicas y métodos en planificación de la producción**

El enfoque jerárquico de la planificación de la producción el que permite según (Hax, 1993) la coordinación entre los objetivos, planes y actividades de los niveles estratégicos, tácticos y operativos. Se hace necesario conocer los métodos y las técnicas más usadas en cada nivel.

#### **1.3.1 Técnicas de pronóstico**

Según (Dominguez Machuca, 1995), son empleadas en todas las etapas de la planificación, pronóstico es el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y sirven como punto de partida no sólo para elaborar los planes estratégicos, sino además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones visualizar de manera aproximada los conocimientos futuros, eliminar en gran parte la incertidumbre y reaccionar con rapidez a las nuevas condiciones con algún grado de precisión.

Existen diversos criterios para la clasificación de las técnicas de pronósticos, algunos autores como (Adam y Ebert, 1991), (Noori y Radfort, 1998), (Heizer y Render, 2001) los clasifica en cualitativos, cuantitativos y causales. Por otra parte, (Chase et al., 2004) ofrecen una clasificación similar en cualitativos, de series de tiempo y causales, donde se incluyen los modelos de simulación.

Los métodos cualitativos se basan, fundamentalmente, en el conocimiento humano y efectúan las estimaciones futuras a partir de informaciones cualitativas, tales como, opiniones de uno o más expertos, analogías, comparaciones, etcétera. En ocasiones son conocidas como técnicas subjetivas. Estos pronósticos deben utilizarse cuando los datos del pasado no resulten confiables como indicadores de las condiciones del futuro. También deben utilizarse para la introducción de nuevos productos cuando no se dispone de una base de datos histórico. La mayoría es de bajo costo y no requieren de equipo computacional para realizarse, aunque su planeación implica una gran inversión de tiempo por parte de los directivos. En el **Anexo 1** se resumen algunas características de los métodos cualitativos referidos en (Robaina, 1996), (Schroeder y Olaeta, 1992), (Domínguez Machuca, 1995).

Los métodos por series de tiempo se fundamenta en la recogida de unos conjuntos ordenados de observaciones para varios períodos iguales de tiempo, que indican, la evolución de los valores de las variables objeto de estudio en el tiempo y se trata de extrapolar ese comportamiento hacia el futuro. Se utilizan para hacer el análisis detallado de los patrones de demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro.

Una suposición de estos métodos es que la demanda se puede dividir en componentes como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclos y error. Los modelos de series de tiempo son esencialmente útiles para pronosticar a corto y mediano plazo. Una serie de tiempo puede verse como la representación de los resultados de la variable aleatoria de interés a lo largo de un período fijo, por lo general., registrado a intervalos igualmente espaciados ver (Companys , 1990), (Hillier y Lieberman, 1990), (Kazmier et al., 1993). Su costo tiende a ser bajo, excepto para algunas técnicas

como Box-Jenkins, que implica un programa. Existen muchos métodos que hacen uso de esta información, alguno de los cuales se abordan más adelante.

Los métodos causales desarrollan un modelo de causa y efecto entre la demanda y otras variables. El tiempo no es la variable independiente base, para la recogida de la información, sino que se suponen establecidas unas relaciones determinadas entre algunas de las variables que intervienen y se trata de determinar cuáles son exactamente esas relaciones. Se pueden obtener datos sobre estas variables y efectuar un análisis para la validez del modelo propuesto. Suponen que la demanda de un artículo depende de uno o más factores independientes. Son muy útiles a corto y mediano plazo.

Según (Schroeder y Olaeta, 1992), (Domínguez Machuca, 1995) existen diferentes técnicas de series de tiempo y causales. En el **Anexo 2** se resumen algunas técnicas.

En el caso de la ECOING # 25 se generan y evalúan los planes basándose en el comportamiento de períodos pasados, en datos de los estados financieros, controles del área de producción y por la experiencia e intuición del personal que participa en el proceso de planificación, se adolece del uso de gráficos, técnicas y métodos científicos para realizar dicho proceso fundamentalmente por la falta de preparación del personal.

### **1.3.2 Técnicas para la planeación estratégica**

Anteriormente se planteó la importancia de una planificación y control de la producción en las empresas, pero es necesario tener en cuenta en cualquier planificación las estrategias necesarias a seguir para lograr los objetivos de la empresa por eso este epígrafe está dedicado especialmente a ese tema.

No existe un consenso acerca de la definición de estrategia y existen tantos conceptos como autores, aunque si se estudian estas definiciones detenidamente, se podrá observar que abordan determinados factores como componentes clave de una estrategia (Alonso, 2011):

- Reconocen que la estrategia permite orientar las decisiones para lograr la meta propuesta, asignándoles los recursos y estableciendo las principales acciones para su logro.
- Es un fenómeno objetivo. Las condiciones del entorno surgen quieran o no, sus participantes sean advertidas o no; y pueden afectar o no a la empresa.
- Tiene un carácter dinámico por la inestabilidad del entorno.

#### Estrategia general de la empresa

Las empresas no sólo tienen que buscar continuamente cómo adaptarse al entorno competitivo para garantizar su continuidad, sino cómo sacar provecho de las oportunidades que este entorno les brinda para poder aumentar su competitividad.

Para que una organización sea exitosa, sus gerentes y líderes deben dirigir a su gente para que (Anónimo, 2009): 1) hagan las cosas correctas y 2) hagan las cosas correctamente. La segunda, hacer las cosas correctamente, entra en el campo de la efectividad y otras habilidades gerenciales.

La primera, hacer las cosas correctas, es la estrategia empresarial (o estrategia corporativa o estrategia de negocio). La estrategia corporativa es de gran importancia para cualquier empresa, pequeña o grande. En las grandes empresas, suelen ser los altos niveles gerenciales quienes se ocupan del tema estratégico; sin embargo, a medida que un individuo asciende en la escala, tiene que ir pensando cada día más en forma estratégica.

La dirección estratégica, es el resultado de la presencia de un entorno turbulento, en el cual la organización que no sea capaz de adaptarse o anticiparse a los cambios, está condenada al fracaso. En esta etapa, se formulan las decisiones estratégicas empresariales y se definen los soportes organizacionales, así como el sistema de control para la puesta en práctica del sistema estratégico (Llorca-Díaz, Robles-García et al., 2005). La aplicación de la dirección estratégica, puede llevar a la empresa a una atención constante de los aspectos del entorno que afectan la empresa y que son susceptibles al cambio, incitando en los directivos en los distintos niveles de decisión de la empresa, la necesidad de afrontar y provocar cambios en el entorno (Carballal del Río, 2001).

#### Formulación de la estrategia empresarial

Formular la estrategia de una organización, implica tres grandes pasos:

- Determinar dónde estamos: analizar la situación tanto interna como externa, a nivel micro y macro. Para esto son útiles herramientas como la matriz DAFO.
- Determinar a dónde queremos llegar: esto implica establecer la misión, visión, valores y objetivos, tanto a nivel corporativo como a nivel de unidad de negocio.
- Determinar cómo llegar hasta allí: es decir, el plan estratégico – la serie de decisiones que se deben tomar, basadas en factores como:
  1. Qué productos y servicios ofrecer
  2. Qué demandas del mercado satisfacer

3. A qué segmento de clientes atender
4. Qué tecnología utilizar (o desarrollar)
5. Qué método de ventas utilizar
6. Qué forma de distribución utilizar
7. Qué área geográfica atacar

Los procesos de planeación y control de la producción de inventario son parte integral de la infraestructura de la estrategia de fabricación.

Para competir con eficiencia en el mercado global que prevalece en la actualidad, es necesario tomar en cuenta un nuevo conjunto de factores. Las empresas manufactureras ya no compiten en lo referente a los costos; ahora la competencia está relacionada con la calidad, el tiempo, el servicio, la flexibilidad y la disponibilidad.

#### Estrategia de operaciones

La estrategia de operaciones (Anónimo, 2014) se basa en un plan a largo plazo que busca mejorar la competitividad de la compañía. Parte de un análisis del entorno, del mercado y de los competidores, así como un estudio de los recursos internos disponibles, para fijar unos objetivos y una hoja de ruta. La programación de las acciones y el seguimiento para medir si se cumplen los objetivos en el plazo marcado son elementos clave.

Una perspectiva enfocada a la competitividad del sistema de producción, la definiría como el conjunto de decisiones sobre los objetivos, políticas y programas de acción en producción, coherentes con la misión del negocio a través de las cuales la empresa compite y trata de lograr cierta ventaja sobre la competencia (Ibarra Mirón, 2003).

El objetivo final de la estrategia de operaciones es el de encontrar una ventaja competitiva que diferencie claramente a la compañía de sus competidores. Se trata de que el valor agregado del producto o servicio ofrecidos justifique un precio superior en el producto final que el cliente esté no solo dispuesto a pagarlo, sino satisfecho de hacerlo. Esta ventaja debe ser sostenible en el tiempo y de difícil imitación, entre otras cualidades.

De acuerdo con esta afirmación se plantea que (Domínguez Machuca, 1995): la estrategia de operaciones constituye un plan a largo plazo para el subsistema de operaciones, en el que se recogen los objetivos a lograr y los cursos de acción, así como la asignación de recursos a los

diferentes productos y funciones. En consonancia con lo anterior, se plantea, que las dos funciones básicas que ha de cumplir la estrategia de operaciones son:

1. Servir como marco de referencia para la planificación y control de la producción, de la cual es su punto de partida.
2. Marcar las pautas que permitan apreciar en qué medida el subsistema de operaciones está colaborando el logro de la estrategia corporativa.

Es vital que la estructura de operaciones determinada por la estrategia de posicionamiento quede vinculada a los planes de producción del producto y a las prioridades competitivas que quedaron definidas en la estrategia empresarial. Esta vinculación asegura no solo que la estrategia de operaciones apoye a la estrategia empresarial sino también que la producción tome un papel protagónico y se pueda entonces utilizar como arma competitiva (Gaither y Frazier, 2000).

La estrategia de operaciones no se puede diseñar en el vacío, debe vincularse verticalmente con el cliente y horizontalmente con otras partes de la empresa (Krajewski y Ritzman, 2000), (Chase et al., 2004). Deben existir vínculos entre las necesidades del cliente, las prioridades del desempeño y los requerimientos para las operaciones, así como las capacidades de operación y de recursos conexos de la empresa para satisfacer esas necesidades, en la cima de esta estructura está la visión estratégica como punto guía.

Las relaciones propuestas por (Schroeder ,1992) como modelo de estrategia de operaciones se presentan en el **Anexo 3**, donde los elementos centrales de la estrategia de operaciones son la misión, que define el propósito de operaciones, la competencia distintiva que es lo que se hace mejor que los competidores, los objetivos que son el costo, la calidad, la entrega y la flexibilidad y por último las políticas que no son más que decisiones estratégicas que guían la toma más detallada (táctica) de decisiones en las áreas del proceso, capacidad, inventarios, fuerza de trabajo y calidad. Los demás elementos son insumos o productos del proceso de desarrollo de la estrategia de operaciones. Todo lo anteriormente descrito debe conjugarse de manera que conduzca a la empresa a alcanzar ventajas competitivas (Ruano Jiménez, 2014).

La estrategia de operaciones involucra múltiples áreas fundamentales para la buena marcha de la empresa. Las áreas de decisión sobre las que inciden abarcan ámbitos diversos, como el proceso de generación del bien o servicio, las inversiones de capital., los ritmos de capacidad productiva, la rotación de stocks o mantenimiento de inventarios, la previsión de compras, además de la política de personal y el control de calidad, por poner algunos ejemplos.

### 1.3.3 Técnicas empleadas en la planificación agregada

Según (Ramos Gómez, 2002) el establecimiento del plan agregado se puede considerar complejo, ya que viene condicionado por varios factores tales como: las distintas fuentes generadoras de demandas, los objetivos estratégicos, las disponibilidades de los recursos materiales y financiación. El mismo debe responder a las necesidades de producción derivadas de la demanda prevista, para resolver esto tiene dos posibilidades:

- Actuar sobre la demanda, pudiéndose lograr a través de acciones comerciales como variación del precio, generación de nuevos productos y promociones.
- Actuar sobre la capacidad, aumentándola para adaptarse a la demanda mediante medidas de ajustes.

Dentro de las técnicas para llevar a cabo la planificación agregada se encuentran: las de prueba y error, los métodos analíticos y la simulación (Noori y Radfort, 1998), (Krajewski et al., 1999); (Schroeder, 2005), (Chase et al., 2004).

La técnica de prueba de error es de fácil comprensión al ser tablas y gráficos, pero tiene como desventajas que la mecánica de cálculo es larga y es muy difícil llegar a la mejor solución.

Los métodos analíticos requieren del uso de la computación entre ellos se encuentran: la programación lineal., programación lineal de transporte, programación cuadrática, técnicas heurísticas.

La simulación, fue empleada en Cuba por (Ramos Gómez, 2002) en su tesis doctoral donde elabora un modelo representativo del sistema estudiado, simulándose el resultado en dependencia de los cambios que se hagan en las variables que lo integran. Ofrece grandes ventajas con el desarrollo de la informática al poder probar a un gran número de alternativas.

Las tres técnicas tiene como desventajas precisamente la complejidad inherente a su aplicación y por ende, la necesidad de personal capacitado.

#### **1.3.4 Técnicas empleadas en la programación maestra de producción (PMP)**

Según (Domínguez Machuca, 1995) la programación maestra de la producción es fundamental porque permite establecer la cantidad de productos a producir y en qué periodo de tiempo y para ello debe concretar el plan agregado, tanto en cantidad como en tiempo y obtener un plan aproximado de capacidad.

Para obtener el PMP se han desarrollado algunos modelos analíticos (Domínguez Machuca, 1995); (Fogarty et al., 1991), (Schroeder, 2005) y de simulación, que presentan de los mismos problemas de las técnicas de la planificación agregada.

Después que se ha determinado el PMP, es necesario determinar si es factible desde el punto de vista de la capacidad, para esto pueden usarse técnicas como las sugeridas por (Vollmann y Whybark, 2000): la planificación de capacidad usando factores agregados, la lista de capacidad y los perfiles de recursos.

Según (Ramos Gómez, 2002) esta etapa engloba un grupo de actividades dentro de las empresas fabriles, las cuales están encaminadas a programar, controlar y evaluar las operaciones de producción. De acuerdo con (Dilworth, 1989) los objetivos de esta etapa son lograr el cumplimiento del nivel de servicio al cliente y realizar la producción al menor costo posible que generaliza el criterio de muchas de ellas. Para el logro de estos objetivos es necesario realizar un conjunto de acciones que den respuesta a las interrogantes siguientes:

- ¿Cuándo se puede emitir una orden de producción?
- ¿Qué órdenes ejecutan en cada puesto?
- ¿En qué orden se realizan los trabajos?
- ¿Cuándo debe comenzar y terminar cada trabajo?
- ¿Existen divergencias entre lo planificado y los resultados de la ejecución?

Para dar respuesta a la primera interrogante es necesario comprobar si existen los materiales necesarios para la elaboración del pedido y si la disponibilidad de capacidad es suficiente o no. Cuando existen problemas deben propiciarse medidas de ajuste (Alonso Martínez, 2002). Una vez que se logre el pedido es que se emite la orden de producción, para llegar a cumplimentar esta es necesario realizar la asignación, secuenciación y programación detallada para dar respuesta a las interrogantes restantes ( Ramos Gómez, 2002).

Autores como (Dilworth, 1989) y (Schroeder, 2005) plantean que son diversas las técnicas que permiten cumplimentar dicha actividad, entre las fundamentales están: el método de prueba y error basado en gráficos de Gantt, el método húngaro, las soluciones heurísticas y los modelos particularizados de la programación lineal. La secuenciación es la actividad para establecer las secuencias de paso de los pedidos por los centros de trabajo para cumplir las fechas de entrega con el menor volumen de inventario y recursos disponibles. La forma de desarrollarla dependerá del tipo de configuración que se trate (Ramos Gómez, 2002). Sin embargo, en muchos casos su aplicación

práctica es difícil de implementar debido a lo restrictivos de la hipótesis de partida y de la complejidad de los problemas en los cuales el número de soluciones a rastrear es muy alto.

La programación detallada es la actividad que pretende dar respuesta a cuál debe ser el momento de inicio y fin de cada trabajo en los respectivos centros de trabajo (Ramos Gómez, 2002), (Alonso Martínez, 2002). Las técnicas más usadas según el criterio de varios autores (Vollmann y Whybark, 2000), (Fogarty et al., 1991), (Heizer y Render, 2001), (Schroeder, 2005), (Chase et al., 2004) son: la programación hacia delante y hacia atrás utilizando gráficos de Gantt, la lista de expedición y la programación a capacidad finita.

Al tratar los epígrafes anteriores se ha podido apreciar que son muy variadas las técnicas para la organización, planificación de la producción por lo que para su aplicación es indispensable el conocimiento de las características particulares de cada empresa.

#### **1.4 Sistemas de planificación de la producción**

Según (Al Hussien, 1995) existen diferentes alternativas de sistemas de gestión de la producción, acorde a las características propias del proceso productivo (variedad, volumen de producción, complejidad del producto, nivel técnico y tecnológico, etc.), cuyo objetivo es controlar el proceso de producción dentro del sistema empresarial. La utilización de un sistema u otro depende de la estrategia de producción que siga la organización y la estructura espacial del proceso productivo. La clasificación de los sistemas de la producción en clásicos y modernos dada por (Al Hussien, 1995), facilita su estudio y permite además identificar las ventajas de los sistemas modernos.

##### **1.4.1 Sistemas clásicos**

Los métodos utilizados en las primeras décadas del siglo XX son los llamados clásicos, que surgen desde que Taylor y sus seguidores (Gilbreth, Rowan, Gantt, entre otros) crearon la dirección científica de las plantas industriales, ocupando un lugar preponderante en la teoría e incluso en la práctica, debido a razones históricas y a que su útil básico, la estadística matemática, era totalmente conocida y estaba perfectamente asimilada en el ámbito académico (Maynard, 1984), (Salvendy, 2001).

Dentro de estas técnicas y métodos se incluyen, entre otros, el punto de pedido, gráficas de Gantt, ruta crítica, línea de balance (LOB) y el estudio del trabajo. Estas parten de la descomposición del sistema de toma de decisiones en diferentes niveles jerarquizados con la ayuda de un sistema soporte de información fundamentalmente manual., que debe garantizar la retroalimentación de la información generada en las diferentes partes del sistema físico al sistema de toma de decisiones

(Maynard, 1984), (Fundora Miranda, 1987). Como aspectos comunes a estos sistemas clásicos se encuentran los siguientes:

- Énfasis en el enfoque analítico, o sea, diferenciación de funciones y especialización por tales funciones.
- Énfasis en la racionalización científica de las funciones aisladas, tratando de buscar estándares objetivos de control, sobre todo de optimizar el desempeño de cada función. Prima el aspecto funcional frente al global o sistémico.

En la práctica, estos métodos clásicos pasan a ser métodos de gestión de Stock, debido a la imposibilidad de calcular exactamente en plazos razonables (por falta de datos y capacidad para procesarlos) las cantidades exactas de material necesario en función de la demanda, realmente lo que se calcula es el nivel de existencias que debería haber de cada material en el almacén en función de la historia de consumo, para garantizar con determinada probabilidad que dichos productos estarán disponibles cuando se lance la orden de fabricación. Aun así, es habitual que en el momento de lanzar la orden de fabricación no estén los materiales necesarios disponibles por diferentes causas, entre ellas:

- El cálculo probabilístico del stock de seguridad.
- El consumo previsto se supone una función continua.
- Errores en el procesamiento de los datos.

Estos hechos, sumado a los cambios ocurridos a partir de los años 60, caracterizados por (Ochoa Laburu y Arana Pérez, 1996) y (Ochoa Laburu, 1990) como sigue:

- Desarrollo de la informática comercial para uso empresarial.
- Éxito de las empresas japonesas.
- Alta tasa de innovaciones tecnológicas.
- Cambios constantes en el mercado.

Necesidad de las empresas de ser más competitivas cada día, apreciando un mejor servicio al cliente en calidad, precio, volumen y plazos, hacen que los sistemas clásicos no estén en correspondencia con las condiciones actuales y resulta indispensable la búsqueda de nuevos sistemas.

#### **1.4.2 Sistemas modernos**

## Sistema MRP

El desarrollo del sistema MRP (Planificación de Requerimientos de Materiales) a finales de los sesenta y principios de los setenta supuso una revolución en los sistemas de planificación de la producción en el mundo occidental. Un sistema MRP transforma un plan maestro de producción (PMP) en un programa detallado de necesidades de materiales y componentes requeridos para la fabricación de los productos finales utilizando, para ello, las listas de materiales. El MRP se basa en dos conceptos fundamentales: la explosión bruto a neto y la programación hacia atrás de las necesidades. La gran diferencia respecto a las, entonces, tradicionales técnicas de gestión de stocks por punto de pedido o aprovisionamiento periódico, fue el adecuado tratamiento de la demanda dependiente de los componentes y materias primas, frente a su tratamiento como demanda independiente por dichas técnicas. El cálculo no tiene en cuenta disponibilidades de tiempo ni de capacidad, por lo que las salidas generadas deben analizarse para determinar su factibilidad. Una infactibilidad temporal obliga a la modificación del Plan Maestro de Producción, mientras que una infactibilidad por capacidad podría ser resuelta modificando los procedimientos de notificación. Respecto a la dimensión temporal., generalmente los sistemas MRP planifican sobre una base periódica (usando períodos de tiempo discretos), aunque también existen sistemas de período continuo. Una descripción más detallada de los procedimientos de cálculo de un sistema MRP puede encontrarse en (Orlicky, 1975), (Vollmann y Whybark, 2000) y (Hopp y Spearman, 2004).

El sistema MRP no considera ninguna restricción de capacidad. Básicamente, todos los problemas de capacidad posibles deben absorberse por el establecimiento apropiado de los tiempos de entrega. Este hecho fue considerado como una gran desventaja, lo que condujo a la evolución hasta el MRP de Bucle Cerrado y a los sistemas MRP II (Planificación de los Recursos de Fabricación) (Wight, 1981), (Vollmann y Whybark, 2000). Un sistema MRP II está compuesto de una variedad de funciones entrelazadas: planificación de negocio, ventas y operaciones (planificación de la producción), PMP, MRP, Planificación de Requerimientos de Capacidad (CRP) y sistemas de apoyo a la ejecución para materiales y capacidad. Los resultados y salidas de estos sistemas están integrados con informes financieros como el plan de negocio, informe de compromisos de compra, presupuesto de envíos, previsiones de inventario en unidades monetarias, etc.

El módulo de Gestión de la Producción de un MRP II mantiene el sistema MRP como el motor conductor de los programas de producción a nivel operativo. Para el nivel táctico, incorpora funciones como el Cálculo de la Capacidad Aproximada (RCCP), donde se especifica de forma global la capacidad requerida, y la función CRP para cálculos de la capacidad más detallados en el nivel operativo. Sin embargo, estos dos nombres podrían confundir, ya que ambas funciones no trabajan

con cargas de capacidad finita, es decir, enlazando automáticamente las cargas requeridas con las disponibles, sino que comprueban, con mayor o menor detalle, si la capacidad disponible es suficiente para hacer factible el PMP/MRP propuesto. En caso negativo, el sistema genera una serie de mensajes de acción con los que un planificador podría decidir si generar un PMP alternativo o si ajustar capacidades. Por último, el sistema de control de planta proporciona un control detallado en el nivel operativo. Por su naturaleza, los sistemas MRP II requieren un extenso soporte administrativo. Una aplicación de estos conceptos en una PYME se encuentra en (Mula y Poler, 2001). (Petty et al., 2000) han afirmado que la base fundamental del MRP/MRP II es errónea, es decir, la programación se basa en tiempos de entrega y tamaños de lote previamente establecidos con capacidad infinita. Muchas empresas programadoras ofrecen herramientas de programación de capacidad finita diseñadas para funcionar junto con los paquetes MRP II, estos sistemas se denominan SIS (Programación de intervalo corto). Estas herramientas proporcionan una programación detallada con capacidad finita al mismo tiempo que mantienen la estructura de la base de datos del MRP II. (Petty et al., 2000) muestran que, para que tales híbridos tengan éxito, es necesario considerar todo el sistema globalmente. Además, concluyen que los sistemas SIS funcionan bien en entornos con productos simples, en casos más complejos, se necesita asegurar la consistencia entre los diferentes niveles de la lista de materiales. Un enfoque alternativo es utilizar un sistema SIS de una forma más simplificada como una herramienta de simulación para verificar un plan de producción.

Un sistema MRP II no integra realmente la planificación de los materiales y la planificación de las capacidades. Tampoco planifica contra capacidad finita y, además, no genera planes de producción alternativos en el caso que algunos materiales o componentes no estén disponibles cuando son planificados (cantidades erróneas, calidad inferior, etc.) Diversos autores han criticado estas deficiencias propias del sistema MRPII, ver (Lambrecht y Decaluwe, 1988), (Al-Hakim y Jenney, 1991), (Van Donselaar, 1992), (Hopp y Spearman, 2004) y (Chase et al., 2004).

(Hendry y Kingsman, 1989) resaltan la falta de criterio que está presente en la fase de aceptación de los pedidos de los clientes. En su lugar, un MRP II determina el impacto aproximado de un PMP sobre el plan detallado. Básicamente, trata el mundo como si fuera determinista, y las posibles incertidumbres del entorno y/o sistema tienen que absorberse a través del establecimiento de tiempos de entrega que tienden a crecer más y más (Ho, 1989).

(Koh et al., 2002) presentan una revisión de la literatura existente sobre incertidumbre bajo entornos MRP destacando la necesidad de desarrollar una estructura que pueda identificar la incertidumbre significativa y que, además, considere de forma combinada todas las incertidumbres posibles. Por otro lado, los procedimientos clásicos de resolución aplicados en entornos MRP/MRP II no optimizan

las decisiones de producción. El sistema MRP minimiza el inventario pero sólo planifica órdenes cuando el balance del stock es negativo. Con el objetivo de obtener soluciones óptimas en relación con la minimización de costes o maximización de beneficios. (Billington et al., 1983), (Escudero y Kamesam, 1993), (Rota et al., 1997) y (Mula y Poler, 2001) han estudiado el modelado del MRP/MPR II a través de modelos de programación matemática.

Los sistemas MRP II son los más utilizados para la planificación de la producción (Jonsson y Mattsson, 2002). La tecnología que ha envuelto a los sistemas MRP II ha ido evolucionando conforme lo han hecho las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Los sistemas MRP II pasaron, con el tiempo a denominarse ERP (Planificación de Recursos Empresariales), sin embargo no todos los ERP integran un módulo gestión de la producción basado en los sistemas PMP, MRP, RCCP y CRP.

Algunas empresas tienen problemas para implementar exitosamente un sistema MRP II/ERP (White et al., 1982); (Jonsson y Mattsson, 2002). Los sistemas MRP II actuales requieren un gran esfuerzo de configuración de parámetros, tales como, tamaños de lote, stocks de seguridad, tiempos de entrega y otros. Sin embargo, en muchos casos, estos sistemas no proporcionan ninguna ayuda al usuario para el establecimiento de tales valores.

Debido a las condiciones con las que cuenta la entidad objeto de estudio ninguno de los sistemas de planificación de la producción antes mencionados es aplicables a esta pues la empresa ejecuta obras que son indicadas por el organismo superior el cual prioriza los sectores de interés estatal ya sean sociales o económicos los cuales se realizan de acuerdo a las capacidades existentes. Además la empresa se dedica a prestar servicios de realización de obras de ingeniería por lo que resulta muy complicado la planificación ya sea por los métodos clásicos o por los modernos existentes por lo que se propone con esta investigación establecer métodos que tengan en cuenta las características especiales del proceso.

### **Sistema Justo a Tiempo**

En los años ochenta, algunos autores empezaron a desafiar la ortodoxia del sistema MRP II. (Schonberger, 1982) argumentó que los sistemas MRP II son engorrosos de manejar, insuficientemente pro-activos y que simplemente aceptan las limitaciones inherentes a los sistemas de fabricación. Este autor promovió la filosofía justo a tiempo (JIT) que enfatizaba los sistemas de control simples.

Los entornos de producción JIT están caracterizados por el trabajo en pequeños lotes y el control de la producción por medio de un sistema de información denominado Kanban. Se trata de un sistema

de información simple de transmisión de órdenes de pedido, originariamente mediante tarjetas. La complejidad se manifiesta en la puesta en funcionamiento del sistema, en el cálculo del número más adecuado de tarjetas a poner en circulación. Obviamente, el número de tipos de productos que circulará por una línea de producción tiene que ser limitado para evitar stocks de seguridad de muchos productos diferentes entre las estaciones de trabajo. Se consiguen mejoras en la capacidad de respuesta ante los cambios de demanda y se reducen enormemente los inventarios entre procesos. Una estación en la cadena de producción procesará un lote, solo si éste es reclamado por la estación posterior. Bajo este sistema, calidad y fiabilidad se convierten en características esenciales de este proceso de fabricación.

Lo que claramente distingue a los sistemas JIT de los sistemas MRP es que no se basan en procedimientos de planificación computarizados, por el contrario, se basan en nuevos sistemas organizativos en la planta de producción y en un principio básico que puede resumirse en: entregar componentes o materiales a una estación de trabajo sólo cuando sean necesarios.

La implementación de un sistema JIT requiere cambios sustanciales en los sistemas de fabricación existentes y en la gestión de los sistemas de información usados para soportar estos sistemas. (Al-Hakim y Jenney, 1991) resaltan las elevadas inversiones y el largo tiempo de implantación y formación que, frecuentemente, se requieren para reestructurar la configuración de la planta, reducir los costes de preparación, y formar a los trabajadores.

En cuanto al funcionamiento de los sistemas JIT en un entorno de fluctuación de la demanda, diversos autores (Huang et al., 1983), (Monden, 1981), (Gupta and Gupta, 1989) sugieren que JIT puede funcionar efectivamente con fluctuaciones de la demanda de hasta el 10%. Afirman que operaciones JIT con fluctuaciones de la demanda más allá de este punto son poco factibles aunque no son peores que cualquier otra filosofía de producción.

La filosofía JIT implica un modo diferente de gestionar los proveedores que en su correcta implantación parece generar beneficios para las dos partes (Leavy, 1994). Sin embargo, algunos autores han criticado el aprovisionamiento JIT por los efectos que tiene sobre el proveedor (Oliver, 1991), (Turnbull, 1988), (Delbridge et al., 1992), (Rainnie, 1991). Estos autores se centran en la gestión de inventarios, argumentando con evidencia empírica que JIT es, en muchos casos, una simple excusa para transferir los inventarios a los proveedores.

(Schonberger, 1982) fue uno de los primeros en señalar la importancia del aprovisionamiento externo y de la participación de los proveedores en sistemas JIT. En términos logísticos, un proveedor se puede considerar como una estación más dentro de la cadena de producción. Es lógico, por tanto, extender a los proveedores la misma filosofía que se aplica internamente.

## **Manufactura esbelta**

La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota, William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre otros.

El concepto esbelto y la manufactura esbelta persiguen mejoras sustanciales del desempeño operacional o como (Murugesan et al., 2012) refiere ventajas competitivas como: Calidad, costo, precio, velocidad en la entrega, consistencia en la entrega, innovación y flexibilidad (mejor, más barato, más rápido y más ágil), esto es posible a través de la identificación y eliminación continua y sistemática de los desperdicios (actividades que no agregan valor) o "mudas" (término japonés de desperdicios), con el activo involucramiento de todos los empleados de una organización en proyectos de mejora continua (Imai, 1986). La eliminación de las "mudas" como: sobreproducción, esperas, transporte, procesos innecesarios, inventario, movimientos y defectos (Cottyn et al., 2011), (Imai, 1986) se realiza a través de cinco principios rectores del pensamiento esbelto que son:

- Definición de valor desde la perspectiva del Cliente
- Mapeo de los procesos de producción y de servicios
- Crear flujo en los diferentes procesos
- Jalar la producción
- Búsqueda de la perfección a través de la mejora continua.

La aplicación disciplinada, comprometida y eficazmente liderada de estos principios eventualmente conduce a las plantas hacia la conversión en empresas esbeltas y a la obtención de enormes beneficios en términos de eficiencia operacional y ventajas competitivas (Ghosh, 2012), (Lee, 2012), (Murugesan et al., 2012), (Vinodh y Joy, 2012).

## **Fabricación ágil**

El concepto de fabricación ágil (o agilidad en fabricación) fue originalmente introducido en el informe "21st Century Manufacturing Enterprise Strategy" (Goldman et al., 1991), publicado por el Institute de la Universidad de Lehigh (USA). La fabricación ágil fue propuesta como una opción para gestionar las empresas en un mundo dinámico.

Respecto a sus resultados, la fabricación ágil no sólo se basa en la flexibilidad y la capacidad de respuesta al cliente, sino que también considera prioritarios la reducción del coste, la calidad de los productos y la prestación de los servicios demandados por los consumidores (Gunasekaran, 1999), (Gunasekaran y Yusuf, 2002). De este modo, los fabricantes ágiles son fabricantes flexibles, capaces de ofrecer productos de alta calidad a un coste reducido, con un servicio superior y mejores condiciones de entrega (Jain y Jain, 2001).

La fabricación ágil se logra integrando en una organización con una estructura de gestión innovadora una base de trabajadores altamente formados, motivados y con poder de decisión, que realizan su

trabajo en equipo, con el apoyo de tecnologías flexibles e inteligentes y sistemas para la correcta gestión del conocimiento y el aprendizaje (Kidd, 1995)

Lo realmente novedoso del concepto de fabricación ágil es la integración en una estructura compacta y orientada de las técnicas, filosofías y herramientas que se han venido desarrollando a lo largo de los últimos treinta años, alcanzando niveles superiores en todos los objetivos o prioridades competitivas de fabricación: eficiencia, calidad, flexibilidad, entregas y servicio. La fabricación ágil se puede definir, por tanto, como un modelo de producción que integra la tecnología, los recursos humanos y la organización a través de una infraestructura informativa y de comunicación que otorga flexibilidad, rapidez, calidad y eficiencia y permite responder de forma deliberada, efectiva y coordinada ante cambios en el entorno.

### **Tecnología de producción optimizada**

Otro desafío a los sistemas MRP II fueron las técnicas OPT (Tecnología de Producción Optimizada), que están basadas en la lógica de la capacidad finita, con un énfasis especial en la gestión de los cuellos de botella. (Goldratt, 1981), creador de las técnicas OPT, argumenta que la forma en que el sistema MRP II define la estructura de las bases de datos para la producción (rutas, listas de materiales, órdenes, etc.) se ha convertido en un estándar. No obstante, el sistema MRP II tiene su punto débil en el cálculo de un nuevo Plan Maestro de Producción y en su posterior adaptación a un programa de producción factible, una vez que el cálculo de los requerimientos de capacidad (CRP) indica que existen centros de trabajo saturados.

La filosofía OPT ha derivado en el programa comercial OPT/SERVE. Para separar claramente los conceptos de la filosofía OPT y el programa OPT/SERVE, Goldratt y sus socios han acuñado el término Teoría de las Restricciones (TOC) para representar su visión del problema. El concepto de cuello de botella se ha generalizado como una “restricción”, lo cual incluye las impuestas por el mercado. De hecho, los creadores argumentan que una meta es tener las salidas de la empresa restringidas por el mercado, no por las restricciones sobre las que la empresa tiene más control.

TOC comparte algunos aspectos con la programación lineal como el concepto de precios sombra. Pero, agrega algunos conceptos más operativos para tratar las situaciones de restricción. Las restricciones se identifican explícitamente y se amortiguan con inventario. Se asume que cuando se identifica un cuello de botella, el trabajo se debe orientar en primer lugar a utilizarlo al máximo, para después subir el valor de la restricción. Por último, se asume que cuando se eleva una limitación aparecerá un nuevo cuello de botella. La meta es romper siempre una restricción o condición de cuello de botella y, posteriormente, identificar la siguiente restricción. La mejora continua es una parte

integral de la filosofía TOC. Además, la ruta para la mejora está dirigida por la misma teoría (seguir siempre las restricciones).

El método de programación de producción aplicando TOC se puede resumir del siguiente modo. En primer lugar, se programa la producción para el recurso cuello de botella, este programa se traslada al origen del flujo de materiales en forma de permiso para comenzar la producción (es lo que se denomina tambor). La anticipación con la que se proporciona este permiso depende de las irregularidades del sistema que se gestiona (ésta es la cuerda). De este modo no se establece un calendario para los distintos centros de trabajo, sino que estos deben procesar las órdenes tan rápido como puedan. Una aplicación de estos conceptos en una empresa mediana se encuentra en (Jornet, 1999).

También se deben considerar los factores estructurales del sistema de programación TOC. Pueden aplicarse al procedimiento TOC factores que abarcan los niveles de inventario de trabajo en proceso, la utilización de capacidad alcanzable, el grado de protección del programa y los controles del tamaño de lote.

Por otro lado, la filosofía TOC plantea el uso de indicadores diferentes a los habitualmente utilizados para las operaciones. Estos indicadores son tres: la cantidad de dinero invertido en inventarios, la producción total., entendiendo como producido los productos finales vendidos, y los costes de operación, que son aquellos que añaden valor a la materia prima hasta convertirla en producto acabado. Hay que destacar que la definición de inventarios excluye deliberadamente cualquier componente de valor añadido asociado a las materias primas.

### **1.5 Procedimientos para desarrollar el sistema de planificación**

Para que un procedimiento sea eficaz desde su concepción hasta su posterior desarrollo e implementación, este debe cumplir con dos aspectos fundamentales: estar integrado a la gestión de la organización (debiendo para ello tener en cuenta un conjunto de estrategias y objetivos) y, a su vez, tener en consideración las bases teóricas para diseñar procedimientos, lo que se sustenta en especificar un conjunto de premisas y principios que justifican e identifican a la organización con los resultados que de su aplicación se deriven (Tamayo García y Urquiola García, 2014).

#### Premisas del procedimiento

1. Cualquiera que sea el sistema de planificación de la producción que se quiera implantar, es imprescindible que este vaya acompañado por el impulso y el apoyo continuo de la alta dirección de la empresa.

2. La alta dirección debe diseñar un adecuado plan de formación y capacitación para toda la empresa que permita conocer las ventajas que se pueden obtener del sistema que se está implementando, así como también sus puntos débiles, con la finalidad de mitigar sus inconvenientes.
3. Contar con la información de entrada necesaria para cada etapa del procedimiento.

#### Objetivo del procedimiento

Dotar a los directivos y profesionales de empresas manufactureras de un procedimiento que les permita seleccionar, según las características específicas de cada empresa y las condiciones en que las mismas operan, qué herramientas matemáticas son las que mejor se ajustan para llevar a cabo la planificación y control de la producción.

#### Principios del procedimiento

1. Enfoque al cliente: las organizaciones dependen de sus clientes y, por lo tanto, deberían comprender las necesidades actuales y futuras de los clientes, satisfacer los requisitos de los clientes y esforzarse en exceder sus expectativas.
2. Enfoque basado en procesos: relaciona los recursos y actividades como un proceso, dando un resultado más eficiente para la organización.
3. Enfoque basado en hechos para la toma de decisión: se basa en hechos ocurridos anteriormente, que brindan fiabilidad para el proceso de toma de decisiones.
4. Mejoramiento continuo: mejora los resultados obtenidos, contribuyendo a elevar la eficiencia de la utilización de los recursos, introduciendo nuevas alternativas que permitan evaluar el funcionamiento del sistema y su respuesta.
5. Flexibilidad: permite realizar cambios dentro del procedimiento a partir de la mejora continua, para ajustarlo a los cambios de la organización.

#### Fases del procedimiento

El procedimiento está formado por cuatro fases; en el **Anexo 4** se representa cada una de las fases atendiendo al orden secuencial en que son ejecutadas en el tiempo, así como las interrelaciones entre las mismas.

Existen investigaciones en Cuba que siguen diferentes metodologías para la realización de procedimientos de planificación de la producción. Entre estas investigaciones se puede hacer mención de la tesis de doctorado de (León, 2013) donde desarrolla un modelo conceptual apoyado en procedimientos específicos para: el diagnóstico del sistema de planificación de medicamentos y materiales de uso médico hospitalarios, la determinación de los grupos relacionados con el

diagnóstico, la conformación del plan de demanda, la elaboración del listado de recursos y la obtención del stock de seguridad, mediante la integración, adecuación y aplicación de un conjunto de herramientas expuestas en la literatura universal y escasamente difundidas en el sector estudiado, tales como: árboles de realidad actual y futura, análisis de casuística hospitalaria, pronósticos de demanda por series de tiempo, planificación maestra y agregada y análisis de puntos críticos de control.

También se puede hacer referencia a la tesis de doctorado de (Ramos Gómez, 2002) donde se elabora de un procedimiento general (**Anexo 5**) que posibilita la mejora continua en el sistema de planificación y control del servicio de reparación de motores, incluyendo el diseño y adecuación de procedimientos para su perfeccionamiento, así como la selección de técnicas para cada uno de los niveles de dicho sistema el cual se concibe bajo un enfoque jerárquico acorde a las tendencias actuales y a la vez que permite el análisis de cada una de sus partes. Debido a que no existen propuestas de procedimientos para la planificación de la producción en la literatura revisada propios de empresas constructoras de obras de ingeniería se selecciona para el desarrollo de la presente investigación el procedimiento propuesto por (Ramos Gómez, 2002) adecuándolo a las condiciones de la entidad objeto de estudio.

### **1.6 Clasificación de los sistemas productivos. Sistema por proyectos**

Los sistemas productivos se pueden clasificar según (Gaither y Frazier, 2000) en base a su proceso en:

- **Sistemas continuos:** son aquellos en los que las instalaciones se uniforman en cuanto a las rutas y los flujos en virtud de que los insumos son homogéneos, en consecuencia puede adoptarse un conjunto homogéneo de procesos y de secuencia de procesos.
- **Sistemas intermitentes:** son aquellas en que las instituciones deben ser suficientemente flexibles para manejar una gran variedad de productos y tamaños.
- **Sistemas modulares:** hace posible contar con una gran variedad de productos relativamente altos y al mismo tiempo con una baja variedad de componentes.
- **Sistemas por proyectos:** El sistema de producción por proyectos es a través de una serie de fases; en este tipo de sistemas no existe flujo de producto, pero si existe una secuencia de operaciones, todas las tareas u operaciones individuales deben realizarse en una secuencia tal que contribuya a los objetivos finales del proyecto.

De acuerdo a su descripción el sistema que se ajusta a la empresa objeto de estudio es el sistema por proyectos debido a que la entidad se dedica a la realización de obras las cuales se ejecutan

respetando una serie actividades en cadena para lograr el resultado final por lo que nos enfocaremos en este tipo de sistema.

Se puede entender por proyecto el conjunto de actividades, planificadas, ejecutadas y supervisadas que, con recursos finitos, tiene como objeto crear un producto o servicio único (Brand, 1996). También un proyecto es una actividad cíclica y única para tomar decisiones, por lo que el conocimiento de las bases de la ciencia de ingeniería y administración, la habilidad matemática y la experimentación, se conjugan para poder transformar los recursos naturales en sistemas y mecanismos que satisfagan las necesidades humanas (Corzo y Corzo, 1972).

En el **Anexo 6** se detalla, en forma general, la producción por proyectos (Asimow, 1970)

Métodos de Programación por proyectos:

1. PERT/CPM: trata de determinar el tiempo mínimo de ejecución del proyecto y las actividades que son críticas
2. Diagrama de Gantt: es una representación gráfica de actividades a través del tiempo. Es muy fácil de usar y flexible para la administración de proyectos, sirviendo como herramienta de planificación y control.

El diagrama de Gantt ofrece como ventajas que obliga a realizar un ejercicio de planificación muy provechoso, simplicidad y facilidad para entenderlo y sencillez en actualizar la gráfica para mostrar el estado actual para propósitos de control. Este diagrama se puede realizar en el programa Microsoft Office Project donde en el lado izquierdo se encuentra la lista de las actividades del proyecto, el tiempo se muestra horizontalmente, generalmente abajo del diagrama y la duración de cada actividad se da como una barra desde la fecha de inicio hasta la fecha de término. Este programa también brinda análisis económicos, la relación de las actividades con sus recursos, la sobreasignación de los recursos o el bajo aprovechamiento de estos.

### **1.7 La planificación empresarial en Cuba. Caracterización y tipos**

El sistema de planificación empresarial actual en Cuba, se rige por la Resolución No. 276 / 03 del Ministerio de Economía y Planificación (MEP), y por el Decreto Ley 281 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro. En la Resolución No. 276 / 03 del MEP, se establecen las indicaciones y lineamientos generales para el trabajo de planificación en la empresa estatal., incluye las sociedades mercantiles de capital ciento por ciento cubano radicadas en Cuba, y distingue dos tipos de proceso:

1. La planificación hacia el interior de la empresa, que se corresponde con la planificación o proyección estratégica.
2. La planificación de la empresa vinculada con la planificación nacional y el entorno regulatorio, que se corresponde con la planificación económica anual.

La planificación económica empresarial en Cuba, que forma parte de la planificación de la economía nacional., constituye el instrumento básico de dirección, que coordina e integra los aspectos productivos, económicos, sociales y financieros, potenciando la iniciativa y los esfuerzos de la empresa en el cumplimiento de sus funciones y objetivos económicos, con el máximo de eficiencia y la activa participación de los trabajadores. Esto determina particularidades muy propias, con respecto a los procesos de planificación económica a escala empresarial en otros países, fundamentalmente de economía de mercado, e incluso dentro del propio sistema empresarial actual cubano; por ejemplo en el tratamiento de las directrices, como punto de partida para la elaboración de los planes, donde estas constituyen exigencias a cumplir en el plan de las empresas estatales y nacionales, pues en las condiciones de la planificación en Cuba, con la introducción de elementos de la economía de mercado, especialmente con la aprobación de la inversión extranjera y la aparición dentro del sector empresarial de empresas mixtas con participación de capital extranjero y empresas privadas extranjeras, el proceso de planificación tiene sus diferencias (Martínez, 2007).

En correspondencia con lo anterior, en Cuba, país de economía centralmente planificada, el Ministerio de Economía y Planificación (MEP) organismo rector de la actividad económica (el ministro es el vicepresidente del consejo de ministros), establece esas directivas a los organismos de la administración central del estado y los órganos de gobierno territorial., Consejo de Administración Pública (CAP), estos a sus dependencias y las empresas a sus unidades empresariales de base (unidades estratégicas de negocio), quienes le darán cumplimiento en la elaboración de sus propuestas y planes.

Una directiva muy importante lo constituye el objeto social (actividad a realizar), que el MEP aprueba a cada empresa, constituyendo una violación la ejecución de producciones o servicios no comprendidos en este, así el objeto social de la empresa constituye una directiva de obligada consulta y dominio por parte de los economistas que en ella laboran.

Estructurado en una serie de etapas en el tiempo, este proceso tiene como resultado un sistema de planes, según el nivel para el cual se elaboran, incluye:

- Planes de la Organización Superior de Dirección Empresarial (unión, grupo empresarial).
- Planes de las empresas.
- Planes de las Unidades Económicas de Base (resultado de la desagregación del plan empresa).

Según el período para el cual se elaboran, incluye:

- Planes estratégicos, planeación estratégica o proyección estratégica (3 – 5 años, pueden existir proyecciones a más largo plazo).
- Planes económicos anuales y su desagregación en períodos de tiempo más breves (trimestre, mes, etc.).

Es importante identificar que este es el sistema de planes resultante del proceso de planificación a nivel empresarial., que forma parte de la planificación de la economía nacional., que tiene como resultados sistema de planes: Plan de la economía nacional, planes de los territorios y organismos, planes de la uniones, grupos y empresas, y planes perspectivas o a largo plazo, planes a mediano plazo (entre 3 y 5 años) y planes a corto plazo, corrientes o anuales; atendiendo a los dos criterios manejados anteriormente: alcance de la planificación y horizontes de planificación. En función de la estrategia, política y principales programas de desarrollo económico y social de la nación y las direcciones actuales para la economía empresarial., las empresas elaboran sus planes estratégicos.

En función de la proyección estratégica de la empresa (objetivos y estrategias trazadas) y las directivas (lineamientos del plan de la economía nacional., indicaciones para la elaboración del plan anual), las indicaciones específicas del organismo (ministerios y CAP) y otros elementos recogidos en los documentos rectores de la planificación empresarial., elaboran las propuestas de plan económico anual.

Así en el plan anual de la empresa se da cumplimiento a las directivas del nivel superior, que se corresponden con el cumplimiento de los objetivos priorizados del desarrollo económico y social del país y a la vez se materializan los objetivos estratégicos de la organización definidos en la proyección estratégica. Según (Martínez, 2007), para la elaboración del sistema de planes que se confecciona en la empresa, se emplean diferentes métodos, entre ellos destacan: el método de balances, método de optimización, método normativo y método de escenarios; que según el tipo de planificación (estratégica o corriente) tienen mayor o menor uso unos con respecto a otros.

1. Método de balances. Este fue el método o forma fundamental de planificación de la economía en los países socialistas y también Cuba, hasta finales de la década de los 80', su esencia consiste en hacer una compatibilización entre los recursos existentes (posibilidades) y las demandas (necesidades), adoptando la forma de una tabla doble que refleja por un lado las fuentes de los recursos y por otra los destinos o usos. Se emplea fundamentalmente en la planificación operativa, en la elaboración del plan económico anual., donde con mayor grado de detalle y precisión se concretan las aspiraciones del plan estratégico.

Por ejemplo en el plan económico anual de la empresa, se compatibilizan las necesidades de producción con las posibilidades de recursos materiales, de mano de obra, financieros y capacidades

y una vez definidos los volúmenes de producción se determinan las necesidades de recursos para su ejecución y cumplimiento. Entre los principales balances que se elaboran están:

- Los balances materiales
- El balance de capacidades productiva
- El balance general
- El estado de resultado

Es importante destacar que este método también tiene empleo en la planificación empresarial., e incluso a nivel macroeconómico, recordemos que esta fue la forma o método fundamental de planificación de la economía en los países socialistas y también Cuba, sobre todo hasta finales de la década de los 80', por las posibilidades que brindaba el desarrollo de estas economías bajo las relaciones planificadas y cooperación dentro del CAME, que propicia alto nivel de estabilidad en precios, aseguramientos materiales y otros aspectos económicos, muy diferentes a cómo funciona la economía y el mercado mundial., en el que hoy estamos insertado, lo cual ha hecho que el método de balance no tenga el papel que antes jugó y cada vez más gane espacio el empleo de estudios de futuro, método de escenario en la planificación, sobre todo estratégica en Cuba, con el fin de enfrentar el riesgo y la incertidumbre.

2. Método de optimización. Se basa la aplicación de modelos económicos matemáticos para la determinación de la variante óptima, que dentro de las restricciones a considerar y en base a un criterio de optimalidad definido, reporta el mejor resultado para el período planificado. Estos métodos contribuyen a la fundamentación de los trabajos de planificación, al permitir la selección científicamente argumentada de la mejor variante de plan. Entre los modelos más empleados tenemos:

- Los modelos de simulación
- El modelo de programación lineal
- El modelo de transporte

Una de las aplicaciones concretas, de mucha utilidad y posibilidades, aunque no extendida en la práctica, lo constituye la aplicación del modelo de programación lineal para la optimización del plan de producción de la empresa para el período planificado (plan o presupuesto de producción en unidades físicas), sobre todo en aquellas empresas que tienen una amplia nomenclatura y surtido de producción, donde resulta prácticamente imposible realizar todas esas compatibilizaciones, manejar los diferentes criterios y seleccionar científicamente fundamentada, dentro de las posibles alternativas de plan, la mejor variante.

3. Método de normativo. Consiste en la aplicación al proceso de elaboración de los planes, de las normas establecidas y fijadas en la economía nacional., que tiene particular uso en la empresa aunque es de empleo a todos los niveles. Estas normativas constituyen una variada gama de aspectos a considerar, como son: reglamentaciones establecidas en la economía nacional para todos los organismos, grupos de empresas y organizaciones, otras referentes a índices o normas de cuantificación de gastos propias de la empresa (base normativa).

Estas reglamentaciones, directivas e indicaciones, norman determinados aspectos en la elaboración del plan y por tanto son de obligada aplicación en la conformación del plan. Es importante destacar que en el caso de las normas relacionadas con disposiciones y reglamentaciones, en la Economía Cubana tiene un peso importante y por tanto exige de su consulta y dominio por parte de las especialistas y técnicos de la planificación.

4. Método de escenario. Este método consiste en la elaboración de estudios de futuro a partir de la prospectiva, buscando establecer los posibles escenarios que enfrentará la empresa. Como es lógico a nivel de empresa este método es de aplicación en la planificación más perspectiva (proyección o planeación estratégica) (Martínez, 2007).

### **1.8 Desarrollo de las empresas constructoras en Cuba**

Ministerio de la Construcción es el organismo rector de la política de desarrollo de los servicios de diseño, ingeniería y construcción, producción de materiales de construcción y del sistema de la Vivienda en Cuba, además de dirigir, ejecutar en lo que le compete y controlar la política del Estado y el Gobierno en cuanto a las investigaciones ingeniero-geológicas aplicadas a la construcción; la elaboración de los diseños para las actividades de construcción y montaje; la construcción civil y el montaje industrial; el mantenimiento y la rehabilitación de la vivienda, las urbanizaciones; el mantenimiento constructivo; la explotación de las obras de interés estatal., civiles, industriales, viales, atraques y dragado; la fabricación industrial de hormigones hidráulicos y asfálticos y elementos de hormigón; instrumentar las medidas para controlar la aplicación de la Ley General de la Vivienda, el fondo de la vivienda, dictando o promoviendo las regulaciones necesarias al respecto; la producción y comercialización de materiales y productos de la construcción, excepto el cemento.

La construcción de obras es un proceso complejo donde intervienen múltiples recursos financieros, humanos, de equipos y materiales entre otros, los cuales se combinan con el propósito de obtener una obra, que se ejecute en el menor tiempo posible con la calidad requerida y con los costos previstos.

Uno de los elementos sobre los cuales ha trabajado la ingeniería por su influencia en los tiempos de ejecución de las obras y que tributa a la industrialización de la construcción son sin dudas los sistemas constructivos con los cuales se logra ejecutar la estructura de la obra. En Cuba los sistemas constructivos se han direccionado fundamentalmente al programa de ejecución de viviendas y los más usados y conocidos son:

- Sistemas constructivos convencionales.
- Sistemas constructivos prefabricados.
- Industrialización del sitio.
- Sistemas constructivos mixtos.

Los sistemas constructivos convencionales son aquellos en los que los cimientos, las vigas, las columnas y las losas que conforman la estructura de la obra son fundidos en el lugar y se desarrollaron con mayor auge hasta los años 60, ejemplos de ellos fueron:

- El edificio FOCSA.
- El edificio de 23 y 26.
- El edificio de 25 entre N y O.

Los sistemas semi-prefabricado y prefabricado son aquellos en que parte de la estructura o toda se prefabrica fundamentalmente fuera del sitio de la Obra. Entre las tecnologías constructivas de estos sistemas más usados en Cuba están:

- Sandino.
- SIMPLEX.
- IMS
- Gran bloque con losa spiroll.
- Gran panel: GP IV, GP VI,....GP 70. Emigrando a PREFLEX.
- Bicoa
- Titán stil

La industrialización del sitio es la última tendencia mundial donde se está volviendo a sistema constructivo con fundición en el lugar para utilizar todas las ventajas de sistemas monolíticos flexibilidad en el diseño y rapidez, en este caso con el uso de medios desarrollados como grúas, bombas de hormigón y moldes pre-elaborados como son las tecnologías:

- Petrocasas
- Mesa volante
- FORSA

Los Sistemas Mixtos son aquellos en los que para hacer la estructura de la obra se usan varios sistemas unidos.

En la actualidad y para los próximos años se prioriza la construcción de viviendas, con énfasis en La Habana y Santiago de Cuba, que está previsto enfrentar con todo lo que se tiene y con la concepción de viviendas económicas.

Dentro de las empresas constructoras en Cuba se encuentra la ECOING # 25 donde se prestan servicios de realización de obras ya sean edificios, casas, hoteles, hospitales, instalación de redes hidrológicas, movimiento de tierra, etc. Estas obras son asignadas por directivas del organismo superior (MICONS) el cual prioriza las necesidades existentes o sino se realizan conciliaciones con entidades interesadas en estos servicios. El movimiento de tierra es la actividad punto de partida pues realiza un conjunto de actuaciones en un terreno para la ejecución de una obra. Dicho conjunto de actuaciones puede realizarse en forma manual o en forma mecánica. Previo al inicio de cualquier actuación, se deben efectuar los trabajos de replanteo, prever los accesos para maquinaria, camiones, rampas, etc. Es habitual que antes de comenzar el movimiento de tierras, se realice una actuación a nivel de la superficie del terreno, limpiando de arbustos, plantas, árboles, broza, maleza y basura que pudiera hallarse en el terreno; a esta operación se la llama despeje y desbroce. Cuando ya se encuentra el terreno limpio y libre, se efectúa el replanteo y se comienza con la excavación. Luego se realizan los trabajos de excavación que es el movimiento de tierras realizado a cielo abierto y por medios manuales, utilizando pico y palas, o en forma mecánica con excavadoras, y cuyo objeto consiste en alcanzar el plano de arranque de la edificación, es decir las cimentaciones. También se realizan trabajos en tierra y en roca lo cual depende de la dureza de la roca; si esta es blanda, se puede excavar con máquinas con martillos rompedores o con explosivos, si son rocas de gran dureza, su excavación solo se logra con explosivos.

### **1.9 Conclusiones parciales del capítulo**

- 1 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 y de ésta forma poder mejorar el sistema de planificación y control de la producción.
- 2 En la bibliografía consultada no se abordan procedimientos y técnicas para el diagnóstico y mejoramiento de la planificación de la producción en las empresas constructoras en Cuba que garanticen la satisfacción de las necesidades y el incremento de los principales indicadores económicos lo cual explica la importancia de la presente investigación.

- 3 Existen investigaciones donde se realizan procedimientos para la planificación y control de la producción destacándose el descrito por (Ramos Gómez, 2002) el cual puede ser adaptado a las condiciones propias de la empresa objeto de estudio de la presente investigación.

## **CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA ECOING # 25**

Tomando como punto de partida el problema científico planteado en la investigación, y para dar continuidad a lo concluido en el capítulo anterior, donde se construyó el marco teórico y referencial de la investigación, se presenta en este capítulo una modificación en el procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control de la producción propuesto por (Ramos Gómez, 2002), y ajustarlo en empresas dedicadas al servicio de construcción de obras de ingenierías, en el que se destaca la necesidad de la realización de un diagnóstico de la gestión productiva y de la concepción general del sistema mejorado en el que se incluyan procedimientos específicos para cada uno de los niveles de planeación, dadas las características particulares de este tipo de servicio.

## 2.1. Procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control

No existe empresa que no tenga necesidad de adaptarse al entorno que la rodea, aun más en los momentos actuales en que este cambia con gran rapidez, debido a los progresos de la tecnología y por las expectativas cambiantes de los clientes. Si se toma en consideración que la planificación y control de producción depende en muchos casos de la capacidad de adaptación, se hace necesario dotar a la empresa de herramientas que le permitan la mejora de dicho sistema de forma continua.

Para que un procedimiento pueda constituir una verdadera vía para la mejora de la planificación y control de la producción, debe poseer, como cualidad fundamental., un carácter autóctono sin dejar de incorporar, de manera creativa y pertinente, las mejores prácticas aplicadas a escala internacional., tanto en países del primer mundo como del entorno en que se desarrolle. Ambas cualidades de un procedimiento de este tipo, se definen, en gran medida, por el conjunto de **principios básicos y objetivos** que lo sustentan.

Los **principios básicos** que sustentan el procedimiento desarrollado se explican a continuación:

**Mejora continua:** El procedimiento garantiza la retroalimentación sistemática para lograr una serie de cambios pequeños e incrementales sin grandes desembolsos de capital., además de contribuir al desarrollo de la capacidad de aprendizaje de la organización.

**Flexibilidad:** El procedimiento tiene potencialidades para adaptarse con racionalidad tanto a los cambios provenientes de un entorno muy dinámico, como a los que se producen en lo interno de la organización, sin que se produzcan cambios significativos en su estructura, métodos y procedimientos de trabajo.

**Participativo:** Este principio es inherente al procedimiento y está presente, prácticamente, en todos los pasos del mismo, donde de una forma u otra, desde la alta dirección hasta los trabajadores, tienen algún nivel de participación en el logro de las mejoras.

**Integrador:** Considera la integración del sistema de planificación y control, en mayor o menor medida, con las diferentes áreas funcionales de la empresa para acoplarse racionalmente a lo interno y con los elementos implicados del entorno donde se desempeña la organización.

**Transparencia y parsimonia:** La estructuración del procedimiento y su consistencia lógica, a la vez que permite cumplir los objetivos para los cuales fue diseñado, es sencillo, comprensible y práctico, permitiendo su rápida asimilación por parte de las personas que se inician en su explotación.

**Racionalidad:** El procedimiento debe operarse con los menores costos posibles.

**Coherencia y pertinencia:** La posibilidad que tiene el procedimiento de ser aplicado para mejorar el sistema de planificación y control en empresas dedicadas a la construcción de obras de ingeniería y de ser coherente con los planes de desarrollo económico - social del país y del territorio.

Los **objetivos** del procedimiento son los siguientes:

1. Mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de planificación y control del servicio de obras de ingeniería.
2. Diagnosticar el estado de la gestión productiva.
3. Establecer cuáles deben ser los portadores de la mejora como vía hacia el logro de la eficiencia global del sistema y la mejora continua.
4. Determinar la estructura del sistema de planificación y control de obras de ingeniería, así como los procedimientos necesarios para desarrollar cada uno de los planes y programas.
5. Seleccionar y aplicar las técnicas y métodos adecuados dentro de cada procedimiento para desarrollar los planes y programas.
6. Proporcionar un programa integral de preparación del personal que les permita operar el sistema y mejorarlo continuamente.

El procedimiento propuesto para la mejora continua del sistema de planificación y control de la producción del servicio de realización de obras de ingeniería se muestra en la Figura 2.

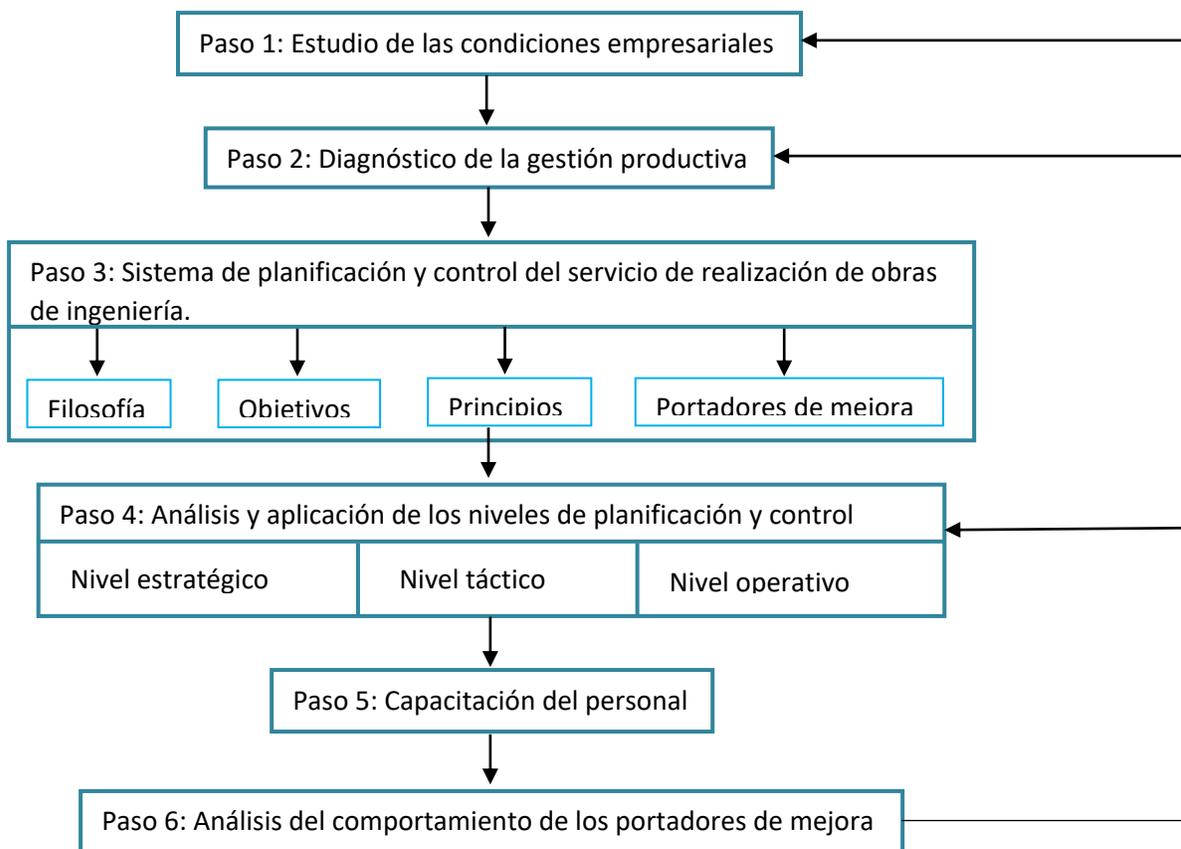


Figura 2: Procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control para la realización de obras de ingeniería. (Fuente: Elaboración propia).

### 2.1.1. Paso 1. Estudio de las condiciones empresariales

Este es un paso de concientización y determinación de la factibilidad de aplicación del procedimiento propuesto y de generación de la necesidad. En este paso es necesario hacer un análisis integral que incluya la satisfacción, en mayor o menor medida, de las premisas de aplicación siguientes:

- ◆ Que se utilice la planeación estratégica como método general de planeación.
- ◆ Establecimiento de los compromisos de la alta dirección en la organización, a enfrentar un proceso de cambio que conduzca a lograr la máxima eficiencia, eficacia y competitividad, centrado en la satisfacción del cliente.
- ◆ Posibilidad que tenga la organización de constituir equipos de trabajo, necesarios para el desarrollo del estudio, y entrenar al personal en las técnicas más utilizadas en la aplicación del procedimiento.
- ◆ Disponibilidad de los recursos necesarios para el comienzo del proceso de mejora continua y la aplicación de las soluciones.

- ◆ Existencia de un mínimo de información confiable sobre ventas, demanda, costo, normas de trabajo y el comportamiento estadístico.

### **2.1.2. Paso 2. Diagnóstico de la gestión productiva**

Una vez satisfechas las premisas planteadas en el paso anterior, se realiza un diagnóstico de la gestión productiva de la empresa, con el objetivo de encontrar las oportunidades de mejora referidas al sistema de planificación y control.

Para la realización del diagnóstico de la gestión productiva se utiliza el procedimiento propuesto por (Ramos Gómez, 2002), valorando tanto aspectos cuantitativos como cualitativos. Para ello, se ha considerado que todo diagnóstico organizativo debe abarcar aspectos clave como los siguientes: las principales exigencias técnico-organizativas que le impone el entorno al sistema productivo; los elementos y principios de organización de la producción que precisan ser analizados en éstos; la determinación de los principales problemas relacionados con la gestión de la producción, dándole un nivel de prioridad a los mismos a través de la selección de una muestra representativa de la fuerza de trabajo, con el apoyo de métodos de expertos y técnicas de trabajo en grupo.

#### **Primera etapa:** Caracterización general de la empresa analizada

Esta etapa no constituye un paso obligatorio del procedimiento, fundamentalmente cuando el diagnóstico es realizado por profesionales pertenecientes a la organización analizada, o en general., por personas que tengan un profundo conocimiento de su funcionamiento. No obstante, siempre resulta conveniente la revisión de los aspectos que esta etapa contiene para lograr una mayor integración.

Los elementos más importantes que deben ser estudiados son los siguientes:

Factores externos:

- Principales clientes. Características y exigencias.
- Posición de la organización respecto a la competencia.
- Principales proveedores. Características y poder de negociación.
- Impacto ambiental de la organización.
- Regulaciones políticas, económicas, sociales y jurídicas.

Factores internos:

- Cartera de productos.

- Proceso tecnológico.
- Organización del flujo material.
- Estructura organizativa de dirección.
- Situación financiera de la organización.
- Nivel de innovación y desarrollo tecnológico.
- Clima y motivación laboral.

Es conveniente destacar que los elementos antes mencionados no constituyen un patrón rígido, pues en cada caso concreto pudieran agregarse aquellos que se consideren imprescindibles para lograr un mejor conocimiento de la organización.

Esta etapa culmina con la clasificación del tipo de sistema de producción, donde el modelo a utilizar es el propuesto por Acevedo Suárez (1986).

### **Segunda etapa:** Análisis de las exigencias técnico-organizativas

Toda empresa es componente de un sistema mucho más amplio y por consiguiente debe ser competitiva dentro de este. Por esto es necesario que se analice un conjunto de exigencias técnico-organizativas, estas exigencias técnico – organizativas son las siguientes:

- Capacidad de reacción.
- Flexibilidad.
- Fiabilidad
- Estabilidad.
- Dinámica del rendimiento.

### **Capacidad de reacción**

Esta exigencia se vincula a los plazos de entrega de los pedidos, evaluando cuán rápido reacciona la entidad eficientemente ante los cambios de cantidad, surtido y recursos. *Expresa la necesidad de una rápida y plena reacción ante las nuevas exigencias planteadas por el entorno a la organización.* Su cumplimiento se puede valorar por el tiempo que media entre el momento que surge la necesidad de un nuevo pedido hasta que está satisfecha, incluyendo el grado de plenitud con que se satisface. Aun cuando la naturaleza de esta exigencia es esencialmente cualitativa, generalmente resulta útil su cuantificación, recomendándose las expresiones (1) y (2).

$$C_{rp} = \frac{\sum_{i=1}^N (F_{ECi} - F_{ERi})}{N} \quad (1)$$

$$C_{rr} = \frac{\sum_{i=1}^N (F_{EReal} - F_{ERi})}{N} \quad (2)$$

donde:

$C_{rp}$  : Capacidad de reacción proyectada.

$C_{rr}$  : Capacidad de reacción real.

$N$  : Número de pedidos analizados.

$F_{ECi}$  : Fecha de entrega convenida del pedido  $i$ .

$F_{ERi}$  : Fecha de recepción del pedido  $i$ .

$F_{EReali}$  : Fecha de entrega real del pedido  $i$

### Flexibilidad

*Es el grado en que la organización y la tecnología permiten llevar a cabo el proceso de producción ante las diversas afectaciones que se presentan, sin necesidad de reorganizaciones o reestructuraciones del proceso productivo.*

En este aspecto el medio exige que la capacidad de adaptación de la organización sea tal que los cambios de producción y recursos se realicen en poco tiempo y a un bajo costo. Aunque la misma puede ser analizada desde diferentes puntos de vista, generalmente resulta suficiente enfocarla a partir de los medios de trabajo, objeto de trabajo y la fuerza de trabajo. Su análisis cuantitativo puede realizarse a partir de las expresiones (3), (4) y (5).

### Para la fuerza de trabajo

$$F_{FT} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{FT_{fi}}\right) W_i}{N W_{max}} \quad (3)$$

donde:

$F_{FT}$  : Capacidad de reacción proyectada.

$FT_{fi}$  : Cantidad de obreros que pueden atender el puesto  $i$  o cantidad de puestos que deben ser atendidos por el obrero.

$W_i$  : Índice de importancia del puesto  $i$  fijado por el especialista.

$N$  : Cantidad de puestos u obreros.

$W_{max}$ : Máximo índice de importancia.

Para los medios de trabajo.

$$F_{MT} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{OP_{ti}}\right) W_i}{N W_{max}} \quad (4)$$

donde:

$F_{MT}$  : Flexibilidad de los medios de trabajo.

$OP_{ti}$  : Número de operaciones diferentes que puede realizar el puesto  $i$ .

$W_i$  : Índice de importancia del puesto  $i$  fijado por el especialista..

$N$  : Cantidad de puestos.

$W_{max}$ : Máximo índice de importancia.

Para el objeto de trabajo

$$F_{OT} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{PD_{oi}}\right) W_i}{n W_{max}} \quad (5)$$

donde:

$F_{OT}$  : Flexibilidad del objeto de trabajo.

$PD_{oi}$  : Cantidad de piezas diferentes que pueden realizarse con el mismo material  $i$  o cantidad de materiales que pueden ser utilizados por la pieza  $i$ .

$W_i$  : Índice de importancia de la pieza  $i$  fijado por el especialista..

$N$  : Cantidad de materiales o piezas.

$W_{max}$ : Máximo índice de importancia.

Integralmente.

$$F_{PP} = F_{Ft} * F_{MT} * F_{OT} \quad (6)$$

donde:

F<sub>PP</sub>: Flexibilidad del proceso de producción.

Fiabilidad

Es la probabilidad de funcionamiento del proceso durante un tiempo determinado sin interrupciones o afectaciones en los surtidos, volumen, costos, calidad, plazos de entrega y otros. Su determinación puede realizarse a través de la expresión (7).

$$F = \left[ \frac{\text{Cant. de pedidos dentro del plazo}}{\text{Total de Pedidos}} \right] \left[ 1 - \frac{\text{Cantidad de pedidos con reclamacion por falta de calidad}}{\text{Total de pedidos}} \right] \quad (7)$$

Estabilidad

Es la capacidad del sistema de compensar y/o eliminar las perturbaciones en su funcionamiento, sin necesidad de la intervención de los órganos superiores. Se valora sobre la base del comportamiento de los principales indicadores de eficiencia.

Esta exigencia se calcula utilizando la expresión (8).

$$E_s = 1 - \frac{s}{\bar{x}} \quad (8)$$

donde:

Es : Coeficiente de estabilidad.

s : Desviación típica muestral.

$\bar{x}$  : Promedio del indicador que se analiza.

Dinámica del rendimiento

La organización adoptada debe permitir por un lado, garantizar una elevación sistemática de la eficiencia de la producción y la competitividad y por otro permitir la elevación del contenido de la labor de los trabajadores, el máximo despliegue de sus iniciativas y lograr una activa participación de los mismos en la gestión de la producción.

**Tercera etapa:** Principios de la organización de le producción

La organización de la producción racional es aquella que logra la conjugación armónica de la fuerza, los medios y el objeto de trabajo, con el alcance de la máxima utilización de los recursos del proceso de producción, con la máxima calidad, en el marco del cumplimiento de los planes u objetivos

trazados. El cumplimiento de dicho objetivo se alcanza, cuando la organización de la producción cumple determinados requisitos sobre cuya base se elaboran los denominados principios básicos derivados de la organización de la producción. Generalmente, a los efectos de un diagnóstico, resulta suficiente el análisis de los principios básicos, estos principios son los siguientes:

- Proporcionalidad de la producción.
- Continuidad de la producción.
- Ritmicidad de la producción.

#### Proporcionalidad de la producción

*La proporcionalidad caracteriza la necesidad de que exista una plena correspondencia entre las capacidades productivas de todos los eslabones conectados según la ruta tecnológica.*

En consecuencia, este principio plantea la necesidad de evitar desproporciones o cuellos de botella entre los diferentes eslabones de un proceso productivo. Puede ser cuantificado a través de la expresión (9).

$$K_p = 100 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{\max} - X_i) * 100}{n * X_{\max}} \quad (9)$$

donde:

$X_i$  : Porcentaje de utilización del puesto  $i$ .

$X_{\max}$ : Porcentaje de utilización del puesto más utilizado.

$K_p$  : Coeficiente de proporcionalidad.

$N$  : Número total de puestos.

#### Continuidad de la producción

La continuidad se analiza a partir de los tres elementos fundamentales que intervienen en el proceso productivo: objeto, medios y fuerza de trabajo, planteando la necesidad de minimizar al máximo, los tiempos de interrupción de los mismos.

*Este principio refleja directamente el objetivo planteado a la organización de la producción, o sea, que el flujo del objeto de trabajo en el transcurso de todo el proceso de producción ocurra sin interrupciones así como la utilización adecuada de los medios y la fuerza de trabajo. Para su cuantificación se utilizan las expresiones (10), (11) y (12).*

Para el Objeto de Trabajo.

$$K_{co} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ri}}{\sum_{i=1}^n T_{ci}} \quad (10)$$

donde :

$T_{ri}$  : Duración del ciclo tecnológico para el producto  $i$ .

$T_{ci}$  : Duración del ciclo de producción para el producto  $i$ .

$K_{co}$  : Coeficiente de continuidad para el objeto de trabajo.

$n$  : Número total de productos  $i$

Para la fuerza de trabajo.

$$K_{cf} = \frac{\sum_{l=1}^n T_{rl}}{\sum_{l=1}^n F_l} \quad (11)$$

donde :

$T_{rl}$  : Tiempo de trabajo realmente necesario para la categoría ocupacional  $l$ .

$F_l$  : Fondo de tiempo para la categoría ocupacional  $l$ .

$K_{cf}$  : Coeficiente de continuidad para la fuerza de trabajo.

Para los Medios de Trabajo.

$$K_{ce} = \frac{\sum_{j=1}^n T_{rj}}{\sum_{j=1}^n F_j} \quad (12)$$

donde :

$T_{rj}$  : Tiempo realmente necesario para el equipo  $j$ .

$T_{cj}$  : Fondo de tiempo para el equipo o puesto  $j$ .

$K_{ce}$  : Coeficiente de continuidad para los medios de trabajo.

Como puede notarse, en los casos de las expresiones (11) y (12) se valora el porcentaje de utilización promedio de obreros y equipos respectivamente, lo cual no representa dificultad alguna en

su estimación y análisis. En el caso de la fuerza de trabajo, pudiera incluso aplicarse la técnica de medición del trabajo que se corresponda con el objeto investigado.

### Ritmicidad de la producción

*La ritmicidad expresa la necesidad de determinada regularidad en el trabajo del sistema, o sea, un carácter rítmico en el flujo productivo. Para su análisis se utiliza la expresión (13).*

$$K_r = \frac{\sum_{i=1}^n Pr_{ti}}{\sum_{i=1}^n P_{pi}} \quad (13)$$

donde:

$K_r$  : Cociente de Ritmicidad.

$Pr_{ti}$  : Producción real que no excede el plan en el período  $i$ .

$P_{pi}$  : Producción plan en el periodo  $i$ .

### Cuarta etapa: Precisión y enriquecimiento de los principales problemas

La necesidad de esta etapa de trabajo viene dada por el hecho de que como consecuencia de los pasos anteriores, generalmente se obtienen problemas de índole general e incluso, no pocas veces se dejan de detectar algunos. Además, una característica específica de esta etapa es que no solo se consulta un amplio universo de trabajadores de todos los niveles, sino que se busca una implicación de los mismos en la búsqueda de los problemas que afectan la gestión productiva.

Para el logro de los objetivos de esta etapa, se utilizan los pasos que a continuación se describe:

#### 1- Determinación del tamaño de muestra empleada

Para la determinación del tamaño de muestra se utiliza la expresión propuesta por Calero Viñelo (1976), la cual permite que con la información obtenida de la muestra se pueda inferir acerca del conocimiento de la población y de los problemas existentes en el lugar bajo estudio.

#### 2- Preparación del personal

Se trabaja con el personal que realizará el muestreo para convencerlos de la necesidad del diagnóstico y de la importancia de la participación activa en el estudio además de realizar la capacitación necesaria. Para lograrlo se forma un equipo de trabajo en el que se involucra a obreros, técnicos, dirigentes y administrativos de la empresa.

#### 3- Procesamiento de los resultados

Este paso puede hacerse de forma más o menos sofisticado, mediante la aplicación de métodos estadísticos. Tiene como objetivo la realización de un primer refinamiento de los aspectos contenidos en la encuesta y que realmente constituyen problemas que afectan la gestión productiva.

#### 4- Realización de entrevistas individuales

Con el objetivo de realizar una primera validación de los resultados, se entrevista de manera individual al personal seleccionado por el equipo de trabajo formado, a partir del criterio de que sean las personas que mejores opiniones podrían ofrecer sobre los resultados de la misma. Como resultado de este paso la cantidad de problemas puede variar.

#### 5- Validación, enriquecimiento y agrupación de los problemas detectados

Para cumplimentar este paso, se utilizan técnicas de trabajo en grupos, siendo una de las más utilizadas, la Tormenta de Ideas o “Brain Storming” (Galves, et al., 1987), participando en el ejercicio un grupo de expertos cuya cantidad puede determinarse a partir de la expresión (14).

$$n = \frac{P(1 - P)K}{i^2} \quad (14)$$

donde:

n: Número de expertos.

i: Nivel de precisión.

P: Porcentaje de error que como promedio se tolera.

K: Constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza,

#### **Quinta etapa:** Resumen de los problemas

Constituye esta la última etapa de trabajo en la cual debe ser elaborado un informe final del diagnóstico realizado, que se discute con la alta dirección de la organización, la cual de hecho debe estar identificada con la necesidad del mismo. Generalmente este informe debe ir acompañado de gráficos y tablas donde aparezcan plasmados los problemas, siendo recomendable para ello, entre otros, los denominados diagrama de Causa y Efecto (Ishikawa, 1988) o el árbol de la realidad actual (Goldratt, 1994). Este informe constituye un documento de consulta obligatoria para la adopción de medidas y filosofías tendientes al incremento de la competitividad.

### **2.1.3. Paso 3. Definición de la filosofía, principios, objetivos y portadores de la mejora del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería**

La filosofía del sistema de planificación y control permite concebir un conjunto de doctrinas y retos que estén acorde con las condiciones que emanan del entorno, las estrategias y los objetivos que plantea la empresa, así como de los resultados del diagnóstico realizado con anterioridad. La filosofía necesita, además, de objetivos bien claros que permita trabajar cotidianamente a la empresa y por tanto una adecuada orientación para la toma de decisiones.

Es de vital importancia, tomar en consideración que los objetivos constituyen los estados que se alcanzan cuando se trabaja según los principios de la filosofía; o sea, cada objetivo se corresponde en mayor o menor grado con los principios generales de acción que la sustentan. Estos principios pueden brindar una visión del estado en que la empresa esta o no trabajando con arreglo a dicha filosofía.

Por último, dentro de esta etapa se definen los portadores de la mejora, los cuales son estados deseados que propician la mejora continua del sistema y por tanto, constituyen un resultado concreto hacia la mejora global de la eficiencia del sistema.

El autor define la filosofía del sistema de planificación y control como se describe a continuación:

La filosofía del sistema de planificación que se define es *Lograr la satisfacción del cliente en los procesos de realización de obras de ingeniería con una calidad, plazos de entrega y costos acorde a sus necesidades como resultado de una mejora continua de los procesos de planificación.*

### **Objetivos del sistema de planificación y control**

- ◆ Garantizar plazos competitivos en la entrega de pedidos.
- ◆ Lograr la adaptación rápida a los nuevos requerimientos de los clientes.
- ◆ Disminuir continuamente los costos.
- ◆ Eliminar de forma continua y determinante las perturbaciones de cada pedido.
- ◆ Reducir los niveles de inventario a través de todo el ciclo logístico interno.

## Principios del sistema de planificación y control

- ◆ Adaptabilidad a la Gestión Integrada (GI):

Dada la cada vez más necesaria GI de la empresa, se hace indispensable que cada subsistema del sistema empresarial sea diseñado o mejorado, no solo sobre la base de una integración vertical., sino acorde con sus restantes áreas funcionales.

- ◆ Flexibilidad:

El sistema de planificación y control de la empresa (sin que se produzcan cambios significativos en su estructura, métodos y procedimientos de trabajo), debe asimilar de manera rápida y efectiva los diferentes cambios que puedan ocurrir.

- ◆ Fiabilidad:

Considera la posibilidad de que el sistema funcione con la menor cantidad de interrupciones posibles.

- ◆ Racionalidad:

El sistema debe operarse con los menores costos posibles.

- ◆ Información periódica, actualizada y confiable:

El sistema debe dar la información requerida, en el momento y con la exactitud deseada, de manera que contribuya a tomar decisiones acertadas y permita informar a los clientes en cada momento que lo soliciten.

- ◆ Simplicidad y comprensión:

El sistema a la vez que cumpla los objetivos para los cuales fue diseñado, debe ser lo más sencillo, comprensible y práctico, permitiendo su rápida asimilación por parte de las personas que se inician en su aplicación.

- ◆ Jerarquía del proceso de planeación:

Se trabaja desde los niveles estratégico y táctico a escala de toda la organización, hasta el nivel operativo.

- ◆ Sincronización y equilibrio:

Se propugna que las operaciones y las entregas al cliente se realicen en los momentos precisos.

♦ Mejora Continua:

Presupone el hecho de que el sistema no se considere nunca como un producto acabado, sino que siempre sea susceptible de mejoras, ya que se parte de que no existe el sistema perfecto y adaptable a cada particularidad que le impone y a las políticas y estrategias que surgen continuamente, por lo que en cada caso, debe plantearse el portador de la mejora como un criterio concreto que permita acercarse a los objetivos trazados.

**Condiciones básicas** que sustentan el sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería:

- Esfuerzos en la solución de problemas.
- Relación con proveedores y clientes.
- Control de datos sobre: defectos, demanda, lista de materiales, normas de trabajo.
- Obreros multifuncionales.
- Trabajo en colectivo.
- Sistema de mantenimiento que garantice disponibilidad.

El sistema puede ser caracterizado, además de los elementos anteriores, por las etapas en que se conceptualiza, las entradas y sus salidas, bajo una concepción integradora que permita elevar el desempeño de la organización en las condiciones en que se desenvuelve. Este incluye procedimientos específicos dentro de cada una de las etapas que lo conforman, sin los cuales no se logra la efectividad deseada en la práctica.

#### **2.1.4. Paso 4. Definición de las mejoras del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería**

Conociendo cuál es el estado deseado y el que presenta la empresa luego de realizado el diagnóstico y definida la filosofía, es ineludible buscar las mejoras que permitan avanzar del uno al otro. Estas mejoras pueden incluir desde pequeñas modificaciones en los sistemas, hasta el rediseño del mismo acorde a las particularidades que se presentan en cada caso.

En este paso es necesario realizar primeramente una revisión de la estructura del sistema así como de los diferentes planes y programas de producción, para ello se propone la guía de trabajo (Ramos

Gómez, 2002) (**Anexo 7**), que muestra los elementos fundamentales a tomar en consideración en cada nivel de la planificación.

Seguidamente se desarrollan las herramientas para llevar a cabo cada uno de los planes y programas, de acuerdo a las características propias del servicio de obras de ingeniería (en el Capítulo I de esta Tesis se exponen las técnicas y métodos más aplicados en los niveles del enfoque jerárquico). La selección adecuada de dichas técnicas y métodos permite lograr de forma eficiente los objetivos trazados y facilita una toma de decisiones acertada, encaminada hacia el logro de la(s) mejora(s) del sistema y el cumplimiento de la filosofía general. Antes de llegar a implantar las mejoras debe realizarse un análisis costo beneficio que permita evaluar cada alternativa.

Todo sistema necesita, además, de condiciones básicas que permitan la elaboración de planes y programas objetivos y su posterior cumplimiento.

### **Procedimiento para la estrategia de operaciones**

Para llevar a cabo la estrategia de operaciones se toma el procedimiento propuesto en el (**Anexo 8**), desarrollado por (Ruano Jiménez 2014), obviando los tres primeros pasos ya que son parte del diagnóstico del procedimiento general.

#### Análisis estratégico de la organización

Se analiza la empresa objeto de estudio de forma estratégica por lo que se tiene en cuenta todos los elementos estratégicos tales como: misión, visión y objetivos estratégicos, teniendo en cuenta la incidencia de los factores tanto externos como internos que ha identificado la empresa para su desenvolvimiento en el escenario actual en que se desempeña, con el fin de evaluar su correspondencia.

En esta etapa, se formulan las decisiones estratégicas empresariales y se definen los soportes organizacionales, así como el sistema de control para la puesta en práctica del sistema estratégico.

### **Plan de producción a largo plazo**

El plan de producción a largo plazo recoge las necesidades para hacer frente al plan de ventas a largo plazo, además de ser el punto de partida de la planificación y control de la producción, aspectos que quedaron evidenciados en la fundamentación teórica de esta investigación. La estrategia de operaciones se basa en un plan a largo plazo que busca mejorar la competitividad de la compañía. (Figura 3).

El punto de partida del procedimiento planteado es la realización del pronóstico de ventas, para lo cual se propone la utilización del método Delphi, considerando que dicho método es aplicable para la realización de pronósticos a largo plazo, cuando las estadísticas no son muy confiables o cuando no

existe información histórica por tratarse de un nuevo producto o servicio, además, al igual que el resto de los métodos puede combinarse con otros para mejorar la confiabilidad de los resultados.

La aplicación del método Delphi permite realizar una valoración más objetiva del pronóstico realizado, considerando los criterios y restricciones del sistema (1), entre los que se destacan los siguientes:

- Situación del mercado con respecto a los productos o servicios que se ofertan.
- Introducción de nuevos productos o servicios.
- Flexibilidad del proceso para satisfacer la demanda.
- Localización de las instalaciones.
- Distribución en planta.

Una vez realizado el pronóstico de ventas, se divide entre las diferentes unidades de la empresa (2) y a su vez el de cada unidad en servicios (3), para obtener el plan a largo plazo preliminar (4) de cada una de ellas. En todo este proceso se utiliza nuevamente el método Delphi, pero considerando los criterios siguientes con respecto a los servicios:

- Importancia estratégica.
- Situación del mercado.
- Disponibilidad de recursos materiales.
- Rentabilidad.

El plan preliminar obtenido anteriormente se compara con la estimación agregada de la capacidad (5), para de esta forma realizar el balance (6) correspondiente, que permita tomar decisiones sobre el ajuste de la demanda o la capacidad en caso de existir diferencias significativas entre el plan y la capacidad (Balance no satisfactorio). De lo contrario (Balance satisfactorio) el plan preliminar de cada unidad es propuesto como el plan a largo plazo (7), el cual es enviado al Organismo Superior de Dirección Empresarial (OSDE) para su análisis (8).

De no ser confirmado, debe comenzarse el procedimiento desde el inicio realizando los ajustes pertinentes, mientras que en el caso contrario el plan propuesto pasa a ser el plan de producción definitivo de la empresa (9).

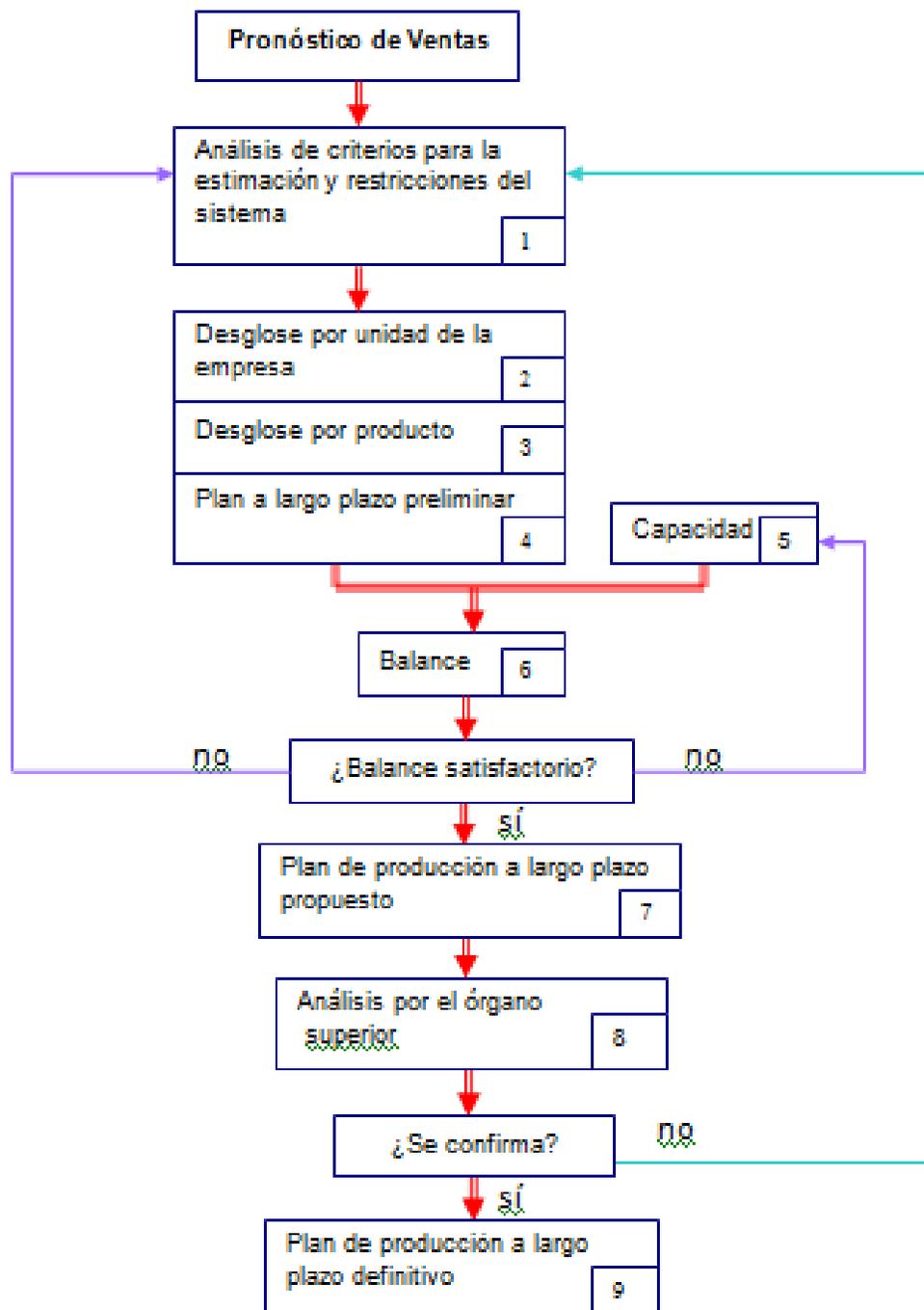


Figura: 3 Procedimiento para la determinación del plan de producción a largo plazo. (Fuente: Elaboración propia).

### Procedimiento para el nivel agregado de planificación

En el nivel táctico de planificación en las empresas que se dedican a la realización de obras de ingeniería se obtiene el plan anual o agregado de planificación. Considerando las particularidades del proceso se propone el procedimiento que se muestra en la Figura 4. El punto de partida del plan anual son los pedidos pendientes (1), luego estos junto a la capacidad (2) se entregan al organismo rector de la entidad el cual asigna las obras priorizadas (3), se ejecuta un balance (4) y si la capacidad estuviera insatisfecha se procede a efectuar conciliaciones con otras entidades interesadas (5) y luego se realiza el desglose por meses (6), si la demanda es satisfecha se realiza el desglose quedando de esta manera el plan anual (7). Para realizar este procedimiento hay que tener en cuenta que se debe realizar en unidades de medida como el metro cúbico en el caso de la familia que se está analizando y no en pesos o miles de pesos como se realiza actualmente. En otro tipo de obras puede que no exista homogeneidad en las unidades de medida y se podrá utilizar las unidades monetarias.

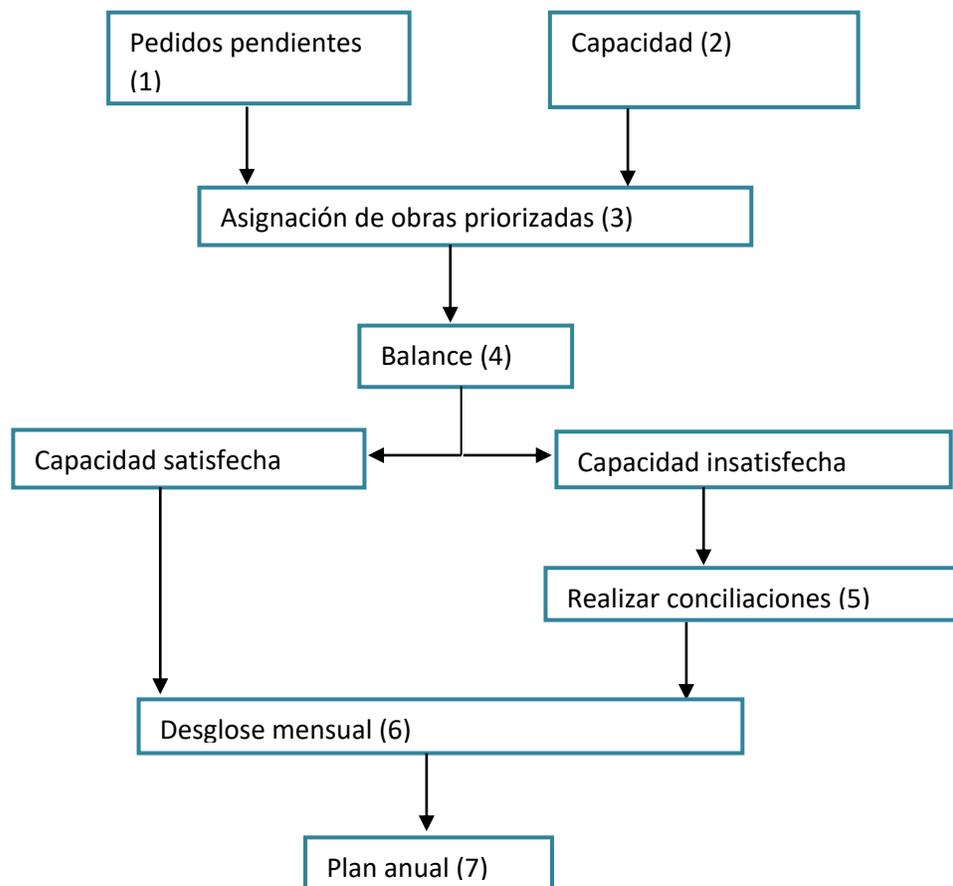


Figura 4: Procedimiento para la planificación anual. (Fuente: Elaboración propia).

### Procedimiento para el nivel táctico-operativo de planificación

En el nivel táctico-operativo se deben obtener tres tipos de planes dentro de la planificación de la producción: la programación de la producción, la programación de componentes y la programación detallada; en esta se tiene en cuenta tanto los recursos materiales, de equipamiento, humanos y los costos. Para la realización del nivel operativo se propone el procedimiento de la Figura 5 el cual se basa en el uso del programa Microsoft Project ya que en este se aprecian todos los tipos de planes que requiere el nivel y facilita el control y la toma de decisiones.

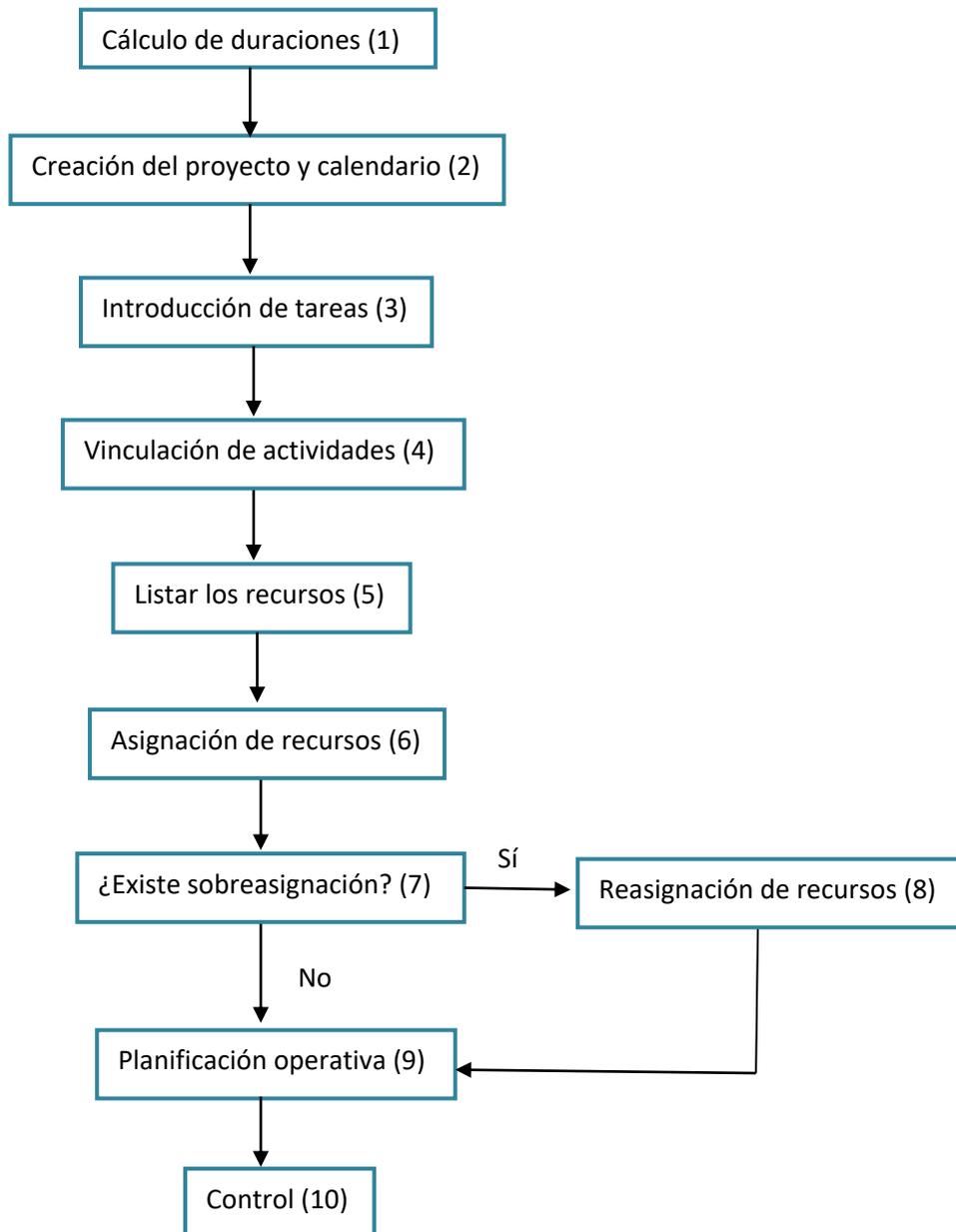


Figura 5: Procedimiento para el nivel táctico-operativo de planificación. (Fuente: Elaboración propia).

El procedimiento comienza con el cálculo de la duración que requiere cada actividad según las capacidades de mano de obra y equipos con que se cuenta (1), luego se abre un nuevo proyecto en el Microsoft Project donde se definen la fecha de inicio y el calendario a utilizar (2) pues este tipo de entidades cuenta con calendarios propios del tipo de obra de ingeniería que se proyecte. Consecutivamente se introducen las tareas a realizar por cada obra (3) con las duraciones calculadas y el día que va a comenzar la obra en la vista diagrama de Gantt. Seguidamente se vinculan las actividades (4) pues existen tareas que son necesarias terminar juntas o comenzar juntas, posteriormente se pasa a la hoja de recursos donde se listan todos los recursos utilizados en las obras (5) ya sean de tipo material., de costo o de trabajo, en este último se incluyen los equipos y la mano de obra. A estos recursos también se le insertan en el caso de los materiales las cantidades y los costos y en el caso de los de trabajo igualmente se ponen los costos asociados pero las cantidades se ponen en por ciento siendo un equipo el 100%. Después de insertados los recursos se regresa a la vista diagrama de Gantt y se asignan estos a cada tarea de las ya programadas (6). Al terminar el paso anterior se podrá observar si existe sobreasignación de recursos (7) o no, lo cual se aprecia como unos símbolos rojos al lado de cada tarea que cuenta con un recurso sobre asignado. De no existir sobreasignación quedaría la planificación de la producción a nivel táctico (9), de lo contrario se procede a la reasignación de los recursos (8) donde se pueden tomar varias decisiones de acuerdo a la situación de la entidad. Las decisiones pueden ser incrementar el recurso sobre asignado si se cuenta con más de estos disponibles o redistribuir los recursos tarea por tarea lo cual significa atrasar la tarea para cuando el recurso esté disponible e ir alternándolas siempre que sea posible para lograr finalizar las obras dentro del año de trabajo. Cuando no quedan recursos sobre asignados entonces se puede apreciar la planificación de la producción a nivel táctico (9). Luego de realizada la planificación se controla (10) haciendo uso de varias de las opciones del programa como son el seguimiento de las obras que nos indica según el día en que por ciento debe estar realizada la obra o mediante el uso de la variedad de informes que se pueden crear en el programa.

#### **2.1.5. Paso 5. Completamiento de la preparación del personal que trabaja en cada uno de los niveles del sistema**

La preparación de todo el personal que trabaja en cada uno de los niveles del sistema juega un papel fundamental; de la calidad de su trabajo depende en gran medida el éxito posterior en la aplicación de las propuestas para la mejora del sistema de planificación y control de la producción. La transición de un método a otro requiere de instrucción y capacitación de las personas que trabajan en puestos diversos. Esto es así, sobre todo, cuando una empresa cambia de un sistema principalmente informal a uno formal. La alta dirección y el personal requieren capacitación e instrucción. Pueden cambiar las

técnicas de planeación de producción; por consiguiente, es necesario que todo el personal comprometido comprenda los objetivos de estas técnicas y cómo trabajan.

### **2.1.6. Paso 6. Análisis del comportamiento de los portadores de la mejora**

Una vez aplicado el procedimiento es necesario comprobar si este satisface los portadores de mejora enunciados en un primer momento, de lo contrario se debe regresar al paso 4 y analizar qué otro aspecto puede ser cambiado. Si luego de aplicar los nuevos cambios aún no se satisfacen las necesidades se vuelve al paso 2, a repetir el diagnóstico y detectar nuevas dificultades. Si todo lo anterior no es suficiente se comienza nuevamente desde el primer paso. Este paso es esencial en el procedimiento pues es el que pone en práctica la mejora continua del proceso.

## **2.2 Conclusiones parciales**

- 1- En los momentos actuales, en que los patrones de competitividad cambian constantemente, el procedimiento para la mejora del sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería constituye una valiosa herramienta para su mejoramiento continuo y el logro de los niveles de competitividad deseados por la organización.
- 2- El sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería se concibe bajo un enfoque jerárquico acorde a las tendencias actuales y a la vez que permite el análisis de cada una de sus partes; es una vía para el logro de la integración y el cumplimiento de los objetivos empresariales, además de facilitar la gestión integrada con otras funciones.
- 3- Los procedimientos propuestos dentro de cada nivel para la planificación y control del servicio de obras de ingeniería se corresponden con el enfoque que más predomina en el mundo, en lo referente a su orientación hacia el cliente, además de establecer con un alto grado de flexibilidad el modo de actuar para su implementación y generalización.
- 4- El procedimiento propuesto en el nivel táctico-operativo es una novedosa e importante herramienta que establece la vía idónea para diseñar el sistema de planificación y control para la realización de obras de ingeniería, basado en las características propias del proceso y los portadores de mejora de este.

## **CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACION DE LA PRODUCCION EN EL ECOING # 25**

### **3.1 Introducción**

En correspondencia con el método general para solucionar un problema científico, se hace imprescindible llegar a la validación de la hipótesis general de la investigación planteada, a través de la aplicación de las soluciones propuestas en un objeto de estudio práctico.

### **3.2 Aplicación del procedimiento para la mejora del sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería**

El procedimiento propuesto para la mejora continua del sistema de planificación y control de la producción del servicio de obras de ingeniería que se sigue es el que se muestra en el epígrafe 2.1. (Figura 2).

#### **3.2.1 Paso 1. Estudio de las condiciones empresariales para el mejoramiento del sistema de planificación y control en la realización de obras de ingeniería**

En este primer paso se realiza un análisis de las condiciones de la entidad para conocer si es factible la aplicación del procedimiento propuesto. Para esto es necesario que se cumplan las premisas de aplicación siguientes:

La ECOING # 25 no utiliza la planeación estratégica como método general de planeación y su alta dirección está comprometida a enfrentar un proceso de cambio que conduzca a lograr la máxima eficiencia, eficacia y competitividad, centrado en la satisfacción del cliente. La empresa cuenta con un personal capacitado para constituir equipos de trabajo, así como la disponibilidad de los recursos y la información necesaria para el comienzo del proceso de mejora continua y la aplicación de las soluciones.

#### **3.2.2 Paso 2. Diagnóstico de la gestión productiva**

**Primera etapa:** Caracterización de la Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25

La ECOING # 25 tiene su génesis en un grupo de obras socio-económicas que a raíz del triunfo revolucionario emprende el país en la región central para ir resolviendo los problemas más agobiantes de la época. Está insertada en el Perfeccionamiento Empresarial y sintetiza y agrupa una larga experiencia, tesón e inteligencia de directivos, técnicos y trabajadores que han logrado a lo largo de más de 30 años construir las más diversas, complejas y brillantes obras de la ingeniería

cubana. El sistema de gestión de la Calidad implantado está basado en la Norma Cubana (NC) ISO 9001:2008.

### **Visión**

Somos líderes en los servicios de construcción de obras con elevada competitividad.

### **Misión**

Satisfacer las expectativas de nuestros clientes en los servicios de construcción de obras, apoyados en un Sistema de Gestión de la Calidad y el fortalecimiento del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial., con una fuerte influencia de la confianza en el éxito, la rentabilidad, seriedad y responsabilidad de nuestro capital humano.

### **Valores compartidos**

**Respeto:** consideración ante el trabajo de los demás y el propio.

**Tradicición:** transmisión de doctrinas y costumbres hacia las futuras generaciones.

**Seriedad:** actitud reconocida ante las tareas asignadas.

**Responsabilidad:** capacidad demostrada para reflexionar, administrar, orientar y valorar las consecuencias de sus actos.

**Adaptación:** acción y efecto de ajustarse a los cambios y modificaciones del entorno.

**Compromiso:** obligación de reparar, satisfacer y de cumplir con las obligaciones contraídas.

### **Estructura organizativa**

La Empresa cuenta con una Dirección General y 12 Unidades Empresariales de Base (UEB) para ejecutar los trabajos contratados; estas unidades están diseñadas de manera flexible pudiéndose fragmentar o agrupar en función de la envergadura de la obra a ejecutar (**Anexo 9**). Presentan autonomía, gran adaptabilidad, movilidad y rápido emplazamiento; son ellas:

- UEB Contingente Fidel Ramón Ortega Moreno (Movimiento de Tierra)
- UEB Contingente Leoncio Vidal Caro (Movimiento de Tierra y Asfalto)
- UEB B-1 de Hidrología
- UEB B-2 de Construcción civil
- UEB B-3 de Movimiento de tierra
- UEB B-5 de Movimiento de tierra y construcción Civil
- UEB de Abastecimiento

- UEB de Electromecánica
- UEB Taller los Sirios
- UEB Taller Ochoita
- UEB de Asfalto
- UEB Servicios integrales al constructor

La fuerza de trabajo con que cuenta la empresa objeto de estudio está compuesta por las siguientes categorías ocupacionales: 103 dirigentes, 274 técnicos, 17 administrativos, 135 de servicio y 1341 obreros para un total de 1872 trabajadores.

La Empresa Constructora de Obras de Ingeniería # 25 cuenta con el siguiente grupo de proveedores:

- EES Comercializadora Escambray VC
- MICONS
- SIME (DIVEP y otros)
- Geocuba
- Taller Taino
- Empresa Materiales de la Construcción VC
- EES Aseguramiento y Logística Hidráulica
- SAC Almacenes Universales SA
- MAPRINTER
- COMETAL
- SAC Corporación Copextel SA

De manera general el abastecimiento de las obras que realiza la entidad, parte de la contratación con los principales clientes que soliciten la ejecución de la obra, después de un proceso de aprobación a nivel ministerial., según las partidas de gastos en las que se incurrirá tras la construcción de la misma. Los materiales se obtienen a raíz de la correcta gestión de compras puesta en práctica por los especialistas encargados de elegir los materiales idóneos para la confección del proyecto y según los requisitos establecidos en el contrato. Las partes de las instalaciones hidráulicas, eléctricas, implementos de carpintería y los materiales como cemento, arena, gravilla, acero, entre otros establecidos en la carta límite son almacenados en la UEB de Abastecimiento y transportados con vehículos propios de la ECOING # 25.

Los principales clientes son los siguientes:

- MINTUR
- MITRANS

- MES
- OLPP
- ALMEST
- Inversionista del programa de la Batalla de Ideas
- INRH

### **Caracterización del proceso**

El proceso seleccionado para el presente proyecto es el de movimiento de tierra, conjunto de operaciones a realizarse en un terreno para la ejecución de una obra. La UEB seleccionada fue el Contingente Fidel Ramón Ortega Moreno, especialistas en este proceso el cual se encuentra certificado por la NC ISO 9001:2008. Dentro de las funciones que son realizadas tenemos, soltar y remover la tierra, elevar y cargar la tierra en vehículos que han de transportarla y compactar la tierra.

### **Caracterización del entorno interno y externo**

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Contingente Fidel Ramón Ortega Moreno consciente de la necesidad de construir Obras con la calidad según los requisitos del clientes, los legales y reglamentarios establecidos para dar conformidad a la normas ISO-9001-2008 con la cual se encuentran certificada; realiza servicios de construcción para obras de Ingeniería y sociales, para la creación de la base económico-social para esto se cuenta con el asesoramiento del Grupo Gestor de la Calidad en la ECOING # 25.

La Unidad Empresarial de Base, cuenta con una plantilla de 300 trabajadores, durante la ejecución de las obras se aplican las Normas y Regulaciones de la Construcción (RC) establecidas para la ejecución y seguridad y salud en el trabajo en el MICONS. Se elaboran proyectos de seguridad y salud en el trabajo para cada obra con el fin de identificar, evaluar y prevenir, los riesgos que existen y otros que puedan originarse durante las operaciones que se ejecutan en las obras. Para la elaboración de estos proyectos se tiene en cuenta la Base Normativa y Jurídica que el Estado Cubano ha puesto en vigor para proteger la vida de los trabajadores, entre las que se encuentran:

- Decreto Ley 101 (Reglamento de la Ley No 13)
- Decreto Ley 141 ( Medidas de Prevención de Incendios)
- Resolución 204: 2014 Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo para la Construcción Civil y Montaje
- Bases Generales para la Organización de la Protección e Higiene del Consejo de Ministros.

Para que los suministros estén disponibles en la UEB, todos los días primero de cada mes esta realiza la solicitud de materiales a sus respectivos proveedores, las cantidades totales que se necesitan de los mismos se fijan en el contrato de la obra, pero en estas solicitudes mensuales las cantidades se estiman por el especialista de la Dirección de Operaciones.

Actualmente el cliente principal correspondiente a las obras de la UEB es el Ministerio del Turismo (MINTUR).

La empresa está relacionada con el medio ambiente ya que la organización tiene implementado el sistema de Gestión Ambiental según NC-ISO 14001:2004. La empresa posee la licencia ambiental para el manejo de desechos. La empresa no ha sido sancionada o advertida por las autoridades ambientales.

### **Análisis de la variable económica**

Al analizar la información de documentos primarios como el documento indicadores fundamentales 2016 (**Anexo 10**), de la empresa donde se reflejan los indicadores económicos y financieros tales como Ingresos, Utilidad, Costo por peso, índice de liquidez se encuentra un comportamiento favorable ya que se cumple con lo planificado y se sobrecumple en los índices, por lo tanto la variable económica tiene un comportamiento adecuado.

### **Segunda etapa: Análisis de las exigencias técnico-organizativa**

#### Capacidad de reacción

El cumplimiento de los plazos está vinculado con el nivel de ejecución de las obras, en el documento Control Plan de la ECOING # 25 perteneciente a la empresa se muestra la ejecución de las obras planificadas. Las obras que no terminaron según lo previsto presentan un por ciento de cumplimiento por debajo del cien por ciento y afectan directamente la capacidad de reacción de la empresa, en el año 2016 el número de obras con estas características fue de 33 representando el 31,13% del total de obras por lo tanto la capacidad de reacción real es mayor que la planificada.

#### Fiabilidad

Para analizar la fiabilidad se utilizó la información del documento Control Plan de la ECOING # 25 donde se muestra la ejecución de las obras planificadas para el año 2016. La cantidad de obras que no se terminaron según lo previsto fueron 33 de un total de 106, de ellas dos tuvieron señalamientos por parte de los clientes sin llegar a convertirse en reclamaciones jurídicas. Por tanto utilizando la información antes mencionada se calcula la fiabilidad.

$$F = \left( \frac{\text{Cant. de pedidos de dentro del plazo}}{\text{total de pedidos}} \right) \left( 1 - \frac{\text{Cantidad de pedidos con reclamación por falta de calidad}}{\text{Total de pedidos}} \right)$$

$$F = \left( \frac{106 - 33}{106} \right) \left( 1 - \frac{2}{106} \right) = 0,67568 = 67,57\%$$

Al analizar los resultados la fiabilidad no es buena, aunque el índice de reclamaciones es bajo (1,88%) el nivel de servicio es de 68,87%. Se conoce que las principales causas que afectan la fiabilidad son:

- Suministros.
- No aprobación de financiamiento.
- No está preparada el área en tiempo por la empresa que antecede.

Flexibilidad

La flexibilidad en cuanto a la fuerza de trabajo en la empresa puede considerarse media, ya que los obreros de cada contingente cuentan con la capacidad y la preparación necesaria para desempeñar los tipos de obra que se realizan dentro de la empresa pero cada obrero dentro del contingente tiene su especialidad y solo se desempeñan en esta teniendo un alto dominio de sus funciones.

En cuanto a los medios de trabajo la flexibilidad es media ya que existen medios que pueden ser utilizados en diferentes actividades como es el caso de los camiones o equipos que se pueden utilizar en diferentes obras pero también se cuentan con medios especializados para funciones específicas que solo se utilizan en determinada obra.

Estabilidad

Para analizar la estabilidad se utilizó la información perteneciente al Informe de indicadores fundamentales de los últimos cinco años. Los resultados obtenidos al calcular la estabilidad se pueden apreciar en la Tabla 1.

El comportamiento de esta exigencia muestra que donde existen más problemas de estabilidad es en el indicador utilidad seguida por la productividad neta, la inestabilidad del primero puede estar relacionado con el segundo ya que la utilidad puede verse afectada directamente por la inestabilidad de la productividad en los últimos cinco años.

Indicadores	$\bar{x}$		S		Estabilidad	
	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Producción Bruta	66 943,2	69 638,36	2 542,66	2 965,55	0,9620	0,9574
Utilidad	2 444,2	3 369,8	816,48	1 395,28	0,6659	0,5859
Costo por peso	0,8922	0,8838	0,05	0,069	0,9439	0,9219
Productividad neta	1 522,2	1 686,2	128,24	264,58	0,9157	0,8430

Tabla 1: Resultados de los cálculos de estabilidad (Fuente: Elaboración propia)

### **Tercera etapa:** Análisis de los principios de la organización de la producción

#### Proporcionalidad de la producción

Analizando su comportamiento a partir de los indicadores técnicos brindados por la empresa (**Anexo 11**) se trabaja por encima de lo planificado, el coeficiente de disponibilidad técnica, la utilización productiva, el porcentaje de roturas y el mantenimiento programado se comportan de manera positiva en cuanto al plan lo que posibilita un aprovechamiento de las capacidades para que no existan cuellos de botella ni dilataciones del ciclo de producción significativos. Estos indicadores se hacen a partir de ajustes del plan a real lo que no permite hacer una valoración real de la organización. Si se analizan los porcentajes de cumplimientos de las obras se encuentran una cantidad de ellas con un por ciento de terminación por debajo de lo planificado, se conocen que se realizan paradas dadas en lo fundamental por falta de materia prima, condiciones ambientales, no existe disponibilidad de algunos equipos ya que se utilizan también en otras obras, además de las roturas, y todas estas causas afectan la proporcionalidad.

#### Continuidad del objeto de trabajo

La continuidad del objeto de trabajo se ve afectada al igual que la proporcionalidad como fue planteado anteriormente. Las limitantes para que exista continuidad del objeto de trabajo están dadas por atrasos en la materia prima que viene de los inversionistas, condiciones ambientales y fallas en los equipos de construcción con más de treinta años de trabajo. También se ve afectada por la falta de mecanismos para la coordinación de las actividades que permita o facilite el desarrollo de estas.

#### Continuidad de la fuerza de trabajo

Para el análisis de este principio se utiliza la información referida en el documento Indicadores fundamentales del 2016 donde al analizar la información la productividad se encuentra por encima del cien por ciento es decir los niveles de productividad están por encima de lo planificado. Además, se

conoce que el aprovechamiento de la jornada laboral es de un 99% lo que posibilita que exista continuidad de la fuerza de trabajo.

#### Continuidad de los medios de trabajo

A pesar de la información antes mencionada que enuncia que el coeficiente de disponibilidad técnica y la utilización productiva se encuentran por encima de lo planificado sus porcentajes no son buenos lo que demuestra que la continuidad de los medios de trabajo puede verse afectada principalmente por las roturas de los equipos causadas por la gran cantidad de años de explotación.

#### Análisis de la variable humana

Los trabajadores poseen un gran sentido de pertenencia con la organización, así como una buena comunicación y empatía entre obreros y directivos lo que tiene una influencia considerable en el desempeño del colectivo. Los obreros están calificados en las actividades que se realizan dentro de la UEB a la que pertenecen, trabajan largas jornadas de ser necesario y se destacan por presentar altos niveles de productividad que sobrepasan lo planificado. En cuanto a técnicas avanzadas existe falta de capacitación en los trabajadores y algunos casos de mal uso de medios de protección que no son significativos.

#### **Cuarta etapa:** Análisis del sistema de trabajo del proceso

##### Análisis de la planificación

Dentro de la planificación agregada para las ventas no se analizan los mercados ya que las obras son por directiva del organismo superior y sí existe un nivel de integración con los clientes. En cuanto a las compras no son suficientes los suministros para satisfacer los mercados y sí existe nivel de integración con los proveedores.

En la producción se realiza la previsión de la demanda a partir de la experiencia de los especialistas y por comportamientos históricos, el desglose del plan a largo plazo se realiza mensualmente en miles de pesos. Se toman en consideración los pedidos comprometidos en períodos anteriores ya que hay obras que continúan de un año al otro. Para las necesidades de producción se parte de la capacidad productiva que tenga cada UEB y a partir de ahí se comienza con los tres elementos anteriores. Como estrategia de planeación agregada está implantada la fuerza de trabajo nivelada con horario propio de la actividad que se realiza. Se realiza el cálculo de las capacidades teniendo en cuenta equipos y fuerza de trabajo disponibles mediante el programa computarizado AIBALAN. Se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo) y no se realiza la nivelación a partir del balance.

En cuanto a la Programación maestra la previsión de la demanda sí se realiza, se toman en consideración los pedidos pendientes y existen otras fuentes de demanda que son las obras que comienzan como directiva, la desagregación del plan agregado se realiza en valores de miles de pesos (MP). Se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo) y no se realiza la nivelación a partir del balance.

Analizando la programación de componentes en cuanto a las compras se realiza un análisis de los principales suministradores de los diferentes componentes en cuanto al equipamiento, los componentes más deficitarios son las piezas de repuesto de la línea Kamaz y Pegaso, o algunos productos importados para obras que los requieran.

En cuanto a la producción en la programación de componentes se realiza el desglose de componentes de acuerdo a los suministradores (áridos, cemento), se determinan los *stocks* necesarios según el plan operativo del próximo mes, los tiempos de suministros se conocen ya que son mensualmente y existe registro de los inventarios.

Para la programación detallada se parte de la programación maestra y de la programación de componentes, se realizan pronósticos de la demanda, se determinan las órdenes de producción mediante el plan operativo, la asignación y secuenciación de las órdenes se realiza mediante el plan operativo que se hace por UEB, se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo) y no se realiza la nivelación a partir del balance.

#### Determinación del nivel de importancia

Después del análisis anterior se puede afirmar que los atrasos en los plazos de entrega están causados fundamentalmente por los problemas existentes en la planificación como son el desglose del plan de producción que se realiza en valores monetarios (MP), falta de materias primas en tiempo, se pronostica la demanda por experiencia, no se realiza la nivelación de la producción a partir del balance y no se tiene en cuenta la simultaneidad de las obras para planificar los equipos. Se realizó un trabajo con expertos para decidir el orden de importancia en que deben ser resueltos de forma tal que contribuyan a una elevación de la satisfacción de los clientes. Para esto se determinó el número de expertos necesarios para realizar este análisis mediante la fórmula.

$$n = \frac{p \times (1 - p) \times k}{i^2}$$

$n$  - Número de expertos

$i$  - Nivel de precisión deseado

$p$  - Proporción estimada de errores de los expertos

$k$  - Constante asociada al nivel de confianza elegido

Se tomó un nivel de confianza del 99% (para NC = 99%  $K = 6.6564$ ), un nivel de precisión del 10% ( $l=0.10$ ) y un error máximo a tolerar en el juicio de los expertos del 1.5% ( $P=0.015$ ). Al sustituir:

$N= 10$  expertos

Los expertos fueron seleccionados por sus conocimientos respecto a los problemas detectados.

Nombre	Cargo que ocupa
Yanelis Paz García	Especialista principal Grupo Control de la Producción
Jorge Chaviano Brito	Director de Operaciones
Osmany Sánchez LLorente	Jefe Grupo de Calidad
Roger Torres Pacheco	Director Técnico
Osmany Mesa Delgado	Jefe Grupo Balance
Irela Figueroa Pérez	Especialista Obras de Ingeniería
Alexei González Díaz	Especialista Obras de Ingeniería
Osmel Alba García	Director Económico
Heriberto Mesa	Director General
Pedro Bencosme Cabrera	Director Capital Humano

Tabla 2: Expertos seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Después de seleccionados los expertos se realiza un análisis del peso específico de cada problema existente en la planificación con el objetivo de establecer un orden de prioridad en su solución. La puntuación se da en una escala de 1 a 5, donde 1 representa el menos importante y 5 el más importante. Los resultados de la puntuación de cada experto se resumen en el **Anexo 12**.

Se procede a determinar si el criterio de los expertos es o no consistente, con un nivel de confianza de 95 %, empleando para ello el SPSS y planteando la dócima de hipótesis siguiente:

$H_0$ : No hay concordancia entre los expertos.

$H_1$ : Hay concordancia en el criterio de los expertos

Test Statistics	
N	10,000
Kendall'sW <sup>a</sup>	0,746
Chi-Square	29,840
Df	4,000
Asymp. Sig.	0,000
a. Kendall's Coefficient of Concordance	

Asymp=0.000

$\alpha=0.05$

0.000<0.05 se cumple la región crítica y por tanto hay concordancia entre los expertos.

Por tanto los problemas de mayor peso son los siguientes: no se tiene en cuenta la simultaneidad de las obras para planificar los equipos y el desglose del plan de producción se realiza en valores monetarios (MP). A partir de lo anteriormente expuesto el objetivo principal de la presente investigación es darle solución a estos problemas.

Resumen de los problemas

A partir de la recopilación y análisis de la información, se determinaron los problemas fundamentales que afectan el sistema de producción y por consiguiente la satisfacción de los clientes, estos problemas se representaron en un diagrama causa-efecto (**Anexo 13**).

**3.2.3 Paso 3. Definición de la filosofía, principios, objetivos y portadores de la mejora del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería**

La filosofía del sistema de planificación que se define es *Lograr la satisfacción del cliente en los procesos de realización de obras de ingeniería con una calidad, plazos de entrega y costos acorde a sus necesidades como resultado de una mejora continua de los procesos de planificación.*

Objetivos del sistema de planificación:

- ✓ Garantizar la entrega en tiempo de las obras.
- ✓ Contar con la materia prima necesaria.
- ✓ Lograr una rápida reacción ante los cambios.

Principios del sistema de planificación:

- Flexibilidad: el sistema de planificación permite la adaptación a los cambios generados en el entorno de la empresa sin afectar su funcionalidad.
- Fiabilidad: considera la posibilidad de que el sistema funcione con la menor cantidad de interrupciones posibles.
- Racionalidad: el sistema debe operarse con los menores costos posibles.
- Jerarquía del proceso: se trabaja desde los niveles estratégico y táctico a escala de toda la organización, hasta el nivel operativo.
- Integrador: se integran el sistema de planificación de la producción con los demás procesos y áreas de la entidad.
- Mejora Continua: el sistema de planificación de la producción debe ser adaptable a las políticas y estrategias que surgen continuamente, por lo que deben plantearse los portadores de la mejora como un criterio concreto que permita acercarse a los objetivos trazados.

Portadores de la mejora:

- Cero desperdicio de las capacidades.
- Reducción constante de los tiempos de entrega de las obras.
- Disminución de la sobrecarga de los equipos.

### **3.2.4 Paso 4. Análisis de los niveles de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería**

Conociendo los problemas con los que cuenta la empresa en cuanto a la planificación de la producción luego de realizado el diagnóstico y lo que se desea obtener es inevitable buscar mejoras para lograrlo. Para estas mejoras se propone realizar la planificación de la producción de la forma que se describe en este paso.

Primeramente es necesario definir en la empresa los niveles del sistema de planificación y control del proceso de realización de obras de ingeniería. Luego se desarrollan las herramientas para llevar a cabo cada uno de los planes.

#### **Procedimiento para el nivel estratégico de planificación**

En el caso de la ECOING # 25 se generan y evalúan los planes basándose en el comportamiento de períodos pasados, en datos de los estados financieros, controles del área de producción y por la experiencia e intuición del personal que participa en el proceso de planificación, se adolece del uso de gráficos, técnicas y métodos científicos para realizar dicho proceso fundamentalmente por la cultura organizacional y la operatividad de la organización.

En el proceso de planificación se desea tener una visión a largo plazo y definir objetivos inmediatos para hacer cumplir el largo plazo. La solución para esto es jerarquizar el proceso, o sea, establecer diferentes niveles de planificación. El enfoque jerárquico tiene como objetivo estructurar la planificación y el control en diferentes niveles con diferentes decisiones en cada nivel. A continuación en el **Anexo 14** se muestra el enfoque jerárquico del ECOING # 25, en la cual se ponen de manifiesto todos los niveles del mismo.

Partiendo del análisis de la matriz DAFO empresarial (**Anexo 15**) llama la atención que se encuentran con igual impacto los cuadrantes que cruza las debilidades con las oportunidades y el cuadrante fortalezas con las oportunidades, por lo que trabajando sobre las principales debilidades se podría pasar de una posición de reorientación a una ofensiva aprovechando en la estrategia empresarial las oportunidades.

#### **Diagnóstico estratégico de operaciones.**

A partir de los resultados de la DAFO vinculados a las operaciones se obtuvieron los siguientes resultados.

Como principales fortalezas.

1. Fuerza de trabajo estable, con experiencia y alto sentido de pertenencia.
2. Medios de computación con apoyo de programas.
3. Sistema de Gestión de Calidad implantado y certificado basado en la NC ISO 9001:2008

Como principales debilidades.

1. Deficiente sistema de planificación y control de la producción.
2. Incumplimiento con los plazos de entrega.
3. Envejecimiento de equipos de construcción y tecnológicos.

Como principales oportunidades.

1. Existencia de instituciones prestigiosas de capacitación y superación profesional.
2. Aprovechamiento del desarrollo de tecnologías de información científico - técnica.
3. Clientes estables.

Como principales amenazas.

1. Materia prima defectuosa.

2. Limitada aprobación por las organizaciones superiores de financiamiento para las inversiones.
3. Éxodo de personal con experiencia al cumplimiento de misiones.

Los resultados obtenidos se pueden observar en el **Anexo 16** de la presente tesis. Se destaca como principal fortaleza, la fuerza de trabajo estable, con experiencia y alto sentido de pertenencia, como principal debilidad, deficiente sistema de planificación y control de la producción, como principal oportunidad, es la existencia de instituciones prestigiosas de capacitación y superación profesional y como principal amenaza, limitada aprobación por las organizaciones superiores de financiamiento para las inversiones.

La empresa, desde el punto de vista de operaciones, se encuentra en una posición de subsistencia, por lo que se tienen que desarrollar acciones que conlleven a minimizar las debilidades para minimizar el efecto de las amenazas.

A partir del análisis de la estrategia de operaciones se trazaron los siguientes objetivos estratégicos con una implementación a largo plazo:

- Mejorar el Sistema de Planificación y Control del servicio de obras de ingeniería.
- Adquirir equipos de tecnología de punta especializados en obras de ingeniería.
- Desarrollar un programa de capacitación en herramientas de dirección para los especialistas en las instituciones prestigiosas de superación profesional.

En este caso es evidente la necesidad de mejorar la planificación y el control donde se utilicen modelos para la previsión de la demanda, aprovechándose el desarrollo de tecnologías científico - técnicas, además de solucionar las debilidades en cuanto a que exista una carencia de estrategias que permitan la mejora de la producción a largo plazo, para esto se tendrá que definir un sistema de planificación y control de los recursos necesarios en los diferentes niveles.

Para garantizar la materialización de dicha estrategia es preciso establecer el objetivo general que permita su cumplimiento, el cual se muestra a continuación:

Objetivo general:

Implementar un sistema de planificación y control de la producción a nivel estratégico-táctico-operativo, de manera que haya un incremento de la competitividad, garantizando la satisfacción de las especificaciones de los clientes, tanto internos como externos, centrados en una mayor eficiencia tecnológica y diversificación de las producciones.

También se efectúa la planificación agregada donde se tiene en cuenta los pedidos pendientes y la asignación de obras por parte del organismo rector y es propuesta en valores monetarios (MP). Además, se hace la planificación de la producción, la programación de componentes y la programación detallada las cuales pertenecen al nivel táctico-operativo y se propone realizarlas conjuntamente en el programa Microsoft Project.

### Planificación a largo plazo

El procedimiento representado en el Capítulo II fue aplicado en la empresa objeto de estudio práctico en el año 2017, con la participación de un grupo de expertos seleccionados por su experiencia, nivel de conocimientos, especialidad, grado de compromiso y su afinidad con la tarea a ejecutar. Los resultados finales de cada una de las etapas se muestran en las siguientes tablas.

Año	2016	2017	2018	2019
Valor de las ventas (MP)	<b>73648.0</b>	<b>76107.3</b>	<b>76115.6</b>	<b>71855.4</b>

**Tabla 3** Pronóstico de ventas de la empresa (Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa)

UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE	UM	2016	2017	2018	2019
UEB No.1	MP	8364.9	8907.6	10766.4	8243.6
UEB No.2	MP	4849.7	4896.9	4800.0	4184.3
UEB No.3	MP	4493.1	4161.6	3936.0	4720.3
UEB No.5	MP	6558.8	6854.2	6000.0	6305.1
UEB Contingente Leoncio Vidal Caro	MP	26472.0	22678.8	8688.0	11749.0
UEB Contingente Fidel Ramón Ortega	MP	12134.0	10460.8	17032.4	18709.3
UEB Taller Electromecánica	MP	7391.4	19138.7	15861.6	11329.7
UEB Talleres y Equipos	MP	3384.0	8.7	9031.2	6614.1
Total Empresa	MP	<b>73648.0</b>	<b>76107.3</b>	<b>76115.6</b>	<b>71855.4</b>

**Tabla 4** Desglose de las ventas por UEB (Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa)

Programa	UM	2016	2017	2018	2019

<b>Ingeniería</b>	MP	<b>62086.0</b>	<b>55445.6</b>	<b>65875.9</b>	<b>61211.46</b>
Movimiento. de Tierra	MP	33089.0	31949.5	36752.4	30034.16
Programa de asfalto	MP	15610.0	11551.2	17032.4	16199.30
Programa de Redes	MP	13387.0	11944.9	12091.1	14978.00
<b>Industrial</b>	MP	<b>1096.0</b>	<b>1395.2</b>		<b>1896.37</b>
<b>Edificaciones</b>	MP	<b>5725.0</b>	<b>18097.2</b>	<b>10239.7</b>	<b>8747.57</b>
<b>Total de construcción y montaje</b>	MP	<b>68907.0</b>	<b>74937.9</b>	<b>76115.6</b>	<b>71855.4</b>
<b>Otras producciones</b>	MP	<b>4741.0</b>	<b>1169.4</b>		
<b>Total Empresa</b>	MP	<b>73648.0</b>	<b>76107.3</b>	<b>76115.6</b>	<b>71855.4</b>

**Tabla 5** Desglose de las ventas por programa (Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la empresa)

Para el desarrollo del plan a largo plazo se tuvo en cuenta todos los aspectos siguientes:

- Situación del mercado con respecto a los servicios que se ofertan.
- Flexibilidad del proceso para satisfacer la demanda.
- Obras de continuación.

Así como para el desglose por programa se tuvo en cuenta:

- Importancia estratégica.
- Disponibilidad de recursos materiales.
- Rentabilidad.

#### **Procedimiento para el nivel agregado de planificación**

Se procede a aplicar el procedimiento en el proceso de Movimiento de tierras:

1. Pedidos pendientes: la entidad contaba como pedido pendiente las obras Cayo Buba con 134 710 m<sup>3</sup> y Marina Varadero con 38 053 m<sup>3</sup>.
2. La capacidad con la que cuenta la UEB Movimiento de Tierras es de 636 682.5 m<sup>3</sup>/año.
3. El organismo superior asigna otra obra priorizada que es el Hotel Oasis Varadero con 456 394 m<sup>3</sup>.
4. Se realiza el balance donde se tienen asignados 629 157 m<sup>3</sup> lo que representa el 98,8% de la capacidad total quedando disponibles 7 525.5 m<sup>3</sup> lo cual se considera una capacidad insatisfecha.

5. Se analizan las entidades interesadas en la prestación de este servicio y todas sobrepasan la capacidad disponible por esto y debido al alto por ciento que se está cumpliendo no se concilia con ninguna otra entidad.
6. Luego de establecidas las tres obras anteriores se pasa a desglosar la realización de estas mensualmente pudiéndose apreciar en la Tabla 6:

Trimestre	I			II			III			IV		
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Demanda (m3)	8308	12 463	16 148	39 654	88053	91385	91385	90750	90116	70620	18768	11507

**Tabla 6:** Plan agregado. (Fuente: Elaboración propia)

### Procedimiento para el nivel táctico-operativo de planificación

En el nivel táctico-operativo se deben obtener tres tipos de planes dentro de la planificación de la producción: la programación de la producción, la programación de componentes y la programación detallada; en esta se tiene en cuenta tanto los recursos materiales, de equipamiento, humanos y los costos. Para la realización del nivel operativo se propone el procedimiento el cual se basa en el uso del programa Microsoft Project ya que en este se aprecian todos los tipos de planes que requiere el nivel y facilita el control y la toma de decisiones.

Se procede a aplicar el procedimiento propuesto para las obras de Movimiento de Tierra donde luego de introducir las tareas, vincularlas, listar los recursos (**Anexo 17**) y asignar estos se puede apreciar que existe sobreasignación de recursos (**Anexo 18**) ([actual.mpp](#)) lo cual se detecta debido al indicador en rojo que aparece en la tarea que contiene recursos sobre asignados. Luego se lleva a cabo la reasignación ([mejora.mpp](#)) la cual se realiza manualmente en una por una de las sobreasignaciones teniendo en cuenta el orden consecutivo con el que se ejecutan las actividades. Para controlar el proyecto el programa brinda la opción de marcar en las tareas el porcentaje en que han sido cumplidas estas (0%, 50%, 75% y 100%) (**Anexo 19**) o para ser más exactos se recurre a la tabla Seguimiento donde se puede cambiar el inicio de la tarea o introducir el porcentaje real en que estas están cumplidas y luego se acude a la opción de reprogramar tarea lo que provoca un ajuste en las actividades de acuerdo a la situación real incluyendo la reprogramación de los recursos. También se pueden utilizar los informes que brinda el programa para revisar los costos, el calendario, las actividades completadas y la correcta utilización de las capacidades de los recursos como método de control, lo cual facilita la toma de decisiones.

### 3.2.5 Paso 5. Capacitación del personal

La capacitación del personal que participa en cada uno de los niveles del sistema es fundamental pues garantiza el éxito del procedimiento propuesto. En esta debe ser explicado cada paso del procedimiento e incluir un curso de preparación para el trabajo con el programa Microsoft Project.

### **3.2.6 Paso 6. Análisis del comportamiento de los portadores de la mejora**

Al evaluar el cumplimiento de los portadores de mejora se obtuvieron los siguientes resultados:

- Luego de realizado el procedimiento en el programa Microsoft Project se puede acudir a la opción gráfico de recursos donde se aprecian las capacidades de cada uno de los recursos y su asignación, evidenciando así que todos los recursos están utilizando en gran medida sus capacidades lo cual garantiza que no se desperdicien estas. También se puede observar en esta opción si existiera sobreasignación de recursos, en el caso de la presente investigación se comprueba esto y se concluye que no existe ninguna sobreasignación. **(Anexo 20)**
- En la entidad objeto de estudio se realiza la planificación de las obras dentro del año planificado lo cual no se cumple por no tener en cuenta la simultaneidad de las obras a la hora de realizar la planificación de recursos lo que provoca que las obras siempre sean terminadas fuera del año planificado. En el presente año 2017 se planificaron tres obras a terminar el 21 de noviembre las cuales en realidad pueden ser terminadas según los ajustes que realizan los técnicos según van apareciendo las dificultades desde dos hasta 5 meses después de lo planificado, mientras que el procedimiento propuesto garantiza la terminación de las obras el 25 de diciembre lo cual avala la reducción constante de los tiempos de entrega reales.

### 3.3. Conclusiones parciales

1. Debido al entorno cambiante que existe actualmente, el procedimiento para la mejora del sistema de planificación y control para la realización de obras de ingeniería es considerado una importante herramienta para lograr los niveles de competitividad deseados por la organización.
2. A partir de la aplicación del diagnóstico se puede afirmar que la realización del desglose del plan de producción en valores monetarios (MP) y el no tener en cuenta la simultaneidad de las obras para planificar los equipos, son los problemas de mayor peso.
3. Los procedimientos propuestos dentro de cada nivel de planificación están enfocados al cliente y tienen en cuenta las características propias del proceso.

## CONCLUSIONES GENERALES.

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 y sus aplicaciones en diversos tipos de sistemas productivos y de servicios, sin embargo no se hallaron precedentes en la bibliografía consultada, en particular para el servicio de obras de ingeniería.
2. En el contexto de la investigación realizada quedó demostrado que la mejora continua del sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería, requiere ser realizado bajo nuevos conceptos e instrumentos metodológicos que permitan integrar los conocimientos teóricos con aquellos de carácter práctico aportados por los especialistas que laboran en este proceso, considerando la solución del problema en toda su complejidad.
3. El procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería y los procedimientos específicos para cada uno de sus niveles, desarrollados en esta investigación, constituyen instrumentos que permiten potenciar la actividad de planificación y control y su perfeccionamiento continuo, contribuyendo de manera efectiva a mejorar esta importante actividad en las empresas dedicadas a dicho servicio.
4. El sistema de planificación y control del servicio de obras de ingeniería mejorado, para empresas dedicadas a esta actividad, se estructura bajo una concepción integradora, con una filosofía, principios y objetivos bien definidos.
5. El procedimiento realizado para el nivel táctico-operativo con la utilización del programa Microsoft Project garantiza la correcta planificación de los equipos teniendo presente la simultaneidad de las obras.
6. La aplicación del procedimiento para la planificación y control de la producción en la entidad ECOING # 25 demostró su eficacia al lograr contribuir de manera efectiva a los portadores de mejora.

## RECOMENDACIONES.

1. Continuar aplicando el procedimiento propuesto en la empresa objeto de estudio para garantizar la mejora continua del sistema de planificación y control para la realización de obras de ingeniería.
2. Utilizar el procedimiento propuesto en las demás áreas de producción de la ECOING # 25 hasta completar un sistema de planificación y control en toda la organización.
3. Proponer la utilización del procedimiento del sistema de planificación y control para la realización de obras de ingeniería a todas las empresas dedicadas a esta actividad en el país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAM, E. E. & EBERT, R. J. 1991. *Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento*, Pearson educación.

2. AL-HAKIM, L. A. & JENNEY, B. W. 1991. MRP: an adaptive approach. *International Journal of Production Economics*, 25, 65-72.
3. AL HUSSIEN, H. 1995. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas, UCLV, Santa Clara.
4. ALONSO, G. C. (2011). Procedimiento para el diseño de las estrategias logísticas en la Empresa Central de Equipos (CUBIZA). Departamento de Ingeniería Industrial., Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
5. 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, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
6. ANONIMO (2009). "Que es estrategia en Logística?". Retrieved febrero, 2017.
7. ANONIMO (2014). "Estrategia de operaciones: la clave para el éxito de una empresa." Retrieved febrero, 2017.
8. ASIMOW, M. 1970. Introducción al proyecto. *Introducción al proyecto*. Centro Regional de Ayuda Técnica.
9. AXSÄTER, S. 1979. On the design of the aggregate model in a hierarchical production planning system. *Engineering and Process Economics*, 4, 89-97.
10. AXSÄTER, S. 1981. Aggregation of product data for hierarchical production planning. *Operations Research*, 29, 744-756.
11. BILLINGTON, P. J., MCCLAIN, J. O. & THOMAS, L. J. 1983. Mathematical programming approaches to capacity-constrained MRP systems: review, formulation and problem reduction. *Management Science*, 29, 1126-1141.
12. BITRAN, G. R. & HAX, A. C. 1977. On the design of hierarchical production planning systems. *Decision Sciences*, 8, 28-55.
13. BITRAN, G. R. & HAX, A. C. 1981. Disaggregation and resource allocation using convex knapsack problems with bounded variables. *Management Science*, 27, 431-441.
14. BITRAN, G. R. & TIRUPATI, D. 1993. Hierarchical production planning. *Handbooks in operations research and management science*, 4, 523-568.
15. BRAND, J. P. 1996. *Dirección y gestión de proyectos*.
16. CARBALLAL del Río, E. (2001). "¿Cómo hacer realidad el futuro?: El resto de la historia de la planeación estratégica." *Folleto Gerenciales* 5(3): 4-13.
17. CASTRO RUZ, R. 2008. Discurso pronunciado por el General de Ejército Raúl Castro Ruz, Presidente de los Consejos de Estado y de Ministros, en las conclusiones de la primera sesión ordinaria de la VII Legislatura de la Asamblea Nacional del Poder Popular. *Palacio de las Convenciones, La Habana*, 11.
18. COMPANYS PASCUAL, R. 1990. Previsión tecnológica y de la demanda. *Editorial Boixerau*.
19. CORZO, M. A. & CORZO, M. A. 1972. *Introducción a la ingeniería de proyectos*.
20. COTTYN, J., VAN LANDEGHEM, H., STOCKMAN, K. & DERAMMELAERE, S. 2011. A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. *International Journal of Production Research*, 49, 4397-4413.
21. CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. & JACOBS, F. R. 2004. *Operations management for competitive advantage*, McGraw-Hill Companies.
22. DELBRIDGE, R., TURNBULL, P. & WILKINSON, B. 1992. Pushing back the frontiers: management control and work intensification under JIT/TQM factory regimes. *New Technology, work and employment*, 7, 97-106.
23. DÍAZ, A. 1993. *Producción Gestión y Control*. Editorial Ariel. *Economía SA Barcelona*.
24. DILWORTH, J. B. 1989. *Production and operations management: manufacturing and nonmanufacturing*, Random House Trade.
25. DOMÍNGUEZ MACHUCA, J. A. 1995. *Dirección de Operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*, McGraw-Hill Interamericana.

26. DOMINGUEZ MACHUCA, M. A. 1995. *Evaluation of T.O.C by System Dynamics Modeling in a Production Environment*.
27. ESCUDERO, L. F. & KAMESAM, P. V. 1993. MRP modelling via scenarios. *Optimisation in Industry*. Wiley, New York, 101-111.
28. FOGARTY, D. W., BLACKSTONE, J. H. & HOFFMANN, T. R. 1991. *Production & inventory management*, South-Western Publishing Company.
29. FUNDORA MIRANDA, A. 1987. Organización y Planificación de la Producción II. *Editores ISPJAE, Ciudad de La Habana, Cuba*.
30. GABBAY, H. 1979. Multi-stage production planning. *Management science*, 25, 1138-1148.
31. GAITHER, N. & FRAZIER, G. 2000. Administración de producción y operaciones.
32. GELDERS, L. F. & VAN WASSENHOVE, L. N. 1981. Production planning: a review. *European Journal of Operational Research*, 7, 101-110.
33. GHOSH, M. 2012. Lean manufacturing performance in Indian manufacturing plants. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24, 113-122.
34. GOLDMAN, S. L., PREISS, K., NAGEL, R. & DOVE, R. 1991. 21st century manufacturing enterprise strategy: an industry-led view. *Lahigh university, Iacocca institute*, 1.
35. GOLDRATT, E. M. The unbalanced plant. APICS 24th Annual International Conference Proceedings, 1981.
36. GÓMEZ ACOSTA, M. I. 1997. *La planificación y control logísticos en las empresas de producción contra pedidos de la industria mecánica*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría. Ciudad de la Habana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Código 658.51 Gom P.
37. GÓMEZ, R. R. 2002. "Procedimiento 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". UCLV, Santa Clara.
38. GUNASEKARAN, A. 1999. Agile manufacturing: a framework for research and development. *International journal of production economics*, 62, 87-105.
39. GUNASEKARAN, A. & YUSUF, Y. 2002. Agile manufacturing: a taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*, 40, 1357-1385.
40. GUPTA, Y. P. & GUPTA, M. C. 1989. A system dynamics model for a multi-stage multi-line dual-card JIT-kanban system. *The international journal of production research*, 27, 309-352.
41. HAX, A. 1993. *Dirección de operaciones*.
42. HAX, A. C. & CANDEA, D. I. 1979. Inventory Management. DTIC Document.
43. HAX, A. C. & MEAL, H. C. 1973. Hierarchical integration of production planning and scheduling.
44. HEIZER, J. & RENDER, B. 2001. *Dirección de la Producción. Direcciones Estratégicas*, México.
45. HENDRY, L. C. & KINGSMAN, B. 1989. Production planning systems and their applicability to make-to-order companies. *European journal of operational research*, 40, 1-15.
46. HILLIER, F. S. & LIEBERMAN, G. J. 1990. *Introduction to stochastic models in operations research*, McGraw-Hill Companies.
47. HO, C.-J. 1989. Evaluating the impact of operating environments on MRP system nervousness. *The International Journal of Production Research*, 27, 1115-1135.
48. HOLT, C. C. 1960. Planning Production, Inventories, and Work Force.
49. HOPP, W. J. & SPEARMAN, M. L. 2004. To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & service operations management*, 6, 133-148.
50. HUANG, P. Y., REES, L. P. & TAYLOR, B. W. 1983. A simulation analysis of the Japanese just-in-time technique (with kanbans) for a multiline, multistage production system. *Decision Sciences*, 14, 326-344.
51. IBARRA MIRÓN, S. 2003. Modelo y procedimientos para el análisis y proyección competitiva de unidades estratégicas de fabricación en empresas manufactureras cubanas. *Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba*.

52. IMAI, M. 1986. Kaizen: La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa, 1era. Ed, CECSA, DF México.
53. JAIN, N. K. & JAIN, V. K. 2001. Computer aided process planning for agile manufacturing environment.
54. JONSSON, P. & MATTSSON, S.-A. 2002. The selection and application of material planning methods. *Production Planning & Control*, 13, 438-450.
55. KARMARKAR, U. S. 1981. The multiperiod multilocation inventory problem. *Operations Research*, 29, 215-228.
56. KAZMIER, L. J., KAZMIER, A. J. & MATA, A. D. 1993. *Estadística aplicada a la administración ya la economía*, McGraw-Hill.
57. KIDD, P. T. 1995. *Agile manufacturing: forging new frontiers*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
58. KIRA, D., KUSY, M. & RAKITA, I. 1997. A stochastic linear programming approach to hierarchical production planning. *Journal of the Operational Research Society*, 48, 207-211.
59. KOH, S., SAAD, S. & JONES, M. 2002. Uncertainty under MRP-planned manufacture: review and categorization. *International journal of production research*, 40, 2399-2421.
60. KRAJEWSKI, L. J., RITZMAN, L. P. & MALHOTRA, M. K. 1999. *Operations management*, Addison-Wesley Singapore.
61. Krajewski, L. J. and L. P. Ritzman (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*, Pearson educación.
62. LAMBRECHT, M. R. & DECALUWE, L. 1988. Jit And Constraint Theory: The Issue Of Bottleneck Manageme. *Production and Inventory Management Journal.*, 29, 61.
63. LEAVY, B. 1994. *Strategy and leadership*, Routledge.
64. LEE, S. 2012. The impact of manufacturing practices on operational performance. *Review of business research*, 12, 184-189.
65. LEÓN, M. M. 2013. *Modelo y procedimientos para la planificación de medicamentos y materiales de uso médico en instituciones hospitalarias del territorio matancero*.
66. LLORCA-Díaz, J., et al. (2005). "Variables relacionadas con la satisfacción laboral: un estudio transversal a partir del modelo EFQM." *Gaceta sanitaria* 19(2): 127-134.
67. MAYNARD, H. B. 1984. *Manual de Ingeniería y Organización Industrial.*, Ciudad de La Habana.
68. MEHRA, A. 1995. *Hierarchical production planning for Job Shops*.
69. MILTENBURG, J. & SINNAMON, G. 1995. Revisiting the mixed-model multi-level just-in-time scheduling problem. *International Journal of Production Research*, 33, 2049-2052.
70. MONDEN, Y. 1981. Adaptable Kanban system helps Toyota maintain just-in-time production. *Industrial Engineering*, 13, 29-&.
71. MONKS, J. G. 1991. *Administración de operaciones*
72. MULA, J. & POLER, R. Sistema MRP Frente al Enfoque Tradicional en la Planificación y Control de la Fabricación de Calzado. Un Caso Práctico, IV Congreso de Ingeniería de Organización. Actas del Congreso, 2001. 231-239.
73. MURUGESAN, T., KUMAR, B. & KUMAR, M. 2012. Competitive advantage of world class manufacturing system (WCMS)—A study of manufacturing companies in south India. *European Journal of Social Sciences*, 29, 295-311.
74. NAM, S.-J. & LOGENDRAN, R. 1992. Aggregate production planning—a survey of models and methodologies. *European Journal of Operational Research*, 61, 255-272.
75. NOORI, H. & RADFORT, R. 1998. *Administración de operaciones y producción: Calidad total respuesta sensible rápida*.
76. OCHOA LABURU, C. 1990. Comparación entre las diferentes sistemáticas de planificación control de producción. *Revista Mantenimiento y almacenaje*, 54-59.
77. OCHOA LABURU, C. & ARANA PÉREZ, P. 1996. Gestión de la producción. *Conceptos, tipología de problemas, métodos y problemas de implantación*. San Sebastián: Editorial Donostiarra SA.
78. OLIVER, N. 1991. The dynamics of just-in-time. *New Technology, Work and Employment*, 6, 19-27.

79. ORLICKY, J. 1975. *Material requirements planning*.
80. PETTY, D., STIRLING, M., TRAVIS, L. & BENNETT, R. 2000. Conditions for the successful implementation of finite capacity/MRP II hybrid control systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 214, 847-851.
81. RAINNIE, A. 1991. Just-in-time, sub-contracting and the small firm. *Work, Employment & Society*, 5, 353-375.
82. ROBAINA, V. P. 1996. Análisis comparativo de los distintos enfoques de la gestión de la calidad total. *Esic Market*, 147-158.
83. ROTA, K., THIERRY, C. & BEL, G. 1997. Capacity-constrained MRP system: A mathematical programming model integrating firm orders, forecasts and suppliers. *Departament d'Automatique, Universite Toulouse II Le Mirail*.
84. RUANO JIMENEZ, H. (2014). Procedimiento para la elaboración de la planificación estratégico-táctico de la producción en la empresa gráfica de Villa Clara Enrique Núñez Rodríguez., Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
85. SALVENDY, G. 2001. *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*, John Wiley & Sons.
86. SCHONBERGER, R. J. 1982. Some observations on the advantages and implementation issues of just-in-time production systems. *Journal of Operations Management*, 3, 1-11.
87. SCHROEDER, R. G. 2005. *Administración de Operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*, México.
88. SCHROEDER, R. G. & OLAETA, R. D. L. P. 1992. *Administración de operaciones*, McGraw-Hill México DF.
89. STONER, J. A. & WANKEL, C. 1997. Administración 5ª Edición (1994). *Edición EMPES-MES*.
90. TAMAYO GARCÍA, A. & URQUIOLA GARCÍA, I. 2014. Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 18.
91. TURNBULL, P. J. 1988. The limits to 'Japanisation'—Just-in-Time, labour relations and the UK automotive industry. *New Technology, work and employment*, 3, 7-20.
92. VAN DONSELAAR, K. 1992. The use of MRP and LRP in a stochastic environment. *Production Planning & Control*, 3, 239-246.
93. VICENS, E., ALEMANY, M., ANDRES, C. & GUARCH, J. 2001. A design and application methodology for hierarchical production planning decision support systems in an enterprise integration context. *International Journal of Production Economics*, 74, 5-20.
94. VICENS, E. & LARIO, F. Integrated system of MRP II matrix-based hierarchical planning. Its computerized implantation. Workshop on Design, Implementation and Operations of Databases for Production Management, 1989. 10-12.
95. VINODH, S. & JOY, D. 2012. Structural equation modelling of lean manufacturing practices. *International Journal of Production Research*, 50, 1598-1607.
96. VOLLMANN, B. & WHYBARK 2000. *Sistemas de planificación y control de la fabricación*, Madrid. España.
97. WHITE, E. M., ANDERSON, J. C., SCHROEDER, R. G. & TUPY, S. E. 1982. A study of the MRP implementation process. *Journal of Operations Management*, 2, 145-153.
98. WIGHT, O. W. 1981. *MRP II: Unlocking America's productivity potential*., Omneo.
99. WINTERS, P. R. 1960. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management science*, 6, 324-342.
100. YAN, H.-S., ZHANG, X.-D. & JIANG, M. 2004. Hierarchical production planning with demand constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 46, 533-551.

## ANEXOS

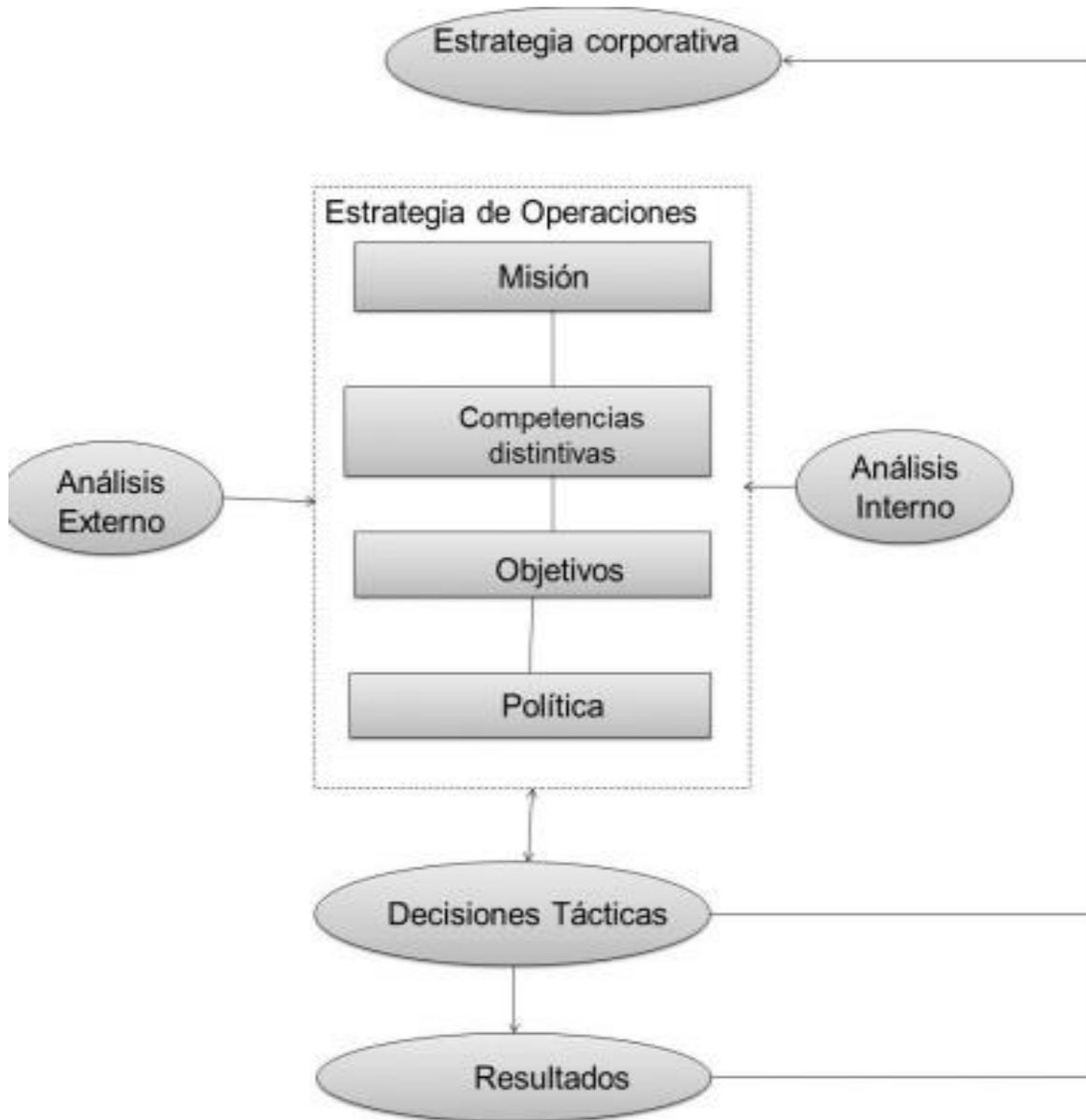
Anexo 1: Técnicas cualitativas y criterios de aplicación (Fuente: (Robaina, 1996))

Métodos y Características	Breve descripción	Horizonte	Datos	Complejo	Precisión	Tiempo elaboración	Costo	Nivel de utilización
Opiniones y juicios de ejecutivos	Equipos multidisciplinarios, opiniones subjetivas	Muy largo	10 min.	Media	Regular	Medio	Medio	Elevado
Opiniones de ventas	Estimaciones obtenidas de los expertos en ventas	Medio	5-20 personas	Minima	Regular	Minimo	Medio	Elevado
Estudios de mercado	Se desarrolla mediante grupos, cuestionarios, pruebas de mercados o estudios que se usan para obtener datos sobre las condiciones futuras del mercado.	Muy corto	Mínimo 300	Media	Buena	Medio	Alto	Reducido
Opiniones y juicios de directivos	Estimaciones obtenidas de los directivos después de recopilar información	Muy largo	5-20 personas	Media - alta	Buena	Alto	Medio a alto	Reducido
Método Delphi	Cuestionarios anónimos de personas con conocimientos y experiencia logrando un consenso sobre el pronóstico final.	Corto, medio y largo	9 personas	Media	Regular a muy buena	Medio	Medio a alto	Medio
Analogía de los ciclos de vida	Predicción basada en las fases de: introducción, crecimiento y saturación de productos similares. Aprovecha las curvas de crecimiento de las ventas.	Medio largo	Sin mínimo	Media	Regular a buena	Medio	Medio	Medio

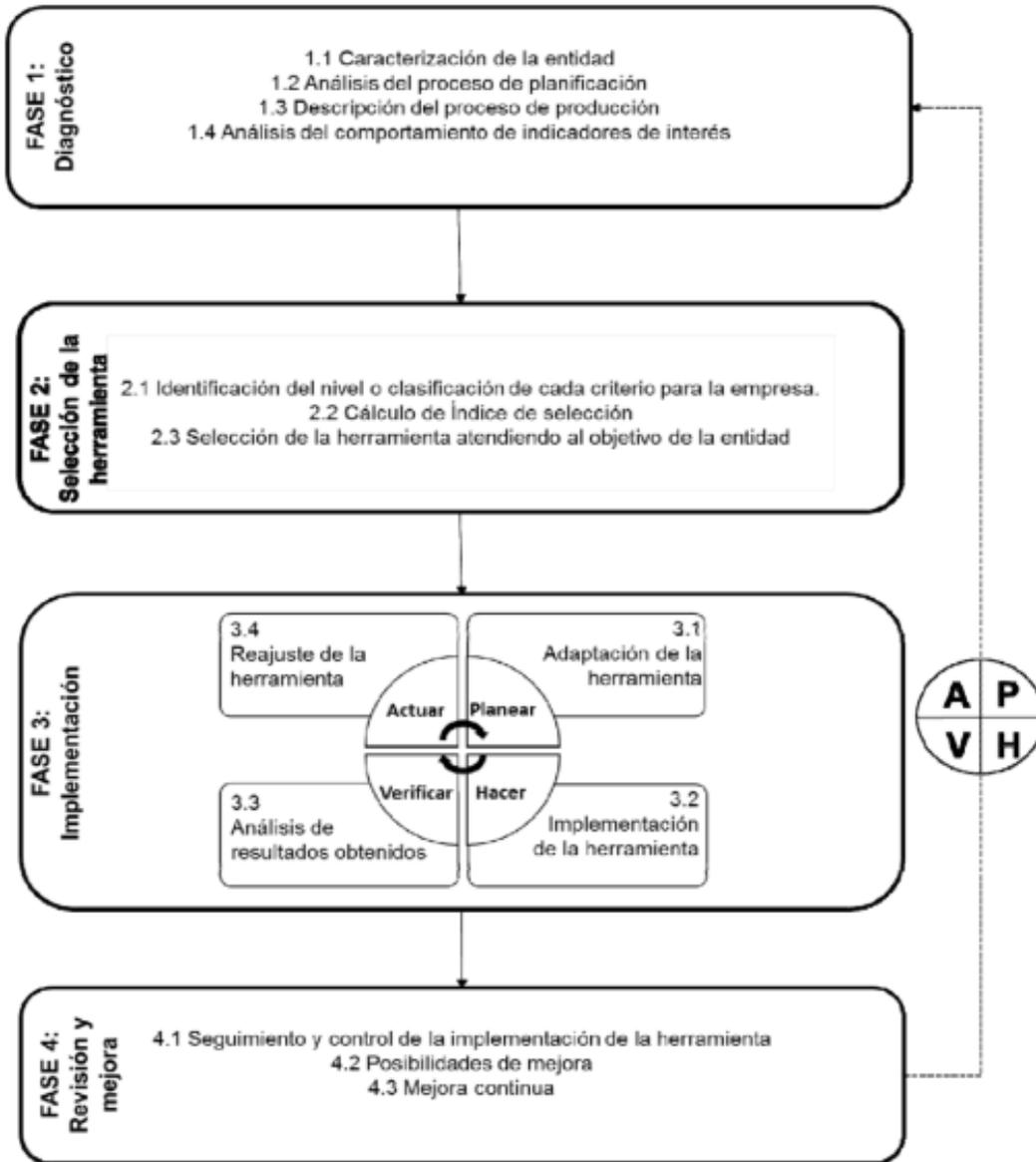
Anexo 2: Técnicas y sus características. (Fuente: Elaboración propia)

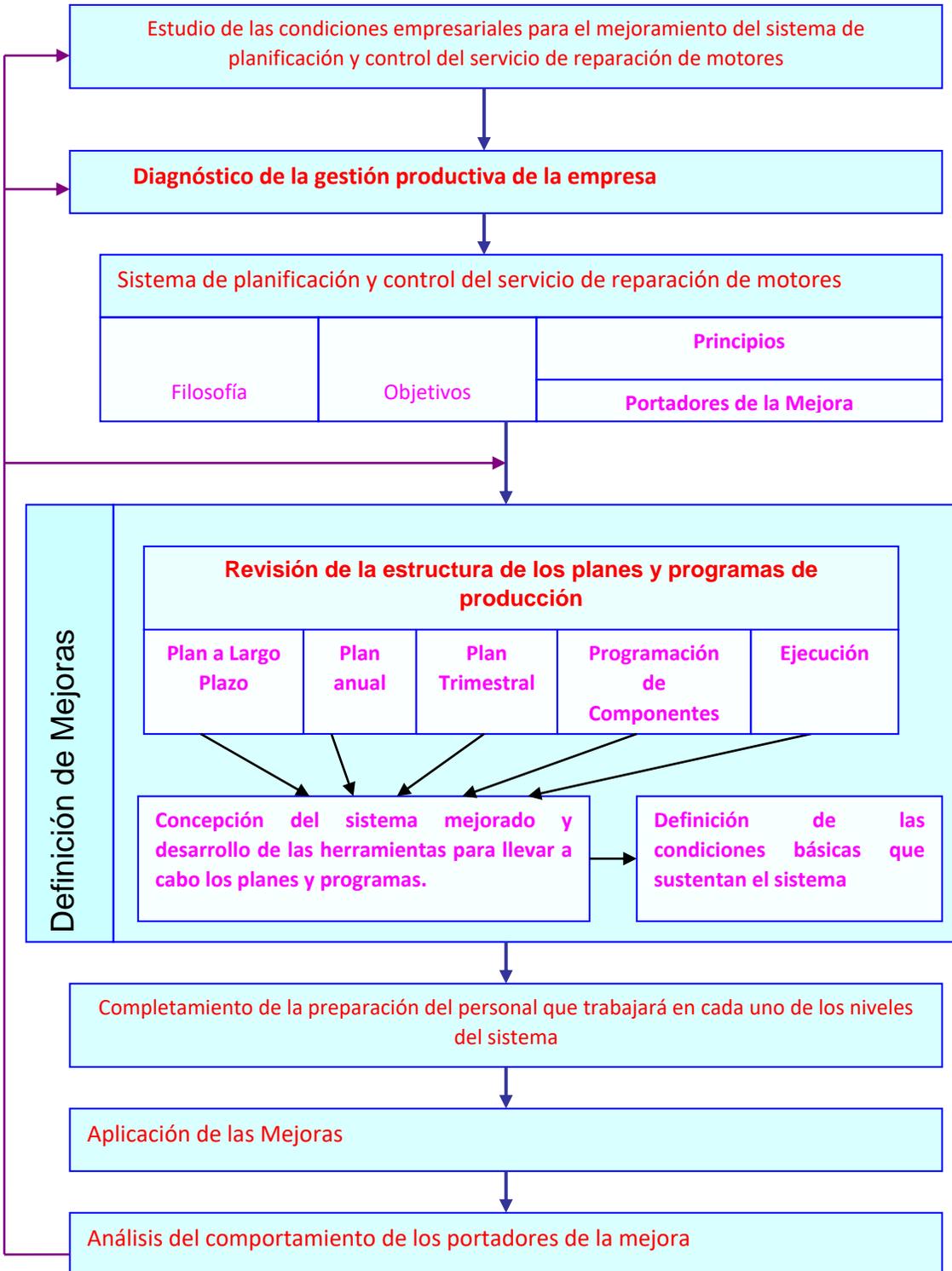
Técnicas (series de tiempo)	Descripción
Media Móvil (MM)	El pronóstico se basa en un promedio aritmético de un número de puntos de valores o datos de demanda del pasado para predecir la demanda futura. Combina los datos de la demanda de la mayor parte de los periodos recientes, siendo su promedio el pronóstico para el periodo siguiente. Se utiliza para la planeación de corto a mediano plazo.
Media Móvil Ponderada (MMP)	Es un modelo de media móvil que incorpora algún peso de la demanda anterior distinto a un peso igual para todos los periodos anteriores bajo consideración. Responde con mayor rapidez a los cambios de la demanda.
Suavizado exponencial	Se distingue por la manera tan especial de dar peso a cada una de las demandas anteriores, la demanda de los periodos más recientes reciben un peso mayor. La ecuación para crear un pronóstico nuevo o actualizado utiliza dos fuentes de información: la demanda real para el periodo más reciente y el pronóstico más reciente. A medida que termina cada periodo se realiza un nuevo pronóstico. Se utiliza para la planeación a corto a mediano plazo.
Modelos Matemáticos	Se pronostica la demanda mediante un modelo lineal o no lineal ajustado con los datos de series de tiempo, normalmente mediante regresión lineal. Incluye las líneas de tendencias, polinomios, logaritmos lineales, series de Fourier. Se utiliza para la planeación a corto a mediano plazo. Tiene limitaciones debido al costo y a su uso con pocos productos.
Box – Jenkins	Se pronostica la demanda mediante un método de auto correlación que se usan para identificar las series de tiempo y para ajustar el mejor modelo. Se necesitan aproximadamente 60 periodos de datos del pasado. Su uso resulta demasiado costoso para los pronósticos de muchos artículos a corto plazo.
<b>Técnicas Causales</b>	<b>Descripción</b>
Regresión	Este método predice la demanda futura a partir de una línea recta o de otro tipo formada por los datos de demandas pasadas. Relaciona la demanda con otras variables externas o internas que tienden a cambiar la demanda. Este método de regresión utiliza los mínimos cuadrados para obtener un mejor ajuste entre las variables. Si sólo se usa una variable del pasado se le llama regresión simple. Si se usan dos o más variables del pasado, se le nombra regresión múltiple. Su costo es medio. Uso para la planeación a corto y mediano plazo.
Econométricos	Un sistema de ecuaciones de regresión independientes que describe algún sector de la economía o actividad. Se usa para el pronóstico de ventas por clases de productos para la planeación a corto y mediano plazo. Su costo es alto
De insumo	Un método para pronosticar que describe el flujo de un sector de la economía a otro para predecir los insumos que se necesitan para producir los productos que requieren otro sector. Se usa para el pronóstico de ventas de toda la empresa por sectores económicos de a mediano plazo a largo plazo. Su costo es muy elevado.
Simulación	Estos modelos son especialmente útiles cuando se modela un sistema de distribución o de logística con fines de pronósticos trata de modelos dinámicos, usualmente basados en computadoras, que cruzan los datos de las variables internas (capacidad de producción, por ejemplo) y externas (niveles de poder adquisitivo de su mercado) para pronosticar la demanda. Su costo es alto.

Anexo 3: Modelo de estrategia de operaciones



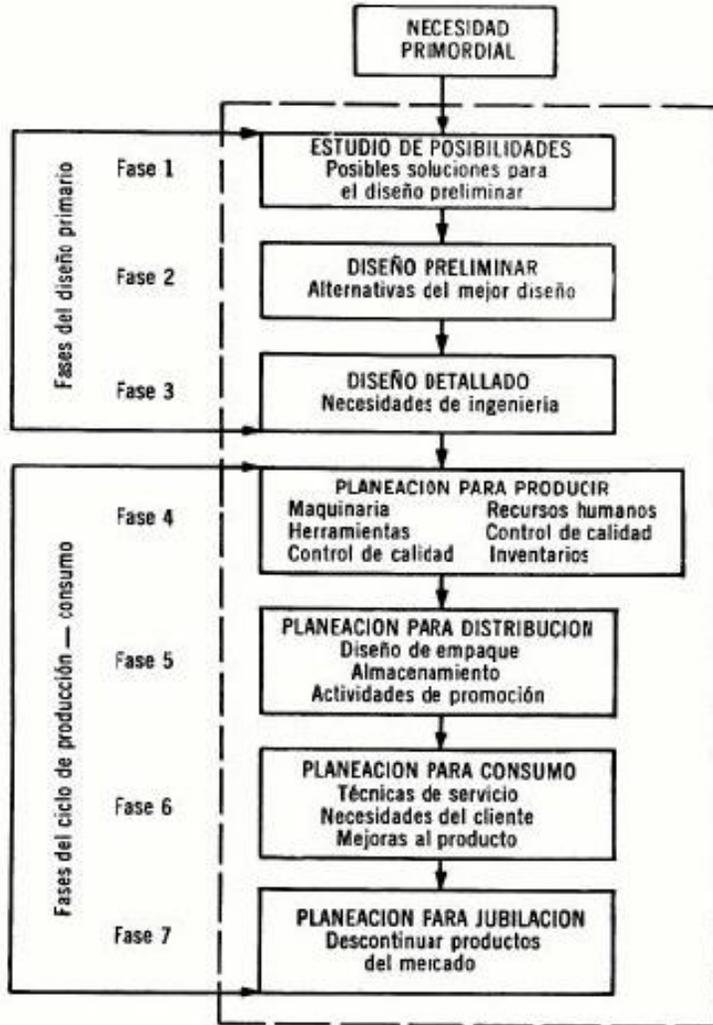
Anexo 4: Fases del procedimiento de planificación (Fuente:(Tamayo García and Urquiola García, 2014) )





Anexo 5: procedimiento para la mejora continua del sistema de planificación y control del servicio de reparación de motores (Fuente: Ramos 2002)

Anexo 6: Fases de la producción por proyectos (Fuente:(Asimow, 1970))



Anexo 7: Guía de trabajo para la revisión del proceso de planificación en la reparación de motores (Ramos Gómez 2002)

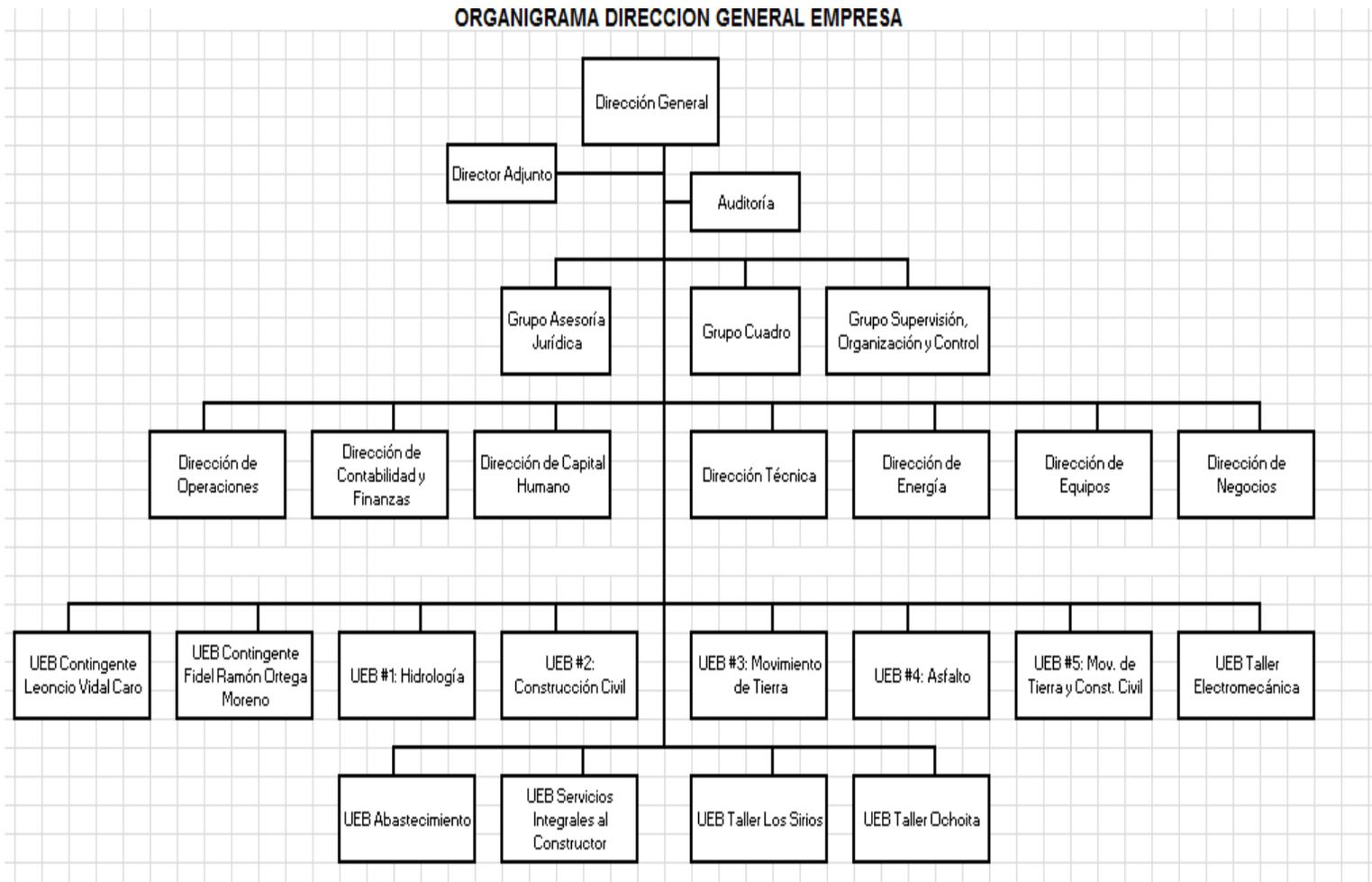
	Planificación a largo plazo	Planificación agregada	Programación maestra	Programación de componentes	Programación detallada
Ventas	<p>¿Se analizan los mercados?</p> <p>¿Existe nivel de integración con los clientes?</p>	<p>¿Se analizan los mercados?</p> <p>¿Existe nivel de integración con los clientes?</p>			
Compras	<p>¿Son suficientes los suministros para satisfacer los mercados?</p> <p>¿Existe nivel de integración con los proveedores?</p>	<p>¿Son suficientes los suministros para satisfacer los mercados?</p> <p>¿Existe nivel de integración con los proveedores?</p>		<p>¿Existe un análisis de los principales suministradores de los diferentes componentes?</p> <p>¿Cuáles son los componentes más deficitarios?</p>	
Producción	<p>¿Se realiza la previsión de la demanda?</p> <p>¿Son correctas las técnicas que se utilizan?</p>	<p>¿Se realiza la previsión de la demanda?</p> <p>¿Cómo se realiza el desglose del plan a largo plazo?</p> <p>¿Se toman en consideración los pedidos comprometidos en períodos</p>	<p>¿Se realiza la previsión de la demanda?</p> <p>¿Se toman en consideración los pedidos comprometidos al cliente?</p> <p>¿Se toman en consideración</p>	<p>¿Cómo se realiza el desglose de componentes o producto en general?</p> <p>¿Cómo se determinan los</p>	<p>¿Se parte de la programación maestra y de la programación de componentes?</p> <p>¿Se realizan pronósticos</p>

<p>¿Se hace un estudio de la capacidad? ¿Cómo se hace? ¿Se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo)? ¿Se realiza la nivelación con el balance? ¿Cuáles son las medidas más frecuentes?</p>	<p>anteriores? ¿Las necesidades de producción son obtenidas a partir de los tres elementos anteriores o existe alguna diferencia? ¿Qué estrategias de planeación agregada están implantadas? ¿Qué métodos de planeación agregada se utilizan? ¿Se realiza el cálculo de las capacidades? ¿Cómo se realiza? ¿Se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo)? ¿Se realiza la nivelación con el balance?</p>	<p>los pedidos pendientes? ¿Existen otras fuentes de demanda? ¿Cómo se realiza la desagregación del Plan Agregado? ¿Qué métodos se utilizan? ¿Se realiza el cálculo de la capacidad? ¿Cómo se hace? ¿Se realiza el balance integral de la producción (fuerza de trabajo, medios de trabajo, objetos de trabajo)? ¿Se realiza la nivelación con el balance?</p>	<p><i>stocks</i> necesarios? ¿Se conocen los tiempos de suministros? ¿Existe registro de los inventarios? ¿Qué técnicas se utilizan para programar los componentes? Compras:</p>	<p>de la demanda? ¿Cómo se determinan las órdenes de producción? ¿Cómo se realiza la asignación y secuenciación de las órdenes? ¿Se realiza el balance integral de producción? ¿Se realiza la nivelación del balance?</p>
---	---	--	--	---

Anexo 8: Procedimiento para el análisis estratégico. Fuente: (Ruano Jiménez, 2014)



Anexo 9: Estructura organizativa de la ECOING No. 25



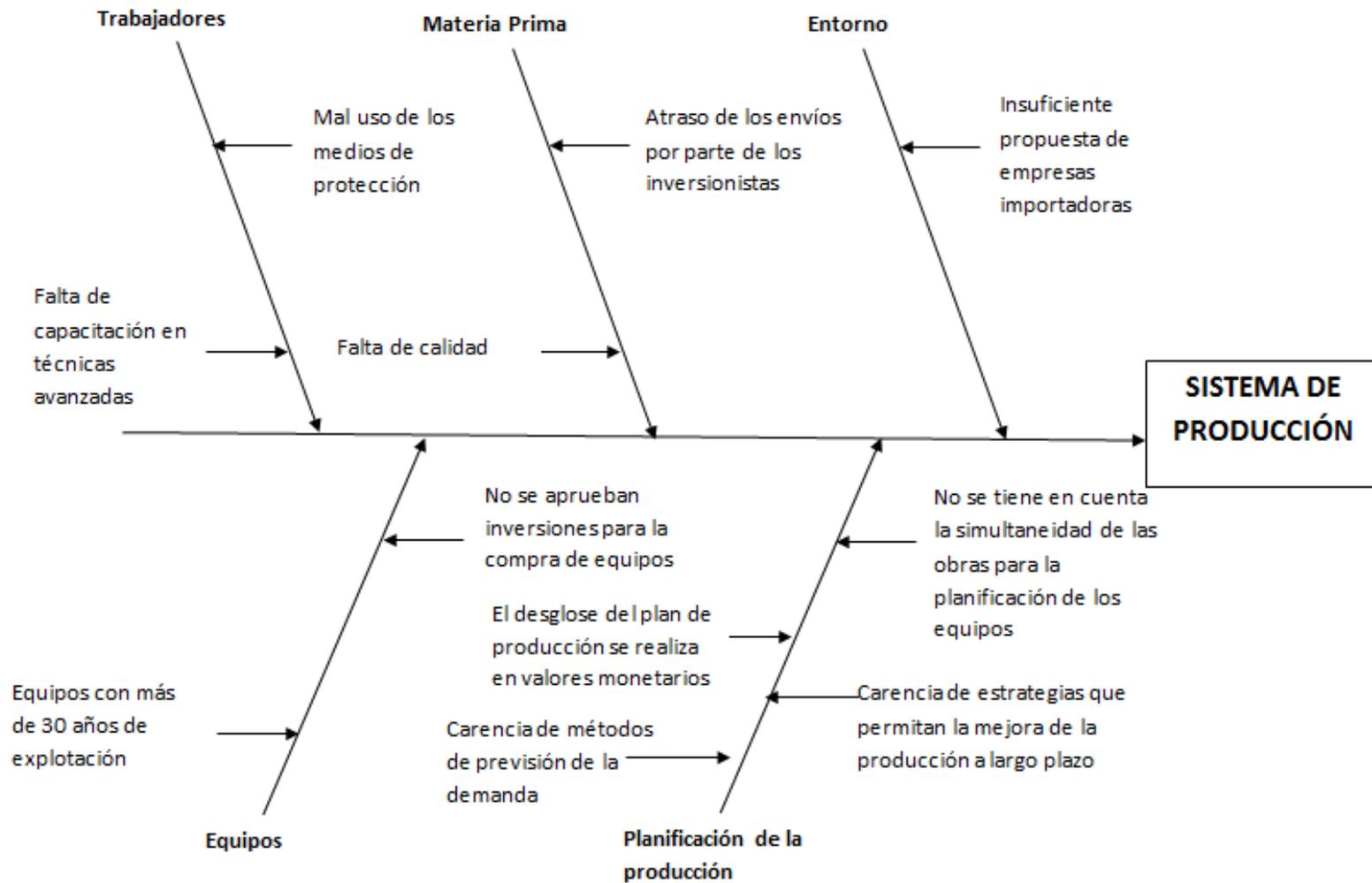
Anexo 10: Indicadores fundamentales 2012-2016

Indicadores	U/M	2012		2013		2014		2015		2016	
		Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real
Producción Bruta	MP	66 200	67 507,1	66 513,4	67 705,4	71 000	71 987,6	64 000	67 340,7	67 002,6	73 651
Utilidad	MP	2 783,1	2 010,9	2 845,5	2 010,9	3 102,2	3 588,6	1 045	3 939,7	2 445,2	5 298,9
Costo por peso	peso	0,949	0,960	0,948	0,957	0,848	0,847	0,879	0,844	0,837	0,811
Productividad neta	peso	1 390	1 425	1 393	1 528	1 676	1 691	1 543	1 669	1 609	2 118



<b>Problemas</b>													
El desglose del plan de producción se realiza en valores monetarios (MP)	4	5	4	3	4	5	4	4	5	4	42	0,28	
Falta de materias primas en tiempo	1	3	2	5	2	1	3	1	1	2	21	0,14	
Se pronostica la demanda por experiencia	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	27	0,18	
No se realiza la nivelación de la producción a partir del balance	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	14	0,093	
No se tiene en cuenta la simultaneidad de las obras para planificar los equipos	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	46	0,307	
											150	1	

Anexo 13: Diagrama Causa-Efecto para la determinación de las causas fundamentales que afectan el sistema de producción y por consiguiente la satisfacción de los clientes.



**Anexo 14:** Enfoque jerárquico

Fase de la planeación	Agregación de unidades	Horizonte/intervalo de tiempo
Estratégica de operaciones	Obras de Ingeniería	3 años/año
Planeación agregada	<b>Familia:</b> Movimiento de Tierra	Año / trimestre
Programación maestra de productos	<b>Productos:</b> Excavación en Obras Excavación en cantera Conformación de pedraplenes Conformación de terraplenes Conformación de áreas con arena	trimestre/mes
Programación de componentes	<b>Componentes:</b> Arena dragada de mar Rajón Rajoncillo Rocoso	Mes / semana
Ejecución	Componentes	Semana / día

Anexo 15: Matriz DAFO

MATRIZ DAFO														
FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS			AMENAZAS				OPORTUNIDADES						
	Depresión de los mercados de trabajo por reestructura de inversión.	El poder de atracción de otras entidades competidoras	Exceso de personal de todo tipo al cumplimiento de misiones.	Falta de coherencia en la aplicación del poder financiero (variar intermediarias).	Las guerras que encarecen los combustibles.	Incertidumbre de los variables de manejo del entorno a mediano, corto y largo plazo.	Acceso a nuevas tecnologías.	Libre opción de contratación de inversiones	Aprovechamiento del desarrollo de tecnologías de información científica técnica	Demanda de nuevas inversiones producto del desarrollo económico	Existencia de instituciones prestadoras de capacitación y	Proyección del entorno que implican a las construcciones		
Trabajadores con experiencia		x	x				x	x						10
Sistema de Dirección y Gestión Emergencia	x	x	x				x	x						10
F Elevada rentida de pertenencia reforzada con las volar			x											10
Medior de capacitación con apoyo de software														10
Movimiento de Forum reestructurada y organizada	x	x	x				x	x						10
Sistema de Gestión de Calidad implementada y certificada basada en la NCI ISO 9001:2008	x	x												10
Sistema de Control Interno basada en la Resolución 60/2011	x	x												10
Fuerte interrelación entre las Direcciones y las organizaciones políticas y de masa	x	x					x	x						10
Deficiencia de los cuadros intermedios directivos a la producción	x	x	x				x	x						11
Ineficiente I+D y marketing	x	x					x	x						11
Exceso de operatividad que impide la correcta aplicación de los funcionarios de dirección		x					x	x						11
Poca utilización de las herramientas de dirección (PE)	x	x												11
Estilo de dirección autoritaria, sin encontrar la organización en estado de crisis		x	x											11
No aplicación de la DIP - DIC aún cuando algunos clientes están reestructurados de esa manera							x	x						11
Estrechar los márgenes de ganancia con el fin de desarrollar en direcciones claves	x	x												11
Envejecimiento de equipos de construcción y tecnológicos	x	x					x	x						11
	x	15	6	10	10	12	13	10	14	14	10	10		

Anexo 16: Análisis estratégico de operaciones

<b>Matriz DAFO de operaciones</b>								
		Amenazas			Oportunidades			Total
		1	2	3	1	2	3	
Fortalezas	1			X	X			2
	2				X			1
	3				X			1
Debilidades	1	X	X		X			3
	2	X	X		X			3
	3	X			X		X	3
<b>Total</b>		3	2	1	6	0	1	
Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la entidad								

Anexo 17: Vista de Programa Microsoft Project (Hoja de Recursos)

		Nombre del	Tipo	Etiqueta de	Iniciales	Grupo	Capacidad	Tasa	Tasa horas	Costo/Uso	Acumu	Calend
1		<b>BULDOSER</b>	Trabajo		BE	buldoser	500%	\$32,18/hora	\$0,00/hora	\$50,00	Prorrateo	Calend
2		<b>CARRETILLA BARRENADORA</b>	Trabajo		CB	carretilla	500%	\$21,79/hora	\$0,00/hora	\$20,00	Prorrateo	Calend
3		<b>COMPRESORES</b>	Trabajo		CO	compresor	500%	\$21,79/hora	\$0,00/hora	\$20,00	Prorrateo	Calend
4		<b>RETROEXCAVADORA</b>	Trabajo		RE	retroexcav	200%	\$35,00/hora	\$0,00/hora	\$30,00	Prorrateo	Calend
5		<b>CARGADOR</b>	Trabajo		CG	cargador	400%	\$28,00/hora	\$0,00/hora	\$30,00	Prorrateo	Calend
6		<b>CAMION DE VOLTEO 1</b>	Trabajo		CV1	CAMION1	2.700%	\$21,62/hora	\$0,00/hora	\$35,00	Prorrateo	Calend
7		<b>CAMION DE VOLTEO 2</b>	Trabajo		CV2	CAMION2	1.800%	\$18,30/hora	\$0,00/hora	\$20,00	Prorrateo	Calend
8		<b>CILINDRO</b>	Trabajo		CI	CILINDRO	300%	\$24,75/hora	\$0,00/hora	\$20,00	Prorrateo	Calend
9		<b>MOTO NIVELADORA</b>	Trabajo		MN	MOTO	300%	\$25,90/hora	\$0,00/hora	\$20,00	Prorrateo	Calend
10		<b>CAMION PIPA DE AGUA</b>	Trabajo		CPA	PIPA	200%	\$20,85/hora	\$0,00/hora	\$0,00	Prorrateo	Calend
11		<b>OPERADOR DE TOPADOR</b>	Trabajo		OT	OPER. TOPADOR	500%	\$6,75/hora	\$0,00/hora	\$0,00	Prorrateo	Calend

HOJA DE RECURSOS

## Anexo 18: Vista de Programa Microsoft Project (Diagrama de Gantt)

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
		EXCAVACION ROCA DURA	48 días	mié 04/01/17	lun 06/03/17	2	CARRETILLA BARRENADORA[500%
		CARGA DE RAJON	59 días	mar 10/01/17	mié 29/03/17	4CC+6 días	CARGADOR[200%];OF
		DESBROCE Y DESCORTEZADO	1 día	mar 07/03/17	mar 07/03/17	4	BULDOSER; OPERADOR DE
		ACARREO DE MAT. INDESEABLE	1 día	mar 07/03/17	mar 07/03/17	6CC	BULDOSER; OPERADOR DE
		EXCAVACION ROCA DURA	34 días	mié 08/03/17	mié 19/04/17	7	CARRETILLA BARRENADORA[500%
		EXCAVACION ROCA BLANDA	27 días	mar 21/03/17	mar 25/04/17	8CC+10 días	BULDOSER; OPERADOR DE
		CARGA DE ROCOS	23 días	jue 30/03/17	jue 27/04/17	12CC	CARGADOR[200%];OF
		TRANSP. RAJON CANTERA-ACOPIO	59 días	mar 10/01/17	mié 29/03/17	5CC	CHOFER CV[2.700%]; CAMION DE VOLTEO

Anexo 19: Vista de Programa Microsoft Project (Control del cumplimiento de las obras)

DIAGRAMA DE GANTT

	Nombre de tarea ▼	Comienzo real ▼	Fin real ▼	% completad ▼	% físico comp. ▼	Duración real ▼	Duración restante ▼	Costo real ▼	Trabajo real ▼
1	▲ CAYO BUBA	mar 03/01/17	NOD	13%	0%	32,17 días	211,08 días	889.551,96	14.903,2 horas
2	DESBROCE Y DESCORTEZAD	mar 03/01/17	NOD	80%	0%	1,6 días	0,4 días	\$548,30	25,6 horas
3	ACARREO DE MAT.	mar 03/01/17	NOD	80%	0%	0,8 días	0,2 días	\$299,15	12,8 horas
4	EXCAVACION ROCA DURA	mié 04/01/17	NOD	70%	0%	33,6 días	14,4 días	237.420,27	8.601,6 horas
5	CARGA DE RAJ	mar 10/01/17	NOD	60%	0%	35,4 días	23,6 días	\$19.742,40	32,8 horas
6	DESBROCE Y DESCORTEZAD	mar 07/03/17	NOD	65%	0%	0,65 días	0,35 días	\$252,44	10,4 horas
7	ACARREO DE MAT.	mar 07/03/17	NOD	50%	0%	0,5 días	0,5 días	\$205,72	8 horas
8	EXCAVACION ROCA DURA	mié 08/03/17	NOD	60%	0%	20,4 días	13,6 días	626.829,23	4.896 horas
9	EXCAVACION ROCA	mar 21/03/17	NOD	50%	0%	13,5 días	13,5 días	\$4.254,44	216 horas

Anexo 20: Vista de Programa Microsoft Project (Portadores de mejora)

